

ΗΛΙΑΣ ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ

ΤΟ ΔΙΛΗΜΜΑ ΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΤΙΚΙΣΜΟΣ



ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ
ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

Δημοσίευμα αρ. 19



ΜΑΡΙΟΛΟΠΟΥΛΕΙΟ - ΚΑΝΑΓΚΙΝΕΙΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΗΛΙΑΣ ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ

ΤΟ ΔΙΛΗΜΜΑ ΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΤΙΚΙΣΜΟΣ



ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ
ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ
Δημοσίευμα αρ. 19



ΜΑΡΙΟΛΟΠΟΥΛΕΙΟ - ΚΑΝΑΓΚΙΝΕΙΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΗΛΙΑΣ ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ

ΤΟ ΔΙΛΗΜΜΑ ΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΤΙΚΙΣΜΟΣ



Το βιβλίο αφιερώνεται στο Δήμο Τσαντίλη

Ευχαριστώ την Ακαδημία Αθηνών και το Κεντρον Ερεύνης Φυσικής της Ατμοσφαιράς και Κλιματολογίας και ιδιαίτερα τον καθηγητή Χρήστο Ζερεφό για τη συνδρομή του στη έρευνα και τη συγγραφή του βιβλίου.

Ευχαριστώ το Μαριολοπούλειο - Καναγκίνειο Ίδρυμα Επιστημών Περιβάλλοντος για την υποστήριξη της έκδοσης.

Ευχαριστώ τον καθηγητή Χαράλαμπο Σαββάκη για τις υποδείξεις του στα κείμενα τα σχετικά με τη βιολογία.

Ευχαριστώ τον Αβραάμ Αβραμίδη για το σχέδιο του εσωφύλλου στην σελ. 5 και για τα σκίτσα στις σελ. 55 και 116.

© Ακαδημία Αθηνών – Μαριολοπούλειο - Καναγκίνειο Ίδρυμα Επιστημών Περιβάλλοντος – Ηλίας Ευθυμιόπουλος

Σελιδοποίηση - Εκτύπωση: ΙΔΕΑ & ΤΥΠΟΣ - Φίλιππος Λένης

ISBN 978-960-93-9015-6

Περιεχόμενα

Σημείωμα Επόπτη Κέντρου Ερεύνης Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών κ. Χρ. Ζερεφού, Ακαδημαϊκού	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΘΡΑΥΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΘΡΕΦΤΗ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ	19
Η ηλικία της Γης και οι μαζικές εξαφανίσεις	21
Από τη βιόσφαιρα στη Γαία	23
Τα ζωτικά αέρια της ατμόσφαιρας	25
Το φαινόμενο της ζώης	27
Η φύση δημιουργεί ή επιλέγει;	29
Η Κόκκινη Βασίλισσα	32
Λαμάρκ, Δαρβίνος και Μέντελ	33
Εξέλιξη και ειδογένεση	35
Οι σπίνι των Γκαλαπάγκος	36
Η καταγωγή του ανθρώπου	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΤΟΠΙΟΥ	43
Οι μεγάλες αφηγήσεις	45
Η εικόνα και η κρυμμένη πληροφορία	46
Παράξενες ομοιότητες: η σύγκλιση των τοπίων	48
Παράξενες ομοιότητες: η σύγκλιση των ειδών	50
Αλλαγή και σταθερότητα	51
Η αισθητική διάσταση του τοπίου	53
Η μνήμη της ιστορίας	54
Μεταμορφώσεις και σταθερότητα	56
Η αλλοίωση της εικόνας	57
Μεταξύ βουνών και θάλασσας	59
Η Μεσογειακή κοσμογονία: οι πολύ αργοί ρυθμοί	61
Εκεί που φτάνει η ελιά	64
Οι αντιξοότητες του καλοκαιριού	65
Προσαρμογή στη φωτιά	67
Το μωσαϊκό και οι ψηφίδες	68
Με ή χωρίς τον άνθρωπο;	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΩΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ	73
Η αέναη διαδοχή	75
Άστατος καιρός, σταθερό κλίμα	76
Η θερμική μηχανή της ατμόσφαιρας	78
Οι βραχείς και οι μακράιωνοι κύκλοι	79
Η κίνηση κρατάει τον πλανήτη ζωντανό	80
Οι κλιματικές ζώνες	81
Η μνήμη των πάγων	86
Το διοξείδιο του άνθρακα και η κλιματική ανατροπή	88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Η ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ	93
Η τύχη και η αναγκαιότητα	95
Οικοσύστημα: η πολυτιμότερη λέξη	96
Οικοσύστημα και τοπίο	98
Σύστημα, μηχανή ή οργανισμός;	99
Τρεις αντίπαλες θεωρήσεις	100
Φωτοσύνθεση και βιοχημικές ροές	103
Τίποτε δεν χάνεται στην φύση	104
Κύκλοι και αποθήκες	105
Περί αζώτου και φωσφόρου	106
Η ροή της ενέργειας σε ένα οικοσύστημα	107
Πληροφορία και οργάνωση της ύλης	107
Θερμοδυναμική του χάους	109
Μοριακή αταξία μέχρις ενός ορίου	111
Ο ρόλος των δομών διασποράς	113
Το παράθυρο των διχαζομένων διαδρομών	115
Διακλαδώσεις και εξέλιξη	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Η ΖΩΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	119
Η νηρητική και η ωκεάνια περιοχή	123
Πλαγκτόν, νηκτόν και βένθος	124
Τα ανοδικά ρεύματα	126
Η ζωή σε κοπάδια	127
Τα θηλαστικά της θάλασσας	130
Η μοναξιά της φώκιας	133
Γιατί ασπρίζουν τα κοράλλια;	134
Μια τρύπα στο νερό	135
Τα δάση της μαγκρόβιας	136
Τα φύκια της Μεσογείου	137
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Η ΧΑΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ	139
Αντίσταση κατά της αρχής	141
Στρατηγικές για τη φύση	141
Η συνέντευξη του Έντουαρντ Ουίλσον	143
Αδιάφευστοι μάρτυρες	147
Τα καλά νέα: είδη που ανακάμπουν	148
Οι εξαφανίσεις του Πλειστοκαίνου	149
Η απώλεια των ενδιαιτημάτων	152
Η πιτσιλωτή κουκουβάγια και οι θέσεις εργασίας	153
Τα μυστικά του βάλτου	154
Τι είναι είδος τελικά;	155
Ανταγωνισμός και εξειδίκευση	157
Η αξία των φυτών στο σύγχρονο κόσμο	159
Οι περιπέτειες ενός φαρμάκου	162
Η φύση ως οικονομικό μέγεθος	163
Βιοποικιλότητα και σταθερότητα	165
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Η ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ	167
Πολιτική ή φυσική γεωγραφία;	171
Καθ' ύψος και κατά πλάτος	172
Οι μεγακοινότητες (biomes)	174
Βιογεωγραφικές κατανομές	178
Ασυνέχεια και διασπορά	180

Οι μεταναστεύσεις του παρελθόντος	181
Το εντυπωσιακό παράδειγμα της βελανιδιάς	183
Ταξιδιώτες, πρόσφυγες και μετανάστες	184
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. TROUBLED WATERS	189
Η νεκρή θάλασσα του Στάλιν	191
Αχελώος: η συλλογική ανταπάτη	193
Ένας ποταμός ξαναγεννιέται	194
Η παγκοσμιότητα της κρίσης	195
Άνθρωποι εναντίον λιθήκων	199
Φράγματα και ποταμοί	202
Η Ευρώπη μπαίνει μπροστά	206
Δημόσιο αγαθό ή βιομηχανικό προϊόν;	208
Οι δρόμοι της ρύπανσης είναι καθημερινοί	210
Η νιτρορύπανση στα νερά της Ευρώπης	214
Η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων	214
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Η ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΕΚΡΗΣΗ	217
Πεθαίνοντας στο Μπαγκλαντές	219
Μια βόμβα στα θεμέλια του κόσμου	220
Τόμας Μάλθους, Άγγλος οικονομολόγος	221
Πληθυσμός, κοινωνία και ανάπτυξη	223
Το βάρος της ιστορίας	225
Άμυαλα και παλίσρροια	226
Με τη γλώσσα των αριθμών	228
Μήπως φταίει και το κλίμα;	229
Κοινωνίες της αυτοκαταστροφής	231
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΤΟ ΑΡΧΑΙΟΤΕΡΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ	237
Διατροφικά πρότυπα και υπερπληθυσμός	241
Γεωργική αρχαιολογία	242
Το θαύμα της Μεσοποταμίας	243
Το μακροβιότερο γεωργικό σύστημα	245
Τα ζώα: τροφή και μηχανές	247
Η πράσινη επανάσταση	249
Προς αναζήτηση νέων εδαφών	254
Οι μετατροπές της γης	256
Βοσκότοποι και κτηνοτροφία	258
Το περιβαλλοντικό κόστος	263
Η εποχή των φυτοφαρμάκων	265
Η Ευρωπαϊκή περιπέτεια	267
Το λανθάνον κοινωνικό κόστος	271
Επιτροπές και ορμόνες	277
Ευρώπη εναντίον Αμερικής	278
Μια δημοφιλής εναλλακτική προοπτική	281
Το ζήτημα της διατροφικής επάρκειας	286
Το μεγάλο ταξίδι των τροφίμων	287
Το κίνημα της τοπικής παραγωγής	289
Και στην Ελλάδα;	291
ΕΠΙΛΟΓΟΣ. ΤΟ ΔΙΛΗΜΜΑ ΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ	295
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΑ)	303

Το παρόν πόνημα με τον εύστοχο τίτλο «το Δίλημμα της Πεταλούδας» είναι το αποτέλεσμα εμπειριών μιας ζωής του Ηλία Ευθυμιόπουλου. Ο Ηλίας Ευθυμιόπουλος, γνωστός οικολόγος και διαχειριστής σε σύνθετα περιβαλλοντικά θέματα, συνέγραψε το Δημοσίευμα αυτό στο Κέντρον Ερεύνης Φυσικής της Ατμοσφαιράς και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών και η έκδοση επιχορηγήθηκε από το Μαριολοπούλειο-Καναγκίνειο Ίδρυμα Επιστημών Περιβάλλοντος.

Το ανά χείρας Δημοσίευμα αποτελεί μια επιτυχημένη συγκριτική περιγραφή των προβλημάτων του περιβάλλοντος από το παρελθόν μέχρι την ανθρωπόκαινο περίοδο, την οποία ζούμε όλοι και την παρακολουθούμε κινούμενοι από εκπλήξεως σε εκπλήξη. Η ανθρωπόκαινος μας δείχνει καθημερινά από τις επιστημονικές έρευνες που γίνονται παγκόσμια, ότι ο άνθρωπος εξελίχθηκε και σε μεγάλο ανταγωνιστή της Φύσης. Μας δείχνει ότι οι κλιματικές αλλαγές που εξελίσσονταν σε χιλιάδες χρόνια κατά το παρελθόν, σήμερα συμβαίνουν συχνά και μέσα στις τελευταίες λίγες δεκαετίες η αποσταθεροποίηση του κλίματος με πιο συχνά ακραία φαινόμενα έχει αρχίσει να παίρνει παγκόσμιες διαστάσεις. Για τη χώρα μας οι προβλέψεις είναι ανησυχητικές, ιδιαίτερα για τη διάθεση των ομβρίων υδάτων τα οποία δυστυχώς στην ομβροπλευρά της χώρας (δυτική Ελλάδα) έχουν ήδη μειωθεί κατά 20% τα τελευταία 100 χρόνια. Δυστυχώς, οι προβλέψεις δείχνουν ότι και στα προσεχή 100 χρόνια θα συνεχιστεί αυτή η μείωση, μεγάλης σημασίας για τις καλλιέργειες και τα οικοσυστήματα της Ελλάδος.

Το έργο αυτό του Ηλία Ευθυμιόπουλου είναι πράγματι αξιόλογο και διαβάζεται ευχάριστα και γρήγορα, παρέχοντας μια συνολική εικόνα αυτής της περιόδου, η οποία συνένωσε την περιβαλλοντική κρίση με άλλες οικονομικές, πολιτικές και κοινωνικές κρίσεις, εστιάζοντας όχι μόνο στη μοναδική περιοχή που ζούμε, δηλαδή στη Μεσόγειο, αλλά και σε όλο τον πλανήτη.

*Χρήστος Ζερεφός
Επόπτης του Κέντρου Ερεύνης
Φυσικής της Ατμοσφαιράς και Κλιματολογίας
της Ακαδημίας Αθηνών*

Αθήνα, 10 Φεβρουαρίου 2017

Εισαγωγή

«Τα αιώνια χιόνια του Κιλιμάντζαρο θα έχουν εξαφανιστεί μέχρι το 2015». Η λεζάντα είναι από μια αφίσα του έτους 2000 που προειδοποιεί για τις συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη χρησιμοποιώντας ένα πολύ γνωστό παγκοσμίως σύμβολο. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν συνέβη και οι προβλέψεις αυτές που τροφοδότησαν όχι μόνο τις εφημερίδες της εποχής, αλλά και το “στόρυ” του βραβευμένου ντοκυμανταίρ του Αλ Γκορ “Μια Άβολη Αλήθεια” το οποίο προβλήθηκε το 2006, φαίνεται να διαψεύδονται. Τα χιόνια είναι ακόμα εκεί και στεφανώνουν το διάσημο βουνό φέροντας στο νου τις εικόνες από το πολυδιαβασμένο μυθιστόρημα του Χέμινγκουαϊ γράμμένο το 1936. «Δυστυχώς, κάναμε μια πρόβλεψη που ήταν καλύτερο να μην είχε γίνει», λέει ο Douglas R. Hardy, ένας γεωφυσικός ο οποίος ήταν μεταξύ των έντεκα συντακτών του κειμένου στο περιοδικό Science που πυροδότησε την αφήγηση της εποχής και που είχε μεγάλη απήχηση στα media. “Κανείς από εμάς δεν είχε πολλή εμπειρία σε αυτό το βουνό, και δεν ξέραμε τις πολύπλοκες διαδικασίες που συμβαίνουν σε μια κορυφή που βρίσκεται κοντά στα 6000μ, όπως το ξέρουμε τώρα. Οι παγετώνες βέβαια, λέει ο Hardy, εξακολουθούν να συρρικνώνονται, και στις επόμενες δεκαετίες είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα εξαφανιστούν, αλλά δεν ξέρουμε στα σίγουρα την ημερομηνία. ‘Όπως ήταν φυσικό, αυτή η “αστοχία” τροφοδότησε με υλικό τους λεγόμενους “σκεπτικιστές” που από τότε έλεγαν πως ο συναγερμός των εμπειρογνομώνων που οδήγησε τελικά στο μεγάλο διεθνές πρόγραμμα για την Κλιματική Αλλαγή, ήταν υπερβολικός ή/και κατασκευασμένος. Πώς έχουν λοιπόν τα πράγματα;

Η θεωρία της Κλιματικής Αλλαγής είχε στα πρώτα της στάδια (δεκαετία του 80) μια εντελώς επιφυλακτική υποδοχή, τόσο στο επίπεδο της επιστήμης, όσο και σ’ αυτό της κοινωνίας. Πολύ πιο επιφυλακτικοί ήταν οι πολιτικοί και οι κυβερνήσεις καθώς τους έβαζε μπροστά σε νέες υποχρεώσεις ή έθετε σε κίνδυνο παγιωμένες μονοπωλιακές καταστάσεις στον ενεργειακό τομέα. Με τις υπεράνθρωπες προσπάθειες διεθνών περιβαλλοντικών οργανώσεων όπως η Greenpeace και οι Φίλοι της Γης – και των «Πρασίνων» αργότερα – η εκστρατεία για τη «σωτηρία του κλίματος» άρχισε να παίρνει διαστάσεις και να κερδίζει έδαφος και κυρίως να γίνεται ζήτημα διεθνούς τάξης, όπως η φτώχεια, ο πόλεμος, η διατροφή, το εμπόριο, τα δικαιώματα των παιδιών κτλ. Με την προσχώρηση προβεβλημένων επιστημόνων, πολιτικών, ηθοποιών και ανθρώπων των media στο κίνημα, η αντίσταση των κυβερνήσεων και των πολιτικών οργανισμών άρχισε να κάμπτεται, μέχρι που φτάσαμε, μέσα από μια πρωτόγνωρη κλιμάκωση, στις διεθνείς συμφωνίες (Κυότο 1997) υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών. Παρά τις αντιπαραθέσεις και τη διακύμανση στις διαθέσεις δέσμευσης για ριζικά μέτρα από μεγάλες χώρες (ΗΠΑ, Κίνα, Ρωσία, Καναδάς κ.ά.) από τη μια μεριά, και πετρελαιοπαραγωγών από την άλλη, παρά την λάθος μετατόπιση της διαπραγμάτευσης στην επίλυση των διαφορών Βορρά-Νότου, πλούσιων και φτωχών κτλ. ήταν η πρώτη φορά στην πρόσφατη ιστορία που αναγνωριζόταν η παγκοσμιότητα της περιβαλλοντικής κρίσης και η ανάγκη της υπαγωγής του τοπικού στο συλλογι-

κό συμφέρον. Η συμβολή της οικολογικής επιστήμης και των «πράσινων πολιτικών» ήταν καθοριστική. Της Ευρωπαϊκής Ένωσης επίσης.

Σε αυτό το σημείο, εμφανίζεται, δειλά στην αρχή, πιο επιθετικά στη συνέχεια, το ρεύμα του σκεπτικισμού. Τα αντεπιχειρήματα αμφισβητούν την εγκυρότητα των επιστημονικών προσεγγίσεων και εκπέμπουν ευθείες βολές εναντίον της γραφειοκρατίας που έχει αναλάβει να διαχειριστεί τα πολύπλοκα ζητήματα της εφαρμογής των Συνθηκών στο τοπικό και διεθνές επίπεδο. Οι θεωρίες συνωμοσίας ακολουθούν. Πρόκειται σίγουρα για παράδοξο: Πώς γεννιέται μέσα απ' την συναίνεση και τη πρωτοφανή επιτυχία που γνώρισε αυτή η προσπάθεια (εκατοντάδων χιλιάδων ανθρώπων), ο επιστημονικός λικβινταρισμός; Και πώς είναι δυνατόν αυτό που ακριβώς θα έπρεπε να αποτελεί αδιαμφισβήτητο κριτήριο (η συμφωνία της συντριπτικής πλειονότητας των επιστημόνων μέσα από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή) να είναι για κάποιους η αφετηρία μιας απόρριψης και, για ένα μέρος της κοινής γνώμης, αιτία δυσπιστίας και εναντίωσης; Κι αν για τις τάξεις του επιστημονικού κόσμου υπάρχουν κάποιες μάλλον προφανείς εξηγήσεις (ζήλεια, ανταγωνισμός) οι εκτιμήσεις για το ευρύ κοινό πρέπει να βασιστούν σε μελέτες κοινωνιολογικού χαρακτήρα και σε αυτό που αποκαλείται *ανάλυση συλλογικής συμπεριφοράς* (collective behaviour). Η *αιρετική συλλογική συμπεριφορά παίρνει πολλές μορφές, αλλά κατά κανόνα εναντιώνεται σε κοινωνικοκανονιστικούς κώδικες που υιοθετούνται από την πλειοψηφία, ακριβώς ως διαφοροποίηση (από τους πολλούς) και αμφισβήτηση μιας αλήθειας που τείνει δια της γενίκευσης να γίνει στερεότυπο*. Με την έννοια αυτή η πρόταση για “περισσότερη πληροφόρηση” δεν φαίνεται πειστική και οι όποιες προσπάθειες θα πρέπει να στραφούν στην πολιτική διαπαιδαγώγηση, αν έχει νόημα ο όρος.

Υπάρχουν όμως ατέλειες στον ίδιο τον πυρήνα της επιστημονικής γνώσης; Ασφαλώς. Το μόνο βέβαιο είναι ότι η οικολογία, όπως και κάθε άλλη επιστήμη, εξελίσσεται άλλοτε με αποφασιστικότητα κι άλλοτε με βήματα ανασφαλή και χαοτικά. Ως επιστημονικός κλάδος είναι προϊόν μιας συγκεκριμένης εποχής (θα λέγαμε της εποχής της νεωτερικότητας) και επομένως κουβαλά τις ιδεολογίες και τις αξίες που την διατρέχουν. Άλλοτε στεγνή και θεωρητική, άλλοτε ρέπουσα προς τον εμπειρισμό κι άλλοτε δίνοντας όλο της το βάρος στην πολιτική και την κοινωνιολογία, αντανάκλα τις συνθέσεις που κάθε φορά είναι κυρίαρχες, ή καλύτερα εκείνες στις οποίες δίνει την έμφαση το κοινωνικό σώμα. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο ότι οι κλασσικές της συνιστώσες (ταξινόμηση οικολογία) από ένα σημείο και μετά δεν μπορούσαν από μόνες τους να τα βγάλουν πέρα (να δώσουν δηλαδή όλες τις απαντήσεις) και γ'ι αυτό ήρθαν σε συνδρομή κ'ι άλλοι κλάδοι: η ανθρωπολογία, η βιολογία, οι επιστήμες του χάους, η θεωρία των συστημάτων, η οικονομία, ακόμα και η αρχαιολογία. Πολυεπιστήμη ή τομή των επιστημών; Μικρή σημασία έχει να το αναλύσουμε. Εκείνο που κρατάμε είναι πως σταδιακά, από την αποσπασματικότητα των χωριστών επιστημονικών κλάδων περνάμε σε μια νέα θεώρηση όπου η εικόνα του κόσμου ως άθροισμα των επιμέρους στοιχείων που τον αποτελούν, συμπληρώνεται με τη δυναμική των ειδών και των πληθυσμών, του ανθρώπου συμπεριλαμβανομένου. Η φύση δεν είναι πλέον μια συλλογή ζώων και φυτών, αλλά ένα δυναμικό σύστημα στο οποίο οι βιολογικοί πληθυσμοί άλλοτε συνυπάρχουν κι άλλοτε βρίσκονται σε ανταγωνισμό, αλλά σε κάθε περίπτωση εξαρτώνται και επηρεάζονται από το αβιοτικό τους περιβάλλον. Ένα περιβάλλον που κι αυτό με τη σειρά του δεν είναι στατικό και δεδομένο, αλλά υπόκειται σε αλλα-

γές πολλές από οποίες είναι φυσικές, ενώ άλλες τις προκαλεί ο άνθρωπος. Αυτή η μεταβλητότητα της *βίωσης*, του λεπτού επιφανειακού στρώματος της Γης μέσα στο οποίο βρίσκεται η ζωή, έκανε τον J. Lovelock να επιστρατεύσει μια αρχαία θεά, τη Γαία, για να υποστηρίξει ότι ο πλανήτης ολόκληρος είναι κι αυτός ένας ζωντανός οργανισμός και επομένως διαθέτει μηχανισμούς ομοιοστατικούς που φροντίζουν για τη διατήρηση της ισορροπίας. **Το μεγάλο ερώτημα είναι ποιά είναι το όριο, πέρα απ' το οποίο η ομοιοστασία δίνει τη θέση της στην ανεξέλεγκτη διακύμανση.** Ένας πυρηνικός αντιδραστήρας λειτουργεί για χρόνια κανονικά. Όλα είναι υπό έλεγχο. Ξαφνικά, μια ασήμαντη διαρροή, ένα «ανθρώπινο λάθος» φέρνει τα πάνω κάτω. Η υπόθεση της Κλιματικής Αλλαγής δεν ήρθε να προσθέσει στις καθησυχαστικές βεβαιότητες μιας συντηρητικής επιστήμης. Ήρθε να επισημάνει την άγνωστη συνιστώσα του απρόβλεπτου σε ένα κόσμο που έχει ακόμα κρυμμένα μυστικά.

Όταν το 1886 ο Heckel, θιασώτης του Δαρβίνου, λανσάρι τον όρο οικολογία, την ορίζει ως την «επιστήμη των σχέσεων των οργανισμών με τον εξωτερικό κόσμο όπου μπορούμε να διακρίνουμε τους παράγοντες της μάχης για την επιβίωση». Οι παράγοντες αυτοί δεν είναι άλλοι από την διαθεσιμότητα της τροφής, την σταθερότητα του κλίματος, την ποιότητα του νερού, τη φύση του εδάφους, αλλά και το σύνολο των σχέσεων που δημιουργούν ευνοϊκές ή δυσμενείς συνθήκες στο πλαίσιο του ανταγωνισμού των ειδών. Από αυτό που μπορούμε πλέον να αποκαλέσουμε το «οικολογικό παράδειγμα» ως συγκρατήσουμε δυο ιδέες: την καθολικότητα και την διαδραστικότητα. Η πρώτη μας διδάσκει ότι τα πάντα στη φύση υπακούουν στην έννοια του συστήματος. Όπως γνωρίζουμε από τη φυσική, τα συστήματα ανταλλάσσουν ύλη και ενέργεια με το περιβάλλον τους, αλλά διαθέτουν και μια εσωτερική δυναμική που εξαρτάται από την προϊστορία τους και την φύση των στοιχείων που τα απαρτίζουν. Ιδιαίτερα τα φυσικά συστήματα, βρίσκονται σε μια συνεχή μάχη ενάντια στην εντροπία. Ενάντια δηλαδή στην αποδιοργάνωση, τον θερμικό θάνατο και την ακινησία. Η διαδραστικότητα από την άλλη μεριά δεν παραπέμπει μόνο σε μια αλληλεπίδραση που προκύπτει από τις σχέσεις αλληλεξάρτησης, αλλά και στην **υπεροχή των διαδικασιών πάνω στις υλικές συνιστώσες της φύσης.** Ο κόσμος μας δεν είναι ένα απλό άθροισμα μονάδων, αλλά μια πολύπλοκη μηχανή, όπου σημασία έχουν τα λειτουργικά της μέρη, οι κώδικες, οι σχέσεις ανάδρασης, η κυκλικότητα των ροών, οι καταλυτικές αντιδράσεις.

Βέβαια η θεωρία της καθολικότητας δεν είναι καθόλου νέα. Πολύ πριν από τον Heckel ο μεγάλος φυσιοδίφης και εξερευνητής Αλεξάντερ Φον Χούμπολντ έχει βάλει τη σφραγίδα του. Όταν αποπλέει για το μεγάλο του ταξίδι στη Λατινική Αμερική το 1799, γράφει στους φίλους του πίσω στη Γερμανία: «θα προσπαθήσω να ανακαλύψω την αλληλεπίδραση των δυνάμεων της φύσης και την επιρροή που ασκεί το γεωγραφικό περιβάλλον στη ζωή των φυτών και των ζώων. Με άλλα λόγια, θα εξερευνήσω την ενότητα της φύσης».

Η έννοια του περιβάλλοντος (αν και χρήσιμη ακόμη και στις μέρες μας) είναι όμως πολύ γενική και αρκετά ασαφής. Η ενοποιημένη φύση πρέπει να βρει το δικό της λεξιλόγιο. Ογδόντα χρόνια αργότερα, ένας ζωολόγος, ο Karl Mobius, υπέρμαχος κι αυτός της ολιστικής σχολής, χρησιμοποιεί τον όρο *βιοκοινότητα* για να περιγράψει ένα μέρος του φυσικού κόσμου, ενώ λίγο αργότερα ο όρος *βιότοπος* (ή ενδιαιτήμα) θα ορίσει το σύνολο των αβιοτικών παραγόντων που συντηρούν τη ζωή (το νερό, το φως, τη γη, την ατμόσφαιρα). Ο συνδυασμός του βιοτόπου με τη βιοκοινότητα θα δη-

μιουργήσει την έννοια του *οικοσυστήματος*, έτσι όπως την είδε το 1935 ο Tansley και την συμπλήρωσε ο Lindeman το 1942.

Η νέα αυτή σύνθεση έμελλε να σημαδέψει τόσο την ιστορία όσο και την πρώτη φάση της εξέλιξης της οικολογικής επιστήμης. Η οικολογική ισορροπία και τα όριά της, οι διαπαράχες που αποσβένονται καθώς κι εκείνες που οδηγούν στην απορρύθμιση, ήταν το επόμενο μεγάλο ερωτηματικό των επιστημόνων και όχι μόνον: οικονομολόγοι, κοινωνιολόγοι, ασφαλιστές, επενδυτές, πολιτικοί και δημοσιογράφοι άρχισαν να ενδιαφέρονται όλο και πιο πολύ για την τύχη του πλανήτη, με την έννοια της πρόβλεψης και μάλιστα μικρής διάρκειας. Το ζήτημα δεν ήταν πλέον να επαληθευθεί η υπόθεση της (α)συνεχούς μεταβολής (και της εξέλιξης) αλλά να προσδιοριστεί ο χρονικός ορίζοντας των αλλαγών τις οποίες επηρεάζει ο άνθρωπος και οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν τη φύση και τις κοινωνίες των ανθρώπων. Αυτό το ερώτημα – της χρονικής κλίμακας – έχει απασχολήσει τα τελευταία χρόνια ένα πλήθος φυσικών επιστημόνων, οι οποίοι μάλιστα έχουν προτείνει την υιοθέτηση μιας νέας γεωιστορικής περιόδου που ονομάστηκε *Ανθρωπόκαινος* και που όπως μαρτυρά και το όνομά της, χαρακτηρίζεται από την καθοριστική παρουσία του ανθρώπου στον πλανήτη, με την έννοια ότι προσδιόρισε και προσδιορίζει τις εξελίξεις με ένα τρόπο που δεν είχε προηγούμενο.

Εκεί που δεν υπάρχει συμφωνία, είναι στο πού τοποθετείται η απαρχή αυτής της εποχής. Πολλοί την θέλουν να είναι σύγχρονη της εμφάνισης της γεωργίας (10.000 χρόνια από σήμερα), άλλοι την συνδέουν με την βιομηχανική επανάσταση (19ος αιώνας) και άλλοι την εντοπίζουν στο μέσον του προηγούμενου αιώνα, κάπου γύρω στο 1950. Το χαρακτηριστικό σ' αυτήν την τελευταία ημερομηνία είναι ότι για πρώτη φορά στην γνωστή ή και εικαζόμενη ιστορία εμφανίζονται μορφές ύλης που δεν υπήρξαν ποτέ στο παρελθόν, όπως είναι τα πλαστικά της πετροχημικής βιομηχανίας και ορισμένα ραδιοϊσότοπα (π.χ. *τεχνητό* και *προμήθειο*) που προέκυψαν ως προϊόν βομβαρδισμού ραδιενεργών υλικών με νετρόνια μέσα σε πυρηνικούς αντιδραστήρες. Νέες λοιπόν μορφές ύλης (100% ανθρωπογενείς), νέες χημικές συνθέσεις, αλλά και νέες μορφές ζωής (βιοτεχνολογικές) μέσα σε λίγες μόνο δεκαετίες. Κάπως έτσι προέκυψε και ο όρος *τεχνόσφαιρα* που εκτός από τα παραπάνω περιλαμβάνει και όλα τα έργα του ανθρώπου, άυλα και υλικά. Για τα τελευταία μάλιστα έγινε και ένας υπολογισμός του βάρους τους που ούτε λίγο ούτε πολύ φτάνει τα 30 τρισεκατομμύρια τόνους. Εδώ συγκαταλέγονται τα σπίτια, οι δρόμοι, τα αεροδρόμια, οι γέφυρες, τα εργοστάσια, τα αυτοκίνητα, οι υπολογιστές, τα κινητά τηλέφωνα, τα βιβλία, τα νομίσματα και τα σκουπίδια. Αν κάνουμε τη διαίρεση και την αναγωγή, προκύπτει ότι κάθε τετραγωνικό της επιφάνειας της Γης δέχεται μια πίεση 50 κιλών! Σε ότι αφορά τον αριθμό των τεχνουργημάτων, των διαφορετικών προϊόντων του υλικού μας πολιτισμού, αυτά φτάνουν τουλάχιστον το ένα δισεκατομμύριο, ήδη δηλαδή λίγο μόλις λιγότερα από το πλήθος των διαφορετικών (έμβιων) οργανισμών πάνω στη Γη.

Για να επανέλθουμε όμως στο αρχικό παράδειγμα της Κλιματικής Αλλαγής, είναι γνωστό ότι δείγματα από γεωτρήσεις στους παγετώνες της Αρκτικής είναι δυνατόν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες. Επιστημονικές έρευνες που έγιναν στον Αρκτικό Κύκλο έδειξαν ότι οι σημερινές μέσες θερινές θερμοκρασίες στην περιοχή είναι οι υψηλότερες των τελευταίων 44.000 χρόνων. Επίσης, τα ευρήματα έδειξαν ότι τα τελευταία 70.000 χρόνια οι αλλαγές έγιναν τόσο ξαφνικά που θα ήταν αδύνατον,

ακόμα και σήμερα, να τις προβλέψουμε. Το σύστημα αντιδρά με μη γραμμικό τρόπο, πράγμα που αποδεικνύει ότι μικρά γεγονότα μπορούν να γεννήσουν μείζονος σημασίας ανατροπές (Scott Lehman & all, 23 Oct. 2013 in Geophysical Research Letters).

Οι αλλαγές δεν είναι μόνο ξαφνικές, αλλά και αλυσιδωτές. Αν τα νερά του βόρειου Ατλαντικού θερμανθούν, θα προκαλέσουν λιώσιμο των πάγων στην Αρκτική ζώνη και αύξηση των βροχοπτώσεων στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη. Η αύξηση της περιεκτικότητας του ωκεανού σε γλυκό νερό θα σημάνει αλλαγή της αλατότητας, πράγμα που με τη σειρά του μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στο καθεστώς των θερμών ρευμάτων που διαβρέχουν σήμερα τις ακτές της βορειοδυτικής Ευρώπης και φθάνουν ως τη Βόρειο Θάλασσα. Ένα τέτοιο επεισόδιο στις μέρες μας θα σήμαινε πολύ απλά πως η Αγγλία και η Νορβηγία θα βρισκόνταν ξαφνικά στην κλιματική ζώνη της Γροιλανδίας και του βόρειου Καναδά. Η αδυναμία μας να προβλέψουμε με ακρίβεια το πότε και το αν θα προκύψουν τέτοιες απότομες μεταβολές σε συνδυασμό με τις αδιαμφισβήτητες πλέον μαρτυρίες του παρελθόντος, είναι η καλύτερη απάντηση στους σκεπτικιστές για τις συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου: **όταν θα τις διαπιστώσουμε με απόλυτη βεβαιότητα, θα είναι πλέον πολύ αργά.**

Το ανά χείρας βιβλίο είναι μια περιπέτεια που οι απαρχές της ανάγονται στην εποχή που διηύθηνα το περιοδικό Νέα Οικολογία (1981-1990) και στη συνέχεια το ελληνικό γραφείο της Greenpeace (1991-1997), αλλά κυρίως συνδέονται με την επιστημονική και πολιτική εμπειρία των τελευταίων δεκαπέντε χρόνων που σημαδεύεται από τη διοργάνωση του Θερινού Οικολογικού Πανεπιστημίου (1998-2010) και την έκδοση των αντίστοιχων 12 βιβλίων (ένα για κάθε χρονιά). Η επαφή με τα εκατοντάδες κείμενα και τους συγγραφείς τους, αλλά και με το κοινό που παρακολούθησε τα σεμινάρια, ήταν μια μοναδική ευκαιρία να έρθω σε επαφή με την πιο επίκαιρη γνώση και τον προβληματισμό γύρω από την οικολογία και τα σύγχρονα επιστημονικά, μεθοδολογικά και πολιτικά εν τέλει διλήμματα.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν, υπάρχει μια σταδιακή μετάβαση από την χωρίς τον άνθρωπο φύση στα ανθρωπογενή συστήματα, αφού έχει εν τω μεταξύ περιγραφεί η πολύπλοκη συσχέτιση των δύο συνόλων δια μέσου της ιστορίας και της εξέλιξης. Όμως η πρόθεσή μου δεν ήταν να κάνω ένα αυστηρό επιστημονικό σύγγραμμα, ούτε να ακολουθήσω μια συστηματική προσέγγιση σαν κι αυτή που συνηθίζεται σε πολλά πανεπιστημιακά συγγράμματα. Το εγχείρημά μου μοιάζει περισσότερο με την χαοτική κίνηση σε ένα πεδίο ελκυστών, προκειμένου να υπογραμμιστεί μ' αυτόν τον τρόπο η σχετικότητα της γνώσης και η *προσεγγιστικότητα* των υποθέσεων χωρίς ωστόσο να προδοθεί η ιδέα της καθολικότητας και η ανάγκη της ακόμα μεγαλύτερης εμβάθυνσης σ' ένα κόσμο που χάνεται καθώς τον πλησιάζουμε, όπως τα οράματα της ερήμου. Γιατί σε κάθε περίπτωση ισχύει η ρήση του Αριστοτέλη ότι *«το πραγματικό διάβημα στην μελέτη της φύσης είναι να κάνουμε τα πράγματα που μας φαίνονται καθαρά κι' αναγνωρίσιμα, να είναι καθαρά κι' αναγνωρίσιμα απ' εαυτών»*. Φυσικά αυτό εξαρτάται από τη μέθοδο και τα εργαλεία. Να επαναλάβω εδώ το κλασικό παράδοξο της μορφοκλαστικής γεωμετρίας (*φράκταλς*): Η περίμετρος ενός νησιού θεωρείται ότι είναι ορισμένη. Ωστόσο, αν χρησιμοποιήσουμε τον κλασικό χάρακα του ενός μέτρου για τη μέτρηση, θα βρούμε ότι η περίμετρός του είναι μικρότερη απ' αυτό που είναι στην πραγματικότητα γιατί δεν θα μπορέσουμε να μετρήσουμε τις κοιλότητες που είναι μικρότερες του ενός μέτρου. Αν μετρήσουμε με ακρίβεια ενός εκατοστού, πάλι θα χάσουμε ορισμένες κοιλότητες. Έτσι καταλήγουμε σε απει-

ροστά μικρή μονάδα μέτρησης, αλλά τότε η περίμετρος θα γίνει άπειρη! Παρά ταύτα η λογική μας λέει ότι το μήκος της ακτογραμμής δεν μπορεί να είναι άπειρο και το κυριότερο ότι δεν πρέπει να εξαρτάται από τις δικές μας επιλογές. Κι όμως εξαρτάται: το μήκος είναι συνάρτηση της κλίμακας παρατήρησης και της μονάδας μέτρησης την οποία χρησιμοποιούμε.

Το τελικό ερώτημα είναι: **πόσο η ατελής γνώση μπορεί να επηρεάσει τη δυνατότητα μιας σωστής παρέμβασης** (και διορθωτικών κινήσεων) σε μια φύση που αλλάζει με ρυθμούς πολύ πιο γρήγορους απ' αυτούς που μπορούμε να συλλάβουμε ακόμα και με τα πιο σύγχρονα επιστημονικά εργαλεία; Μια απάντηση σ' αυτό βρίσκεται στην αλληγορία που διηγείται ο Lewis Carroll στο πασίγνωστο έργο «Η Αλίκη στη χώρα των θαυμάτων» στον δεύτερο τόμο με τίτλο «Η άλλη πλευρά του καθρέφτη». Παρακολουθούμε ένα επεισόδιο όπου η Κόκκινη Βασίλισσα προτρέπει την Αλίκη να τρέξει μαζί της όλο και πιο γρήγορα σ' έναν αγώνα δρόμου που κανείς δεν ξέρει γιατί ξεκίνησαν. Στην ερώτηση της Αλίκης ότι παρά το τρέξιμο, το τοπίο γύρω της μένει αναλλοίωτο, όπως ακριβώς όταν ξεκίνησαν, η Βασίλισσα απαντά πως στον δικό της κόσμο ο μόνος τρόπος για να μείνεις στη θέση σου είναι να τρέχεις διαρκώς. Ο άνθρωπος, όπως και τα ζώα και τα φυτά, είναι καταδικασμένος σε διαρκή φυγή προς τα εμπρός, αλλιώς θα χάνει συνεχώς έδαφος και – με όρους εξελικτικο-κοινωνικούς – θα υπολείπεται των ανταγωνιστών του. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον ταιριάζει ασφαλώς η ρήση ότι «δεν ξέρουμε τι είναι ο Παράδεισος, αλλά είμαστε τουλάχιστον σίγουροι πως η Κόλαση είναι οι άλλοι».

Τέλος, να προσθέσω ότι η συγγραφή του βιβλίου άρχισε με μια συνεργασία που ποτέ δεν ολοκληρώθηκε, αλλά έβαλε τη σφραγίδα της σε ότι ακολουθεί. Πρόκειται για τη συνάντησή μου με τον **Δήμο Τσαντίλη** στον οποίο ανήκει η πρωτογενής ιδέα αλλά και πολύτιμο υλικό για τη συγγραφή των τριών πρώτων κεφαλαίων.

Ηλίας Ευθυμιόπουλος, Δεκέμβριος 2016

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΘΡΑΥΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΘΡΕΦΤΗ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

Η ηλικία της Γης και οι μαζικές εξαφανίσεις

Σε πολλά γεωλογικά ερευνητικά κέντρα του αγγλοσαξονικού κόσμου, στις 23 Οκτωβρίου γιορτάζονται με άφθονη μπίρα και βρετανικό φλέγμα, τα γενέθλια της Γης. Είναι ο φόρος τιμής που αποτίουν οι σύγχρονοι ερευνητές που ασχολούνται με την χρονολόγηση πετρωμάτων, στον γενάρχη τους, τον αιδεσιμότατο Τζαίμς Άσερ (James Usher) που, με μόνη πηγή την Βίβλο, επεχείρησε στα μέσα του 17ου αιώνα να προσδιορίσει την στιγμή της δημιουργίας του πλανήτη. Το αποτέλεσμα ήταν συγκλονιστικό: Η Γη δημιουργήθηκε στις 23 Οκτωβρίου 4004 π.Χ. στις 9 το πρωί, ακριβώς!

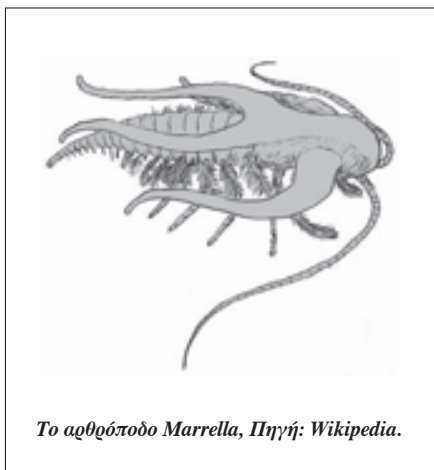
Σήμερα γνωρίζουμε ότι η Γη έχει ηλικία 4,5 δισεκατομμυρίων ετών και ότι η ζωή εμφανίστηκε σε αυτήν πριν από 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Σε αυτό το διάστημα συνέβησαν τρομακτικές ανακατατάξεις και καταστροφές. Ήπειροι και ωκεανοί σχηματίστηκαν και εξαφανίστηκαν και αναρίθμητες μορφές ζωής που κυριάρχησαν σε μια γεωλογική περίοδο έσβησαν και αντικαταστάθηκαν από άλλες στις επόμενες περιόδους.

Τα απολιθώματα των οργανισμών που έζησαν στην Γη σε παλαιότερες εποχές είναι μια αδιάψευστη μαρτυρία που ανέτρεψε δύο βεβαιότητες: ότι η Δημιουργία περιγράφηκε την «Έκτην Ημέραν κατά τας Γραφάς», και ότι όλα τα είδη των ζώων και των φυτών παρέμειναν έκτοτε αναλλοίωτα. Όμως η Γη ήταν ακόμη «terra incognita» και οι άνθρωποι πίστευαν ότι τα απολιθώματα ανήκουν σε πλάσματα που ζουν ακόμη σε κάποια γωνιά του πλανήτη, αφού σώθηκαν από τον κατακλυσμό με την Κιβωτό. Η ανακάλυψη σκελετών από γιγαντιαία ζώα όπως τα μαμούθ και οι δεινόσαυροι, που δύσκολα θα χώραγαν στο πλοίο του Νώε, άρχισαν να διαβρώνουν αυτές τις πεποιθήσεις. Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι ζωντανοί οργανισμοί που επιβίωσαν της διαδικασίας της εξέλιξης είναι μόνο το 0,1% του συνόλου των ειδών των φυτών και των ζώων που πέρασαν από την Γη. Τα υπόλοιπα 99,9% χάθηκαν για πάντα και είναι γνωστά σε εμάς μόνο χάρη στα απολιθώματα που άφησαν. Η διαδοχή των ειδών, των γενών και των οικογενειών των απολιθωμάτων ήταν το πρώτο γεωλογικό ρολόι για σχετική χρονολόγηση των πετρωμάτων και τον καθορισμό των ορίων ανάμεσα στις γεωλογικές εποχές οι οποίες συμπίπτουν με μεγάλες αλλαγές στην χλωρίδα και την πανίδα. Τα παλαιότερα απολιθώματα οστράκων σηματοδοτούν την έναρξη της Παλαιοζωικής Εποχής πριν από 540 εκατομμύρια χρόνια, η άνοδος και η πτώση των δεινοσαύρων καταλαμβάνει όλη την Μεσοζωική Εποχή (250-66 εκατομμύρια χρόνια) και με την εμφάνιση των θηλαστικών, που διαδέχθηκαν τους δεινοσαύρους, αρχίζει η Καινοζωική Εποχή.

Πέντε φορές στο παρελθόν οι πύργοι από το ζωικό και το φυτικό βασίλειο της Γης κατέρρευσαν και οι περισσότερες μορφές ζωής εξαφανίστηκαν. Μετά από την κάθε κρίση όμως, νέα είδη, γένη και οικογένειες φυτών και ζώων εμφανίστηκαν και γρήγορα κάλυψαν το κενό που είχε δημιουργήσει η έκλειψη των ειδών. Η γνωστότερη κρίση είναι αυτή που συνδέεται με την εξαφάνιση των δεινοσαύρων στα τέλη του Κρητιδικού, πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια. Η απουσία των δεινοσαύρων επέτρεψε στα θηλαστικά να εξελιχθούν και να επικρατήσουν στην Γή. Η μεγαλύτερη διατα-

ραχή όμως συνέβη στα τέλη του Περμίου, πριν από 250 εκατομμύρια χρόνια, όταν το 96% των ζωντανών οργανισμών εξαφανίστηκαν, αφήνοντας το πεδίο ελεύθερο για την επικράτηση των δεινοσαύρων.

Ακόμη πιο εντυπωσιακή, ήταν η εξαφάνιση των ειδών που έζησαν στην διάρκεια του Καμβρίου. Τα απολιθώματά τους βρέθηκαν στους σχιστόλιθους του Burgess Shale στα Βραχώδη Όρη στον νότο του Καναδά. Στον σχηματισμό αυτόν, που το πάχος του



Το αρθρόποδο Marrella, Πηγή: Wikipedia.

δεν υπερβαίνει τα δυόμισι μέτρα, βρέθηκε μεγαλύτερη ποικιλία οργανισμών απ' όσους ζουν σήμερα σε όλους τους ωκεανούς μαζί! Η πανίδα του Καμβρίου, που έζησε πριν από 540 -500 εκατομμύρια χρόνια, δεν άφησε πολλούς απογόνους. Ανάμεσα στα φύλα που επέζησαν ήταν τα Χορδωτά (Chordata) στα οποία ανήκουν τα θηλαστικά και ο άνθρωπος. Ο Αμερικανός παλαιοντολόγος του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ Στήβεν Γκούλντ (Stephen Gould), στο διάσημο βιβλίο του «Υπέροχη Ζωή» δημοσιευμένο το 1989, έφερε τις ανακαλύψεις του Burgess Shale κοντά στο ευρύ κοινό. Στο βιβλίο αυτό ο Γκούλντ υποστηρίζει ότι η εξαιρετική ποικιλία των απολιθωμάτων δείχνει πως η ζωή εκείνη την εποχή ήταν πολύ πιο ποικιλόμορφη απ' ό

τις ημέρες, και ότι πολλοί από τους κλάδους με τους οποίους η εξέλιξη πειραματίστηκε έχουν εξαφανιστεί. Ένα από τα πρώτα ευρήματα του Burgess Shale ήταν το αρθρόποδο Marrella, ένα πολύ περίεργο ζώο με τα σημερινά δεδομένα, που ίσως είναι ο πρόγονος των τριλοβιτών, μιας συνομοταξίας ζώων με πάνω από 15.000 είδη τα οποία διατηρήθηκαν για περισσότερα από 250 εκατομμύρια χρόνια και αποτελούν τους προγόνους των σύγχρονων εντόμων.

«Τι θα συνέβαινε», διερωτάται ο Στήβεν Γκούλντ «αν η ταινία ξαναπαιζόταν;» Και ιδού η απάντηση που δίνει ο ίδιος στο ερώτημά του: «Ανεξάρτητα από τις διαφορές στην ερμηνεία των απολιθωμάτων του Καμβρίου, οι περισσότεροι ειδικοί σε αυτόν τον τομέα θα συμφωνούσαν ότι ο σημερινός ζωικός κόσμος θα ήταν διαφορετικός, ίσως μάλιστα, εντελώς διαφορετικός. Η ταχεία διαφοροποίηση των ζωικών οργανισμών κατά την διάρκεια του Καμβρίου (καθώς και σε μετέπειτα περιόδους), σε συνδυασμό με τις φαινομενικά τυχαίες εξαφανίσεις, άφησε ομάδες οργανισμών που επέζησαν περισσότερο από τύχη παρά χάρη σε κάποια μορφή προκαθορισμού. Οπωσδήποτε, παράγοντες όπως η προσαρμοστικότητα και η ανθεκτικότητα σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών του περιβάλλοντος θα πρέπει να βοήθησαν, αλλά αν η όλη διαδικασία ξανάρχιζε, θα ήταν απίθανο να επιβίωναν οι ίδιες ομάδες. Η μεγάλη πιθανότητα να μην είχε εμφανιστεί ο Homo sapiens, μολονότι δυσάρεστη για ορισμένους, θα ήταν αναπόφευκτη».

Στην άκρη της θάλασσας, μεταξύ ουρανού και Γης.

Αν φύγουμε από την ξηρά και πάμε στη θάλασσα, θα βρούμε πως αυτή η τελευταία έχει τα περισσότερα αποθέματα σε οργανισμούς απ' ό τι η φτωχή στεριά. Σ' όλα τα μέρη του κόσμου, μια βραχώδης και ιδιαίτερα προφυλαγμένη παραλία, ίσως να συντηρεί, σ' ένα ορισμένο χώρο, ένα μεγαλύτερο αριθμό ζώων από οποιαδήποτε άλλη περιοχή. Ας δούμε για παράδειγμα το φύκι *Macrocystis pyrifera*. Αυτό το φυτό φυτρώνει πάνω σε κάθε βράχο και τα όρια της παρουσίας του αρχίζουν από τη στάθμη της αμπώτιδας και φθάνουν σε μεγάλο βάθος, είτε βρισκόμαστε σε εξωτερική ακτή, είτε ακόμη και σε εσωτερικά κανάλια. Σε όλα τα ταξίδια του Αντιβέντσουρ και του Μπιγκλ, δεν βρέθηκε ούτε ένας βράχος κοντά στην επιφάνεια του νερού που να μην συνοδευόταν από αυτό το επιπλέον αγριόχορτο. Πολλά καράβια που πλέον σ' αυτή την ανεμοδαρμένη περιοχή έχουν σωθεί από ναυάγιο. Λίγα πράγματα ξέρω πιο εκπληκτικά από το να βλέπω αυτό το φυτό να φυτρώνει και να ευδοκιμεί ανάμεσα σ' εκείνους τους πελώριους ύφαλους του δυτικού ωκεανού που καμιά μάζα βράχου, ακόμα και η πιο συμπαγής, δεν μπορεί να του αντισταθεί για πολύ. Ο μίσχος είναι στρουγγυλός, λεπτός και μαλακός και σπάνια η διάμετρός του είναι παραπάνω από μια ίντσα. Λίγα απ' αυτά φτάνουν για σηκώσουν το βάρος μεγάλων ξεκολλημένων βράχων και μερικά φτάνουν να έχουν μήκος έως και 60 οργιές. Οι βραγιές αυτού του αγριόχορτου, ακόμη κι αν δεν είναι πολύ πλατιές, αποτελούν εξαίρετους πλωτούς κυματοθραύστες. Τα τεράστια κύματα του ωκεανού, μόλις φτάσουν εκεί και περάσουν μέσα από τους σκόρπιους μίσχους, χάνουν ύψος και μεταβάλλονται σε ήρεμα, ήσυχα νερά.

Ο αριθμός των ζωντανών πλασμάτων που η ύπαρξή τους εξαρτάται από το φύκι αυτό, είναι καταπληκτικός. Θα χρειαζόταν ένα ολόκληρο βιβλίο για να περιγράψει κανείς όλους τους κατοίκους που φιλοξενεί στην αγκαλιά του. Όλα σχεδόν τα φύλλα του, εκτός από κείνα που πλέον στην επιφάνεια, έχουν μια παχιά κρούστα από κοράλλινο υλικό, τόσο που το χρώμα τους γίνεται άσπρο. Οι λεπτεπίλεπτες δομές του κατοικούνται από πολύποδα που μοιάζουν με νερόφιδα, ενώ άλλες από πεταλίδες, γυμνά μαλάκια, τροχοειδή και οστρακόδερμα. Αν κάποιον καταστρεφόταν ένα απλό δάσος, δεν θα χάνονταν πιστεύω, τόσα πολλά είδη ζώων όσα θα χάνονταν απ' την καταστροφή αυτού του φυκιού. Επιπλέον, πολλοί κορμοράνοι, άλλα ψαροπούλια, βίδρες, φώκιες και γουρουνόφαρα, γρήγορα θα εξαφανίζονταν κι αυτά, και τέλος, ο άγριος ιθαγενής της Γης του Πυρός, ο εξαθλιωμένος κύριος αυτού του άθλιου τόπου, θα διπλασίαζε τα κανιβαλικά του παιχνύρια, θα μειωνόταν σε αριθμό και πιθανότατα θα έπανε να υπάρξει.

Κάρολος Δαρβίνος: Ταξίδι με το Μπιγκλ, Στοχαστής 1998

Από τη βίοσφαιρα στη Γαία

Με ή χωρίς τον άνθρωπο, η Γη ήταν από πολύ παλιά ένας ζωντανός πλανήτης. Ο μοναδικός στο ηλιακό μας σύστημα. Οι ήπειροι, οι ωκεανοί και τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας σφύζουν από ζωή. Ως τις αρχές του 1980, οι επιστήμονες πίστευαν

ότι στην Γη ζουν γύρω στα 2,5 εκατομμύρια είδη. Σύμφωνα με πιο πρόσφατες εκτιμήσεις, που βασίσθηκαν σε έρευνες στο τροπικό δάσος του Αμαζονίου, ο αριθμός των ειδών υπολογίζεται ότι μπορεί πλησιάζει τα 40 εκατομμύρια, με τα έντομα να αποτελούν τη μεγάλη πλειοψηφία. Από αυτά σήμερα μόνο 1,75 εκατομμύρια είδη είναι γνωστά και έχουν καταγραφεί.

Η ζωή δεν υπάρχει παντού. Φιλοξενείται σε μια λεπτή φλούδα του πλανήτη, που ονομάζεται βιόσφαιρα. Η βιόσφαιρα περιλαμβάνει το ανώτερο στρώμα του στερεού φλοιού της Γης, τη λιθόσφαιρα, την υδρόσφαιρα (που αποτελείται από τους ωκεανούς, τις θάλασσες τις λίμνες και τα ποτάμια) και τέλος το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας το οποίο καλείται και τροπόσφαιρα. Το μέγιστο πάχος της βιόσφαιρας είναι γύρω στα 20 χλμ. Από τις θαλάσσιες αβύσσους που φθάνουν σε βάθη 11.000 μέτρων, έως το ύψος των 9.700 μέτρων, ψηλότερα και από τις ψηλότερες κορφές των Ιμαλαίων, συναντάμε ζωντανούς οργανισμούς.

Την έννοια της βιόσφαιρας εισήγαγε ο Ουκρανός γεωλόγος Βλαδιμίρ Βερνάντσκι (Vladimir Vernadski) σε άρθρο του που δημοσιεύθηκε το 1929. Για τον Βερνάντσκι «βιόσφαιρα είναι η φύση μέσα στην οποία ζούμε και στην οποία ανήκουμε». Ο Βερνάντσκι συστηματοποίησε την ιδέα του «ζωντανού πλανήτη» που είχε αρχικά διατυπωθεί από τον Σκότο φυσιοδίφη Τζαίμς Χάττον (James Hutton) στα τέλη του 18ου αιώνα. Ο Χάττον, που αρχικά ήταν γιατρός, έβλεπε την Γη σαν έναν ενιαίο οργανισμό. Σήμερα, ο γνωστότερος εκφραστής της ιδέας αυτής είναι ο Άγγλος ερευνητής Τζαίμς Λάβλοκ (James Lovelock). Τον τίτλο του κυριότερου βιβλίου του «Γαία» τον δανείσθηκε από την αρχαία ελληνική μυθολογία. Κόρη του Χάους και σύζυγος του Ουρανού, η θεά Γαία γέννησε τους Τιτάνες και τους Κύκλωπες. Για τον Λάβλοκ η Γαία είναι ένας ζωντανός «υπεροργανισμός» προικισμένος με την ικανότητα να εξελίσσεται και να μεταβάλλει την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς, το έδαφος και το κλίμα, δημιουργώντας τις σταθερές εκείνες συνθήκες που ευνοούν την επιβίωσή του. *«Προσπάθησα να ορίσω τον ασαφή όρο βιόσφαιρα. Αρχικά ήταν ένας ακριβής γεωγραφικός όρος που οριοθετούσε το τμήμα της γήινης σφαίρας στο οποίο υπήρχαν ζωντανοί οργανισμοί. Σταδιακά, ο όρος έχασε μέρος από την ακρίβειά του και έγινε μια λέξη της μόδας που δήλωνε οτιδήποτε, από ένα υπερόνολο, όπως η Γαία, ως τίποτε περισσότερο από έναν κατάλογο όλων των ζωντανών οργανισμών. Η Γαία είναι ο υπεροργανισμός που αποτελείται από όλες τις μορφές ζωής σε στενή αλληλεπίδραση με τον αέρα τους ωκεανούς και τα επιφανειακά πετρώματα»* σημειώνει ο Λάβλοκ στον πρόλογο του βιβλίου του.

Στα 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια που πέρασαν από τότε που η ζωή εμφανίστηκε στην Γη, η βιόσφαιρα είχε όλο τον χρόνο για να ισορροπήσει και να προσαρμοστεί στις φυσικοχημικές συνθήκες της ατμόσφαιρας, της υδρόσφαιρας και της λιθόσφαιρας, αλλά και να τις προσαρμόσει στις δικές της απαιτήσεις. Η βιόσφαιρα, με τις λειτουργίες της, ρυθμίζει και σταθεροποιεί τις συνθήκες που επικρατούν στην Γη, όπως ένας ζωντανός οργανισμός ρυθμίζει και σταθεροποιεί τις εσωτερικές συνθήκες του σώματός του (ομοιόσταση)¹.

Πως γίνεται αυτό; Οι μηχανισμοί είναι εξαιρετικά περίπλοκοι. Οι ζωντανοί ορ-

1. Παραδείγματα ομοιόστασης είναι η ισορροπία που προκύπτει από τη διαφορική συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών μέσα στο σώμα ή η εφίδρωση που προκαλεί τη μείωση της θερμοκρασίας.

γανισμοί που απαρτίζουν την βιόσφαιρα παίζουν καθοριστικό ρόλο. Με την δράση τους δημιουργούν και σταθεροποιούν τις συνθήκες που ευνοούν τόσο τους ίδιους όσο και την βιόσφαιρα στο σύνολό της. Στην υπόθεση της Γαίας του Λάβελοκ, η συνολική μάζα της ζωντανής ύλης στη Γη, αλλά και σε κάθε πλανήτη με ζωή, λειτουργεί με αυτορρυθμιστικούς μηχανισμούς (π.χ. *αρνητική ανάδραση*²) ώστε να εξασφαλίσει την επιβίωσή του. Ακόμη όμως κι αν αυτό δεν έχει επιβεβαιωθεί, υπάρχουν ωστόσο μερικά απλά φαινόμενα ομοιόστασης που είναι γενικά αποδεκτά. Για παράδειγμα, σε περιόδους μεγάλης ηλιοφάνειας όπου η θερμοκρασία του αέρα μεγαλώνει, το φυτοπλαγκτόν στην επιφάνεια του ωκεανού ευνοείται και πολλαπλασιάζεται, παράγοντας επιπλέον ποσότητες θειούχου διμεθυλίου – DMS. Τα μόρια του DMS λειτουργούν ως πυρήνες συγκέντρωσης υδρατμών και έτσι δημιουργούνται σύννεφα. Αυτό αυξάνει την ικανότητα της ατμόσφαιρας για ακτινοβολία (*albedo*) με αποτέλεσμα τη μείωση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας. Καθώς λοιπόν οι επιστήμονες μαθαίνουν όλο και περισσότερα για τη Γη, ανακαλύπτουν νέους μηχανισμούς θετικής ή αρνητικής ανάδρασης που συντηρούν τις μετα-σταθερές καταστάσεις, συχνά σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών. Μέχρις ενός ορίου. Πέρα από το όριο αυτό το σύστημα περιπίπτει σε αστάθεια με συχνά δραματικές συνέπειες όπως η εξαφάνιση ορισμένων ειδών ή η μόνιμη αλλαγή των κλιματικών ζωνών.

Τα ζωτικά αέρια της ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα αποτελεί το αέριο κάλυμμα της Γης και κατά κάποιον τρόπο προστατεύει την βιόσφαιρα. Δεν την αφήνει να υπερθερμανθεί την ημέρα και να ψυχθεί υπερβολικά την νύχτα. Στην γειτονική μας Σελήνη, η οποία δεν διαθέτει ατμόσφαιρα, η θερμοκρασία την ημέρα είναι 130° C και το βράδυ πέφτει στους -150° C. Η επίτευξη της θερμοκρασίας των 15° C που επικρατεί κατά μέσο όρο στη Γη και την κάνει έναν φιλόξενο για την ζωή πλανήτη, δεν είναι ένα απλό φυσικό φαινόμενο. Είναι μια λεπτή ρύθμιση που συνδέεται τόσο με την ιστορία της Γης, όσο και με τη διαδικασία της εξέλιξης. Ας δούμε τον μηχανισμό: Η ατμόσφαιρα αφήνει την ηλιακή ακτινοβολία να περνά και να θερμαίνει την επιφάνεια της Γης. Καθώς η ακτινοβολία φτάνει στη Γη αλλάζει μήκος κύματος (γίνεται υπέρυθη ακτινοβολία) και γι αυτό παγιδεύεται χωρίς να μπορεί να διαφύγει προς το ψυχρό διάστημα. Έτσι η Γη δεν ψύχεται, στην πραγματικότητα ψύχεται πολύ λιγότερο, τόσο που να επιτρέπει την ανάπτυξη της ζωής. Η ικανότητα αυτή της ατμόσφαιρας οφείλεται στα ίχνη διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που περιέχει: μόλις 0,03%. Αν οι συγκεντρώσεις του ήταν μεγαλύτερες η Γη θα ήταν μια θερμή κόλαση. Η απουσία του θα έκανε την Γη έναν παγω-

2. Όλοι οι ρυθμιστικοί ομοιοστατικοί μηχανισμοί έχουν τουλάχιστον τρεις αλληλεξαρτώμενες συνιστώσες: ο δέκτης είναι το αισθητήριο όργανο που ελέγχει και απαντά στις μεταβολές του περιβάλλοντος. Όταν ο δέκτης δέχεται ένα σήμα, τότε μεταβιβάζει την πληροφορία σε ένα *κέντρο ελέγχου*, τη συνιστώσα που καθορίζει την απάντηση στο ερέθισμα. Το κέντρο ελέγχου, που είναι ο εγκέφαλος του συστήματος, στέλνει το σήμα σε μια *δραστική συνιστώσα* (effector) που μπορεί να είναι για παράδειγμα μύες, όργανα κτλ. Τότε, ο τελικός αυτός αποδέκτης του μηνύματος ενεργοποιείται ώστε να διορθώσει την διαταραχή είτε ενισχύοντάς την (θετική ανάδραση) είτε μειώνοντάς την (αρνητική ανάδραση). Στην αρχή αυτή βασίζονται και τα περισσότερα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης.

μένο πλανήτη, χωρίς ζωή. Γιατί όμως δεν αυξάνονται οι συγκεντρώσεις του CO₂ όταν οι καύσεις και η αναπνοή των ζωντανών οργανισμών διοχετεύουν κάθε χρόνο 140 δισεκατομμύρια τόνους από το αέριο αυτό στην ατμόσφαιρα; Ο λόγος είναι ότι η *φωτοσύνθεση* των φυτικών οργανισμών και άλλες φυσικοχημικές διεργασίες αφαιρούν ίση ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι, παρά τις μεγάλες κλιματικές αλλαγές διάρκειας των τελευταίων 3 δισεκατομμυρίων ετών, η μέση θερμοκρασία της Γης ποτέ δεν ανέβηκε πάνω από 22° C και ποτέ δεν έπεσε κάτω από 12,5° C. Όμως στις μέρες μας κάτι φαίνεται ν' αλλάζει. Η ικανότητα της βιόσφαιρας να απορροφά το πλεόνασμα του CO₂ έχει τα όριά της. Η διαταραχή αυτής της ισορροπίας, που έγινε γνωστή ως "φαινόμενο του θερμοκηπίου" και που άρχισε με την βιομηχανική επανάσταση, απειλεί με ανεπιθύμητες, και κυρίως μη αναστρέψιμες αλλαγές το κλίμα της Γης.

Μια άλλη λεπτή ρύθμιση, εκτός απ' αυτήν του CO₂, είναι η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα. Το αέριο αυτό, που είναι απαραίτητο για την αναπνοή των φυτών και των ζώων (αν εξαιρέσει κανείς ορισμένα *αναερόβια*³ βακτήρια), δεν ήταν πάντα συστατικό ατμόσφαιρας. Είναι προϊόν των φωτοσυνθετικών λειτουργιών των πρώτων φυτικών οργανισμών που έζησαν στην αρχέγονη θάλασσα. Η βιόσφαιρα προσαρμόστηκε στην «τοξική ρύπανση» που συνιστούσε το οξυγόνο για τους πρώτους αναερόβιους οργανισμούς, αναπτύσσοντας την λειτουργία της αναπνοής η οποία της επέτρεψε να εκμεταλλευθεί την αυξημένη ενέργεια που της παρείχαν οι καύσεις. Με την φωτοσύνθεση και την αναπνοή η βιόσφαιρα ανταλλάσσει με την ατμόσφαιρα 100 δισεκατομμύρια τόνους οξυγόνου κάθε χρόνο. Έτσι το ποσοστό οξυγόνου στον ατμοσφαιρικό αέρα μοιάζει να έχει σταθεροποιηθεί στο 21%. Βέβαια αυτό που ξέρουμε σήμερα, είναι ότι το οξυγόνο παρήχθη για πρώτη φορά εδώ και 2,7 ή 2,8 δισεκατομμύρια χρόνια και εγκαταστάθηκε στην ατμόσφαιρα της Γης πριν 2.45 δισεκατομμύρια χρόνια, με άλλα λόγια χρειάστηκε αρκετός χρόνος ανάμεσα στην εποχή που εμφανίστηκαν οι πρώτοι οργανισμοί παραγωγής οξυγόνου (*κυανοβακτήρια*) και την εποχή όπου το αέριο αυτό αποτέλεσε μόνιμο στοιχείο στο περιβάλλον του πλανήτη. Τι είναι όμως εκείνο που έκανε τα κυανοβακτήρια να πάρουν το πάνω χέρι στο μακρινό αυτό παρελθόν; Ποιά ήταν τα επίπεδα οξυγόνου εκείνη την εποχή; Και γιατί χρειάστηκε ένα ακόμη δις χρόνια ώστε το οξυγόνο να γίνει επαρκές, τόσο που να επιτρέψει την εξέλιξη των ζωικών οργανισμών; Το σημαντικότερο: πότε το οξυγόνο έφτασε στα σημερινά επίπεδα και σταθεροποιήθηκε στο 21 και όχι στο 10 ή στο 40%; Ερωτήματα που δεν μπορούν ακόμη να απαντηθούν καθώς δεν γνωρίζουμε ακριβώς τους μηχανισμούς που διέπουν τη σχέση βιολογικού και αβιοτικού περιβάλλοντος. Ξέρουμε παρόλα αυτά ότι αν για κάποιο λόγο η συγκέντρωση του οξυγόνου γινόταν ξαφνικά μεγαλύτερη τα δάση και τα λιβάδια θα αναφλέγονταν και η ζωή έξω από το νερό θα ήταν δύσκολη αν όχι αδύνατη. Αν ήταν μικρότερη, οι καύσεις, άρα και η αναπνοή, θα ήταν αδύνατες.

Το οξυγόνο όμως έχει και μια άλλη σημαντική λειτουργία. Στην στράτοσφαιρα δέχεται ένα πραγματικό βομβαρδισμό από τα σωματίδια της κοσμικής ακτινοβολίας⁴ και μετατρέπεται σε *όζον* (οξυγόνο με μόριο που αποτελείται από τρία αντί από

3. Αναερόβια μικρόβια ή αναερόβια βακτήρια είναι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί που δεν μπορούν να αναπτυχθούν ή θανατώνονται σε περιβάλλον που υπάρχει οξυγόνο (O₂).

4. Οι κοσμικές ακτίνες είναι μία κατηγορία ακτινοβολίας που αποτελείται από σωματίδια υψηλής ενέργειας τα οποία παράγονται σε κάποιο μέρος του σύμπαντος και προσκρούουν στην ατμό-

δύο άτομα). Εκεί σχηματίζεται η *στοιβάδα του όζοντος* η οποία έχει τη ικανότητα να απορροφά την υπερϊώδη ακτινοβολία του ηλίου που αλλιώς, φτάνοντας μέχρι την τροπόσφαιρα, θα κατέστρεφε κάθε μορφή ζωής στην επιφάνεια της Γης. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί κατάφεραν να βγούν στην ξηρά και να εξελιχθούν εκεί και να ευδοκιμήσουν, μόνον όταν το οξυγόνο που παρήγαγε η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των υδρόβιων φυτικών οργανισμών είχε σχηματίσει ένα στρώμα όζοντος ικανό να απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της υπερϊώδους ακτινοβολίας.

Με τη βιομηχανική επανάσταση, η χρήση ορισμένων οργανικών ενώσεων που περιέχουν χλώριο (Ozone Depletion Substances -ODS) άρχισε να καταστρέφει τμήματα της στοιβάδας του όζοντος με αποτέλεσμα την αύξηση της υπερϊώδους ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης. Παρά τη σημαντική πρόοδο για τον περιορισμό των ουσιών αυτών που ξεκίνησε με τη Συνθήκη του Μόντρεαλ, το πρόβλημα παραμένει. Πρόσφατες εκτιμήσεις για τις συνέπειες της αύξησης της υπερϊώδους ακτινοβολίας στους πληθυσμούς της Ευρώπης αναφέρουν πως αν και οι συγκεντρώσεις του όζοντος στη στρατόσφαιρα – μετά την ελάχιστη τιμή που σημειώθηκε γύρω στο 2000 – αρχίζουν πάλι να αυξάνουν τείνοντας προς μια αποδεκτή προηγούμενη κατάσταση, οι επιπτώσεις, και ιδιαίτερα ο κίνδυνος της εμφάνισης καρκίνων του δέρματος, δεν θα αρχίσουν να περιορίζονται παρά το έτος 2060! Είναι το φαινόμενο της χρονικής υστέρησης ανάμεσα στο προκαλούν αίτιο και τα αποτελέσματά του, η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η αδράνεια του συστήματος.

Πως αποκρίνονται τα φυσικά οικοσυστήματα στην αύξηση της υπερϊώδους ακτινοβολίας; Οι σχετικές μελέτες συγκλίνουν στην άποψη ότι αντί να κινητοποιούνται μηχανισμοί προσαρμογής, εκείνο που κυρίως επηρεάζεται είναι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών. Αυτό μπορεί να σημαίνει μεταβολή της ισορροπίας σε φυτά που ανταγωνίζονται μεταξύ τους, μπορεί να σημαίνει αύξηση ορισμένων εντόμων που συνδέονται με αυτά τα φυτά, μπορεί εν τέλει να σημαίνει ενίσχυση ενός παθογόνου παράγοντα.

Το φαινόμενο της ζωής

Η ζωή δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στον πλανήτη. Άλλες περιοχές είναι γεμάτες ζώα και φυτά, άλλες μοιάζουν άδειες και έρημες. Σε ορισμένες περιοχές υπάρχουν πολλά είδη ζωντανών οργανισμών, άλλες πάλι φιλοξενούν μεγάλους πληθυσμούς λίγων μόνο ειδών. Για να εκτιμήσουμε τον βιολογικό πλούτο ενός τόπου και για να είμαστε σε θέση να κάνουμε συγκρίσεις με άλλες περιοχές, πρέπει να γνωρίζουμε δύο μεγέθη: τον αριθμό των ειδών που ζουν εκεί και τον αριθμό των ατόμων που αποτελούν τον πληθυσμό του κάθε είδους. Ο αριθμός των ειδών σε μια δεδομένη έκταση είναι ταυτόσημος με τη *βιοποικιλότητα*. Ο αριθμός των ατόμων από τα οποία αποτελείται ο πληθυσμός ενός είδους σε μια ορισμένη έκταση ονομάζεται *αφθονία*. Ορισμένα από τα ζώα αυτά δεν μετακινούνται και ζουν πάντα στην ίδια περιοχή. Τα είδη

σφαιρα της Γης με ανιχνεύσιμα αποτελέσματα. Οι κοσμικές ακτίνες αποτελούνται κυρίως από ατομικούς πυρήνες – περίπου 87% πρωτόνια, 12% σωματία άλφα (πυρήνες ηλίου) και λίγους βαρύτερους πυρήνες (οι σχετικές περιεκτικότητες είναι συγκρίσιμες με τις ηλιακές). Ωστόσο, ένα μικρό ποσοστό της ακτινοβολίας είναι ακτίνες γ (φωτόνια), ηλεκτρόνια και νεutrόνια.

αυτά ονομάζονται *ενδημικά* περιοχής αυτής. Άλλα είναι περισσότερα διαδεδομένα αλλά υπάρχουν μόνο σε μικρούς πληθυσμούς. Αυτά είναι τα *σπάνια*. Ορισμένα από τα σπάνια και τα ενδημικά είδη κινδυνεύουν να εξαφανιστούν. Τα είδη αυτά κατατάσσονται στα *απειλούμενα*.

Τι είναι όμως ένας ζωντανός οργανισμός; Η απάντηση είναι δυσκολότερη απ' όσο κανείς φαντάζεται. Όλοι είμαστε σίγουροι ότι μια γάτα, ένα κουνέλι, ένα σαλιγκάρι, ένα δέντρο είναι ζωντανοί οργανισμοί. Όμως και η παρατήρηση μιας σταγόνας νερού με το μικροσκόπιο μας αποκαλύπτει έναν αθέατο, αλλά ζωντανό μικρόκοσμο. Οι διαφορές που παρατηρούμε είναι μόνο διαφορές κλίμακας. Οι μικροσκοπικοί μονοκύτταροι οργανισμοί κινούνται ακατάπαυστα, τρέφονται, αναπτύσσονται, αναπαράγονται και πεθαίνουν, όπως ακριβώς τα φυτά, τα ζώα και οι άνθρωποι στον δικό μας κόσμο. Σε όποιο βιβλίο βιολογίας κοιτάξουμε βλέπουμε ότι οι μονοκύτταροι οργανισμοί έχουν μια πολύπλοκη εσωτερική οργάνωση που δεν διαφέρει ουσιαστικά από την οργάνωση και την λειτουργία των δισεκατομμυρίων κυττάρων από τα οποία αποτελείται ένας πολυκύτταρος οργανισμός.

Η πιο χαρακτηριστική – και η πιο μυστηριώδης – λειτουργία όλων των οργανισμών είναι η ικανότητά τους να αναπαράγονται, δηλαδή να δημιουργούν άλλους οργανισμούς κατ' εικόνα και ομοίωση του εαυτού τους (ή σχεδόν). Η ικανότητα αυτή όλων ανεξαιρέτως των ζωντανών οργανισμών οφείλεται στο DNA, ένα πολύπλοκο μόριο σε σχήμα διπλής έλικας, ή ακριβέστερα ελικοειδούς σκάλας. Στο DNA, το κληρονομικό υλικό, είναι κωδικοποιημένες όλες οι εντολές που καθορίζουν την ανάπτυξη, τις λειτουργίες και την αναπαραγωγή κάθε ζωντανού οργανισμού. Κάθε εντολή καταλαμβάνει ένα τμήμα του DNA που ονομάζεται γονίδιο. Τα γράμματα του κώδικα στον οποίο γράφονται οι εντολές είναι τα τέσσερα νουκλεοτίδια (αδενίνη, γουανίνη, κυτοσίνη, θυμίνη – AGCT) και είναι αυτά που σχηματίζουν τα σκαλοπάτια της ελικοειδούς σκάλας που ξέρουμε από τις γραφικές αναπαραστάσεις.

Τα πράγματα όμως αρχίζουν να περιπλέκονται όσο προχωρούμε προς μικρότερες κλίμακες. Είναι ζωντανοί οργανισμοί οι ιοί – που αποτελούνται από ένα περίβλημα από πρωτεΐνες το οποίο περιέχει DNA – αλλά δεν επιτελούν καμιά άλλη λειτουργία εκτός από την αναπαραγωγή πιστών τους αντιγράφων; Είναι προφανές ότι όρια υπάρχουν, μολοντί δεν είναι πάντα σαφή: ικανότητα αναπαραγωγής έχουν και οι ιοί των υπολογιστών. Κανείς δεν θα ισχυριζόταν, ωστόσο, ότι οι ηλεκτρονικοί ιοί είναι ζωντανοί οργανισμοί.

Η βιοποικιλότητα και η αφθονία εξαρτώνται κυρίως από το κλίμα και ιδιαίτερα από την θερμοκρασία και το ύψος της βροχής. Τα υγρά και θερμά τροπικά δάση διαθέτουν μεγάλο βιολογικό πλούτο και φιλοξενούν μυριάδες είδη με μεγάλο αριθμό απόμων το καθένα. Αντίθετα, οι πόλοι και οι έρημοι ανήκουν στις περιοχές με τον μικρότερο βιολογικό πλούτο. Στην ζούγκλα της Αμαζονίας στην Νότια Αμερική, 10 στρέμματα δάσους περιλαμβάνουν ως και 200 διαφορετικά είδη δένδρων πάνω στα οποία ζουν ως και 12.000 είδη σκαθαριών, ενώ κάθε τετραγωνικό χιλιόμετρο υπολογίζεται ότι φιλοξενεί 230 είδη πουλιών. Στις αφιλόξενες παγωμένες περιοχές λίγα μόνο είδη κατορθώνουν να επιβιώσουν. Οι πληθυσμοί ορισμένων από τα είδη αυτά, όπως είναι τα πουλιά ή τα ζώα της θάλασσας (και τα ψάρια) είναι πολύ μεγάλοι. Μικρή βιοποικιλότητα, μεγάλη αφθονία. Η Μεσογειακή ζώνη, στην οποία ανήκει και η χώρα μας, έχει μια ιδιομορφία. Με μια πρώτη ματιά δεν φαίνεται να διαθέτει μεγάλο βιολογικό πλούτο. Η ξηρασία των καλοκαιρινών μηνών, οι συχνές πυρκαγιές και

Το αλάτι της θάλασσας

Οι συνθήκες στο νερό ήταν πάντα πιο εύκολες. Η ζωή γεννήθηκε στην θάλασσα και εξακολούθει να ακμάζει σε συνθήκες που παραμένουν σχεδόν σταθερές. Η θάλασσα ποτέ δεν ήταν πολύ αλμυρότερη από σήμερα. Το απόλυτο όριο της αλατότητας είναι 6%, πέρα από το οποίο η ζωή όπως την γνωρίζουμε είναι αδύνατη. Γιατί όμως η θάλασσα δεν είναι πιο αλμυρή; Γιατί διατηρείται σταθερή η μέση αλατότητα σε επίπεδο 3,4% μολονότι από την ξηρά μεταφέρονται στις θάλασσες 540 εκατομμύρια τόνοι αλάτων κάθε χρόνο; Γιατί δεν έχει μεταβληθεί η θάλασσα σε μια υγρή αλμυρή έρημο χωρίς ζωή, όπως η Νεκρά Θάλασσα ανάμεσα στο Ισραήλ και την Ιορδανία; Η μόνη απάντηση είναι ότι θα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός που αφαιρεί συνεχώς ποσότητα αλάτων ίση με αυτή που εισέρχεται. Ποιος είναι ο μηχανισμός αυτός; Δεν είναι γνωστό. Όμως επειδή έχουν αποκλειστεί όλες οι πιθανές φυσικοχημικές διεργασίες, οι υποθέσεις στρέφονται σήμερα προς τις βιολογικές. Μια υπόθεση είναι ότι τα άλατα που περιέχονται στο θαλασσινό νερό παρασύρονται στα ιζήματα από τους νεκρούς μικροοργανισμούς, που πέφτουν σαν μια ασταμάτητη βροχή από τα επιφανειακά στρώματα του νερού στον βυθό. Μια μικρή αύξηση της αλατότητας ενισχύει την θνησιμότητα των μικροοργανισμών αυξάνοντας την βροχή των νεκρών τους σωμάτων. Αρκεί ο μηχανισμός αυτός για να εξηγήσει την σταθερότητα της αλατότητας; Όχι λένε επιστήμονες που εκτιμούν ότι οι ποσότητες αλάτων που αφαιρούνται με αυτή την διεργασία είναι πολύ μικρές σε σχέση με αυτές που συνεχώς εισέρχονται στο θαλασσινό νερό από την ξηρά. Το μυστήριο της σταθερής αλατότητας, συνεπώς, παραμένει.

η βόσκηση δίνουν στο Μεσογειακό τοπίο την γνώριμη σκληρή και άδενδρη μορφή του. Τα φαινόμενα όμως απατούν. Η άγρια ζωή στον Μεσογειακό χώρο περιλαμβάνει έναν εξαιρετικά μεγάλο αριθμό ειδών. Την σύντομη άνοιξη, η φύση αποκτά όλο της το μεγαλείο. Ακόμη και στις παρυφές των πόλεων, τα εγκαταλειμμένα χωράφια όπου δεν χρησιμοποιούνται πια φυτοφάρμακα, γεμίζουν από πολύχρωμα αγριολούλουδα. Για λίγο όμως. Με τις πρώτες ζέστες του καλοκαιριού όλα κιτρινίζουν και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Η φύση δημιουργεί ή επιλέγει;

Σε τι οφείλεται η απίστευτα μεγάλη πολυμορφία του φαινομένου της ζωής; Πως εξηγείται η θαυμαστή ικανότητα των ζωντανών οργανισμών να προσαρμόζονται τόσο καλά στο φυσικό τους περιβάλλον; Γιατί υπάρχουν στην Γη 30 εκατομμύρια είδη από έντομα, αράχνες, σαρανταποδαρούσες, μυριοπόδα, καρκινοειδή ή πάνω από 50.000 είδη δένδρων; Γιατί υπάρχουν 9.700 διαφορετικά είδη πουλιών και γύρω στις 3.000 είδη θηλαστικών; Πως απέκτησαν τα γεράκια το εκπληκτικό τους πέταγμα; Πως κατορθώνουν οι νυχτερίδες να προσανατολίζονται στο απόλυτο σκοτάδι; Γιατί οι αρκούδες στον Βόρειο Πόλο είναι άσπρες; Γιατί ορισμένοι οργανισμοί μοιάζουν με-

ταξύ τους ενώ άλλοι είναι τόσο διαφορετικοί; Ο κατάλογος των ερωτημάτων δεν έχει τέλος γιατί το φαινόμενο της ζωής είναι εξαιρετικά σύνθετο.

Ο μηχανισμός που παράγει την εκπληκτική ποικιλία των μορφών της ζωής είναι σχετικά απλός: Τόσο η προσαρμογή των ζωντανών οργανισμών στο περιβάλλον τους όσο και η ποικιλία των ειδών εξηγούνται με βάση την αρχή της φυσικής επιλογής: Στον αγώνα της ζωής επιβιώνει ο καλύτερα προσαρμοσμένος. Όμως, η φυσική επιλογή από μόνη της δεν αρκεί για να κατανοήσουμε πώς ένα είδος αναπτύσσει χαρακτηριστικά που του επιτρέπουν να προσαρμοσθεί καλύτερα στο περιβάλλον του και να επιβιώσει. Για να λειτουργήσει η φυσική επιλογή απαιτούνται τρεις σημαντικές ιδιότητες, κοινές σε όλους του οργανισμούς:

- *όλοι οι οργανισμοί αναπαράγονται και ορισμένοι μόνο από τους απογόνους τους επιβιώνουν,*
- *τα άτομα ενός πληθυσμού έχουν το καθένα τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά*
- *ορισμένα από τα χαρακτηριστικά αυτά είναι κληρονομικά, δηλαδή μεταβιβάζονται από τους γονείς στους απογόνους τους,*
- *οι απόγονοι δεν έχουν ποτέ τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά με τους γονείς.*

Ας πάρουμε τα πράγματα με την σειρά τους: Επειδή οι ζωντανοί οργανισμοί αναπαράγονται, ο αριθμός τους μεγαλώνει και σύντομα αρχίζουν να ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την τροφή και τον ζωτικό τους χώρο. Όμως, κάθε οργανισμός έχει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Σε έναν πληθυσμό ορισμένα άτομα τυχαίνει να διαθέτουν χαρακτηριστικά που τους δίνουν μεγαλύτερες πιθανότητες να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν. Αν τα χαρακτηριστικά αυτά είναι κληρονομήτα, τότε θα μεταφερθούν στις επόμενες γενιές με αποτέλεσμα το ποσοστό των ατόμων που τα έχει να αυξηθεί. Είναι λοιπόν αυτονόητο ότι ομάδα που είναι προικισμένη με τα χαρακτηριστικά αυτά τελικά θα επικρατήσει.

Που όμως οφείλονται οι διαφορές των χαρακτηριστικών στα άτομα ενός πληθυσμού; καθοριστικό ρόλο παίζουν οι νόμοι της κληρονομικότητας με τους οποίους μεταβιβάζονται τα κληρονομικά χαρακτηριστικά και οι τυχαίες αλλαγές των κληρονομικών χαρακτηριστικών που ονομάζονται *μεταλλάξεις*. Όλες οι αλλαγές στους ζωντανούς οργανισμούς οφείλονται σε αυτές τις τυχαίες διαφοροποιήσεις του γενετικού υλικού το οποίο καθορίζει τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες τους. Εκεί ενεργοποιείται ο μηχανισμός της εξέλιξης (από τις τυχαίες μεταβολές των κληρονομικών χαρακτηριστικών). Ένα ζώο που ζει στην αρκτική ζώνη χρειάζεται για να επιβιώσει μια ζεστή γούνα (που αν είναι και άσπρη, θα το προστατεύει επιπλέον από τους θηρευτές του). Όμως το ζώο αυτό δεν αναπτύσσει μια ζεστή άσπρη γούνα επειδή την χρειάζεται. Απλώς τα ζώα που ύστερα από τυχαίες μεταλλάξεις απέκτησαν την κατάλληλη γούνα θα έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να επιβιώσουν (ή να αποικίσουν επιτυχώς τις αρκτικές περιοχές).

Εκτός από τα κληρονομούμενα χαρακτηριστικά, ένας οργανισμός αναπτύσσει και *ad hoc* χαρακτηριστικά που οφείλονται στην επίδραση του περιβάλλοντος. Τα *επίκτητα* όπως ονομάζονται χαρακτηριστικά, μολονότι είναι πολύ σημαντικά για την προσαρμογή και την επιβίωσή ενός οργανισμού, δεν παίζουν ρόλο στην εξέλιξη του είδους γιατί δεν μεταβιβάζονται στους απογόνους. Για παράδειγμα, το μαύρισμα στον ήλιο. Είναι μια προσαρμογή που προφυλάσσει τα άτομα που περνούν τις ημέρες του καλοκαιριού στην παραλία. Τα παιδιά τους, έστω και αν έχουν συλληφθεί σε ημέρες μεγάλης ηλιοφάνειας, δεν θα βγουν ηλιοκαμένα.

Τρία εκπληκτικά παραδείγματα

Από την στιγμή που οι καμηλοπαρδάλεις ειδικεύτηκαν στα ψηλά φυλλώματα των δέντρων, ο μακρύς λαιμός άρχισε να αποτελεί προτέρημα. Η καμηλοπαρδαλή με τον μακρύτερο λαιμό φθάνει ευκολότερα τα φύλλα που έχουν απομείνει στις κορυφές των δέντρων από τις άλλες με τον πιο κοντό λαιμό κι έχει συνεπώς περισσότερες πιθανότητες να επιβιώσει και να μεταδώσει το χαρακτηριστικό αυτό στους απογόνους της και αυτοί στους δικούς τους. Έτσι ο λαιμός της δεν έπαψε να μακραίνει. Όμως υπάρχουν όρια. Όσο μακρύτερος είναι ο λαιμός τόσο δυσκολότερη είναι η κυκλοφορία του αίματος. Η φυσική επιλογή δρα ουδέτερα: δεν παράγει νέα χαρακτηριστικά και δεν υπηρετεί έναν τελικό σκοπό. Για τους λόγους αυτούς δεν οδηγεί μόνο σε “βελτίωση” των ειδών και την τέλεια προσαρμογή τους, αλλά και στην εξαφάνισή τους, όταν τα χαρακτηριστικά που διαθέτουν δεν τους επιτρέπουν να προσαρμοστούν σε αλλαγμένο περιβάλλον.

Γιατί *Fregata minor* έχει στα πόδια της νηκτική μεβράνη; “Για να κολυμπάει καλύτερα”, είναι η προφανής απάντηση. “Λάθος! Οι φρεγάτες δεν κολυμπούν. Απεχθάνονται μάλιστα το νερό γιατί τα φτερά τους δεν είναι πια αδιάβροχα. Ο ουροπηγικός αδένας που διαθέτουν έχει πάψει να εκκρίνει αδιαβροχοποιητικό λίπος γιατί έχει ατροφήσει και δεν χρησιμεύει σε τίποτε. Οι φρεγάτες περνούν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους πετώντας και ποτέ δεν προσθαλασσώνονται”. Τότε προς τι τα βατραχοπέδιλα; Αν τις είχε πλάσει ο Θεός, γιατί να τις προικίσει με ένα τόσο άχρηστο για αυτές χαρακτηριστικό; Γιατί διαθέτουν ένα περιττό όσο και εξεζητημένο όργανο; Τις σκέψεις αυτές τις έκανε Δαρβίνος, όταν παρατήρησε για πρώτη φορά το είδος αυτό στα νησιά Γκαλάπαγκος. Η εξήγηση που έδωσε είναι ότι προέρχονται από πρόγονο που κολυμπούσε. “Τα εκφυλισμένα όργανα μπορεί κανείς να τα συγκρίνει με τα γραμμάρια που διατηρούνται στην ορθογραφία μιας λέξης χωρίς να προφέρονται και χρησιμεύουν μόνο για την ανίχνευση της ετυμολογίας της”, παρατηρεί ο Δαρβίνος στο βιβλίο του “Περί της καταγωγής των ειδών”.

Στην Αγγλία υπάρχει ένα είδος νυχτοπεταλούδας που είναι άσπρη με μαύρα στίγματα. Αυτό την κάνει να μην ξεχωρίζει πάνω στους κορμούς των δέντρων που είναι καλυμμένοι από ασπρόμαντρες λειχήνες. Οι λίγες σκουρόχρωμες που υπάρχουν σε κάθε πληθυσμό είναι “σαν την μύγα μέσ’ το γάλα”. Έτσι πέφτουν συχνότερα θύματα των διωκτών τους με αποτέλεσμα το ποσοστό τους στον συνολικό πληθυσμό να παραμένει εξαιρετικά χαμηλό. Την ισορροπία αυτή στην Αγγλία άλλαξε η βιομηχανική επανάσταση. Οι κορμοί των δέντρων στις βιομηχανικές περιοχές έγιναν σκούροι καθώς η ρύπανση του αέρα κατέστρεψε τις μαυροάσπρες λειχήνες και μαύρισαν καθώς τους κάλυπτε η καρβουνόσκηνη. Οι ασπρόμαντρες νυχτοπεταλούδες ήταν τώρα αυτές που δεν μπορούσαν πια να κρυφτούν και να ξεγελάσουν τους διώκτες τους. Οι σκουρόχρωμες απέκτησαν ένα πλεονέκτημα που τους επέτρεψε να τελικά να κυριαρχήσουν στις βιομηχανικές περιοχές. Όμως η ιστορία δεν τελειώνει εδώ. Στον βαθμό που η χρήση του άνθρακα ελαττώθηκε και τα μέτρα για την καταπολέμηση της ρύπανσης του αέρα ήταν αποτελεσματικά, οι ανοιχτόχρωμες λειχήνες άρχισαν και πάλι να καλύπτουν τους κορμούς των δέντρων στις βιομηχανικές περιοχές. Την συνέχεια μπορείτε να την φαντασθείτε και να την περιγράψετε!

Η Κόκκινη Βασίλισσα

Στο βιβλίο του Lewis Carroll “Η Αλίκη στη χώρα των θαυμάτων” στο οποίο αναφερθήκαμε στην εισαγωγή, η Αλίκη και η Κόκκινη Βασίλισσα τρέχουν σε ένα περιβάλλον που επίσης κινείται ώστε να καταφέρουν τουλάχιστον να παραμείνουν στην ίδια θέση. Είναι σαν να βρίσκονται συνεχώς μερικά βήματα πίσω από ένα τοπίο που προσπαθούν να προλάβουν. Κάτι αντίστοιχο φαίνεται να συμβαίνει, σύμφωνα με τη θεωρία του αμερικανού Leigh Van Valen (1970), και με τους ζωντανούς οργανισμούς στη μάχη για την επιβίωση. Ο χρήσιμος όρος στην περίπτωση αυτή είναι η *συνεξελίξη*. Κατ’ αυτήν, η γενετική ποικιλότητα των ειδών θα πρέπει συνεχώς να ανανεώνεται χωρίς να υπάρχει κάποιο όριο στη διαρκή προσαρμογή, χωρίς η κατάσταση να καταλήγει σε μια σταθερή ισορροπία. Τα είδη τροποποιούνται συνεχώς για να κρατηθούν στη ζωή, κι εκείνα που «αφήνουν το χέρι της Κόκκινης Βασίλισσας» θα μείνουν πίσω και θα χάσουν τη μάχη. Για να κατανοήσουμε τον μηχανισμό, πρέπει να τοποθετηθούμε στο γεωλογικό χρόνο: οι ισορροπίες που αποκαθίστανται διαρκούν μόνο για κάποιο χρονικό διάστημα και, αργά ή γρήγορα, γίνονται ασταθείς και οδηγούν ορισμένα είδη σε εξαφάνιση.

Η θεωρία της Κόκκινης Βασίλισσας είναι αντι-τελεολογική. Τα είδη δεν φτάνουν ποτέ σε ένα τελικό εξελικτικό επίπεδο και δεν υπάρχει γι αυτά μια εξασφαλισμένη θέση στο βασίλειο των όντων. Αν και η συμβολή του Van Valen δεν μας μαθαίνει κάτι τελείως διαφορετικό για τη σημασία της προσαρμογής απ αυτά που είπε ο Δαρβίνος, εισφέρει όμως σημαντικά στην κατανόηση της ποικιλότητας.

Ο John Maynard Smith (1920-2004) μέσω της *θεωρίας των παιγνίων* διαφοροποίησε την προσέγγιση του Van Valen υποστηρίζοντας ότι ο ανταγωνισμός δεν γίνεται τόσο μεταξύ των ειδών, όσο μεταξύ των ατόμων του ίδιου πληθυσμού, μια και διεκδικούν τους ίδιους διατροφικούς πόρους. Όμως για τον εξελικτικό βιολόγο William D. Hamilton (1936-2000), το πιο σημαντικό σε ότι αφορά τη τύχη των οργανισμών στη βιόσφαιρα, είναι η ανθεκτικότητά τους στις διαρκείς επιθέσεις των παρασίτων, σε τέτοιο μέγιστα βαθμό που να συνιστούν, μαζί με τους παθογόνους παρασίτων, τον βασικό (αρνητικό) συντελεστή στη διαδικασία της εξέλιξης. Ένας άλλος, σύγχρονος, επίσης Βρετανός, συγγραφέας και *ηθολόγος*, ο Richard Dawkins, αναρωτήθηκε γιατί άραγε θα πρέπει η Αλίκη να τρέχει διαρκώς, αντί να βρεθεί ένα είδος συμβιβασμού μεταξύ των ειδών ώστε να σταματήσουν αυτή τη ξέφρενη και τρελλή κούρσα του ανταγωνισμού με το τεράστιο κόστος. Κάτι αντίστοιχο δηλαδή με την κούρσα των εξοπλισμών στο γενετικό επίπεδο. Η απάντηση που δίνει στο βιβλίο που τον έκανε διάσημο (Το εγωϊστικό γονίδιο, 1970) είναι ότι τελικά στη φύση, ο αλτρουισμός δεν είναι η καλύτερη συνταγή για την επιβίωση. Ο Dawkins, όπως πολλοί άλλοι βιολόγοι, πιστεύει ότι η *γενετική πληροφορία* είναι ο κύριος στόχος της εξέλιξης. Τα αλληλόμορφα γονίδια⁵ είναι αυτά που βρίσκονται σε ένα διαρκή ανταγωνισμό για την εξασφάλιση μιας «θέσης στα χρωμοσώματα των μελλοντικών γενεών». Κάθε αλληλόμορφο που είναι ικανό να αυξήσει τις πιθανότητες διάδοσής του στη γενετική δεξαμενή ενός είδους, θα έχει εξ ορισμού το προβάδισμα.

5. Αλληλόμορφα: γονίδια που βρίσκονται στην ίδια γονιδιακή θέση στα ομόλογα χρωμοσώματα, και ελέγχουν με διαφορετικό τρόπο την ίδια ιδιότητα ενός οργανισμού. Π.χ. το χρώμα των ματιών.

Όπλα και υπερόπλα.

Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε στα *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* των ΗΠΑ το 2006, έδειξε ότι τα φυτά, αν και δεν έχουν πόδια και χέρια για να αμυνθούν, δεν είναι χωρίς όπλα στις επιθέσεις των εντόμων. Ο άγριος καπνός (*Nicotiana attenuata*), όπως όλα τα στρυχνώδη, παράγει αλκαλοειδή δηλητήρια (εν προκειμένω νικοτίνη) για να εξουδετερώσει τους θηρευτές του. Εντούτοις, ένας απ' αυτούς, το λεπιδόπτερο *Manduca sexta*, ανέπτυξε με τα χρόνια μηχανισμούς ανθεκτικότητας στη νικοτίνη, και οι προνύμφες του κατάφεραν να καταβροχθίσουν ανενόχλητες τα φύλλα του φυτού. Ο καπνός τότε έκανε τη δική του αντεπίθεση δημιουργώντας ένα σύστημα ανίχνευσης των ειδικών οργανικών μορίων (μια σύνθεση λιπαρών οξέων και αμινοξέων) που απελευθερώνουν οι προνύμφες του εντόμου. Όταν ο οργανισμός τον παίρνει το σήμα, επιβραδύνει την παραγωγή νικοτίνης (που ήταν πια άχρηστη) και βάζει μπροστά την παραγωγή πτητικών ενώσεων που προσελκύουν τους θηρευτές του λεπιδόπτερου. Παράλληλα, σταματά τη σύνθεση ενός ειδικού ενζύμου που βρίσκεται στα φύλλα του (gal3) πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα το απορροφώμενο CO₂ μέσω της φωτοσύνθεσης να κατευθύνεται όχι πια στην ανάπτυξη των φύλλων και των ιστών, αλλά να αποθηκεύεται στο ριζικό σύστημα. Όταν οι ανιχνευτές ειδοποιούν τον καπνό ότι οι προνύμφες έφυγαν, είτε λόγω θήρευσης είτε λόγω έλλειψης τροφής, το CO₂ αποδίδεται και πάλι στα πράσινα μέρη. Τότε η *Manduca sexta* βάζει μπροστά μια άλλη στρατηγική. Προσπαθεί κατ' αρχήν να εξουδετερώσει τον θηρευτή της, ένα υμενόπτερο (*Cotesia congregata*) που παρασιτεί επάνω της γενώντας τ' αυγά του μέσα στο ίδιο το σώμα του εντόμου. Για να το πετύχει αυτό, εκκρίνει μια τοξική ουσία που ως κέλυφος περιβάλλει τα αυγά. Το υμενόπτερο *Cotesia congregata* με τη σειρά του αντεπιτίθεται – αυτό ξεκίνησε πριν 73 εκ. χρόνια – προσβάλλοντας το ίδιο το ανοσοποιητικό σύστημα του ξενιστή⁶ *Manduca sexta* μέσω ενός ιού που μεταφέρει στο σώμα του μαζί με τα αυγά. Η ιστορία συνεχίζεται...

Λαμάρκ, Δαρβίνος και Μέντελ

Η έμφυτη τάση για πρόοδο και τελειοποίηση, και η ανάγκη της προσαρμογής στο περιβάλλον είναι οι φυσικές δυνάμεις που κινούν την εξέλιξη στο φυτικό και το ζωικό βασίλειο. Η πρώτη εξηγεί την πολυπλοκότητα του οργανικού κόσμου, η δεύτερη την επίδραση του περιβάλλοντος στην εξέλιξη της μορφολογίας των έμβιων όντων. Αυτά υποστήριξε ο Λαμάρκ (Jean Batiste Lamarck) στις αρχές του 19ου αιώνα και, στην εποχή του, οι ιδέες του ήταν ευρύτατα αποδεκτές.

Η επιβίωση του ικανότερου (του καλύτερα εξοπλισμένου ή του καλύτερα προσαρμοσμένου) είναι, σύμφωνα με την θεωρία του Δαρβίνου, η κινητήρια δύναμη που καθορίζει την προσαρμογή και την εξέλιξη των ειδών, και όχι κάποια έμφυτη τάση

6. Ξενιστής: ο οργανισμός υποδοχέας του παρασίτου.

προς την τελειότητα. Θεμελιωτής της θεωρίας της «φυσικής επιλογής», όπως ονομάστηκε αυτή η νέα αντίληψη, ο Άγγλος γεωλόγος εξερευνητής και φυσιοδίφης Κάρολος Δαρβίνος σε ηλικία 22 χρονών έκανε ένα μακρύ ταξίδι στην Νότια Αμερική με το πλοίο Μπίγκλ που κράτησε πέντε ολόκληρα χρόνια. Στο ταξίδι αυτό είχε την ευκαιρία να κάνει γεωλογικές, βοτανικές και ζωολογικές παρατηρήσεις που αργότερα αποτέλεσαν την βάση για την διατύπωση της θεωρίας του για την εξέλιξη των ειδών. Τα έργα του Δαρβίνου «Περί της Καταγωγής των Ειδών» (1859) και «Η καταγωγή του Ανθρώπου» (1871) προκάλεσαν τις έντονες αντιδράσεις θρησκευτικών κύκλων σε όλον τον κόσμο, γιατί έρχονταν σε σύγκρουση με την υπόθεση της Δημιουργίας του κόσμου, όπως αυτή περιγράφεται στην Παλαιά Διαθήκη.

Ο Δαρβίνος όμως, όπως και ο Λαμάρκ, πίστευε ότι τα χαρακτηριστικά που αποκτούσε ένας οργανισμός για να προσαρμοστεί στο περιβάλλον τα κληρονομούσε στους απογόνους του. Τον 19ο αιώνα κυριαρχούσε επίσης η άποψη ότι η φυλετική αναπαραγωγή οδηγούσε σε ανάμιξη των χαρακτηριστικών των γονέων. Αυτό ερχόταν όμως σε αντίθεση, τόσο με την θεωρία της τελειοποίησης, όσο και με την θεωρία της φυσικής επιλογής, γιατί κάθε χρήσιμο χαρακτηριστικό, που θα εμφανιζόταν σε έναν από τους δύο γονείς, δεν θα μεταβιβαζόταν ποτέ ακέραιο στους απογόνους.

Ο μοναχός Γκρέγκορ Μέντελ, (Gregor Mendel), που έζησε την ίδια εποχή με τον Δαρβίνο, ήταν αυτός που αναίρεσε αυτή την αντίφαση, θέτοντας τις βάσεις της σύγχρονης θεωρίας της κληρονομικότητας. Με πειράματά που έκανε με μπιζέλια, έδειξε ότι δεν είναι τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού αυτά που κληρονομούνται από γενιά σε γενιά, αλλά είναι οι «κληρονομικοί παράγοντες» αυτοί που τα προκαθορίζουν (σήμερα θα λέγαμε τα «γονίδια»). Στα πειράματά του, ο Μέντελ έκανε δύο πράγματα: επέλεξε ένα χαρακτηριστικό, π.χ. το χρώμα των ανθών και απομόνωσε τα φυτά που προέρχονταν από αυτογονιμοποίηση. Τα φυτά αυτά μεταβίβαζαν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους αναλλοίωτο από γενιά σε γενιά. Τα φυτά με κόκκινα άνθη έδιναν πάντα απογόνους με κόκκινα άνθη, τα φυτά με λευκά άνθη, πάντα με λευκά. Γι αυτό και τα ονόμασε «αμιγή στελέχη». Στην συνέχεια διασταύρωσε αμιγή στελέχη που διέφεραν μεταξύ τους ως προς ένα χαρακτηριστικό, π.χ. είχαν κόκκινα ή λευκά άνθη. Απόρροια των πειραμάτων ήταν οι διατύπωση των δύο βασικών νόμων της κληρονομικότητας: του «νόμου της ομοιομορφίας», σύμφωνα με τον οποίο, όταν διασταυρώνονται δύο αμιγή στελέχη τα «υβρίδια» που προκύπτουν είναι πάντα ομοιόμορφα (έχουν πάντα ροζ άνθη), και του «νόμου του διαχωρισμού» που προβλέπει ότι όταν διασταυρωθούν τα υβρίδια μεταξύ τους, τα χαρακτηριστικά της πρώτης γενιάς (κόκκινα ή λευκά άνθη) επανεμφανίζονται με καθορισμένη συχνότητα (25% κόκκινα, 25% λευκά, 50% ροζ).

Η θεωρία της κληρονομικότητας του Μέντελ συμπληρώνει την θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου γιατί εξηγεί τον μηχανισμό με τον οποίο τα κληρονομικά χαρακτηριστικά μεταβιβάζονται από γενιά σε γενιά μέσω της φυλετικής αναπαραγωγής. Η θεωρία της φυσικής επιλογής εξηγεί γιατί ορισμένα από τα κληρονομικά χαρακτηριστικά επικρατούν στον αγώνα για προσαρμογή και επιβίωση. Ούτε ο Δαρβίνος όμως, ούτε ο Μέντελ εξηγούν το αίτιο της πολυμορφίας των χαρακτηριστικών των ατόμων ενός πληθυσμού. Σήμερα γνωρίζουμε ότι η πολυμορφία αυτή οφείλεται στις «τυχαίες» μεταλλάξεις των γονιδίων που καθορίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ατόμων. Είναι οι μεταλλάξεις πράγματι τυχαίες; Στο σημείο αυτό δεν υπάρχει ομοφωνία.

Αν στη Γη ζούσαν μόνον μύγες

Ορισμένες φορές οι μεγάλοι επιστήμονες ασχολούνται με παράξενους υπολογισμούς. Ο Δαρβίνος, για παράδειγμα, κάθισε και υπολόγισε πόσους απογόνους θα είχε ένα ζευγάρι ελέφαντες, αν τίποτε δεν εμπόδιζε την αύξηση του πληθυσμού τους. Βρήκε λοιπόν, ότι σε 750 χρόνια, οι απόγονοι αυτού και μόνο του ζευγαριού θα έφθαναν τα 19 εκατομμύρια. Και να φαντασθεί κανείς ότι ο ελέφαντας είναι ένα από τα ζώα που αναπαράγεται με πολύ αργούς ρυθμούς γιατί η κύηση του και μόνο διαρκεί περίπου δύο χρόνια. Άλλοι σκέφθηκαν να ασχοληθούν με τις μύγες. Το αποτέλεσμα ήταν πολύ πιο ανησυχητικό. Αν λάβουμε υπόψη ότι κάθε θηλυκή μύγα κάνει κατά μέσον όρο 120 αυγά, τότε μετά από επτά γενιές, που αντιστοιχούν σε ένα ανθρώπινο έτος, ο αριθμός των απογόνων ενός και μόνο αρχικού ζευγαριού θα έφθανε τα 6 τρισεκατομμύρια άτομα. (6 με 12 μηδενικά). Εντυχώς όμως ούτε οι ελέφαντες, ούτε οι μύγες έχουν κατακυριεύσει την Γη. Το ερώτημα λοιπόν είναι: Τι είναι αυτό που σταματά την απεριόριστη αύξηση ενός πληθυσμού; Γιατί οι ελέφαντες ή οι μύγες δεν έχουν ακόμη καταλάβει τον πλανήτη; Το κύριο αίτιο που περιορίζει την αύξηση του αριθμού των ελεφάντων στο φυσικό τους περιβάλλον είναι η έλλειψη τροφής και ζωτικού χώρου. Οι μύγες πάλι καταβροχθίζονται από τα εντομοφάγα πουλιά και ζώα, ίσως πολύ πριν ο πληθυσμός τους αντιμετωπίσει το πρόβλημα της πείνας. Ο ανταγωνισμός για την τροφή και οι θηρευτές (τα ζώα που τρέφονται από άλλους οργανισμούς, τα θηράματα) είναι οι δύο παράγοντες που ελέγχουν την αύξηση των πληθυσμών. Και πράγματι, ένα από τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά των πληθυσμών που ζουν σε ένα φυσικό οικοσύστημα είναι η σταθερότητά τους. Αν παρατηρήσουμε τους πληθυσμούς που αποτελούν μια βιοκοινότητα επί ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα διαπιστώνουμε ότι δεν μεταβάλλονται αισθητά. Από εποχή σε εποχή και από χρόνο σε χρόνο το μέγεθος των πληθυσμών παρουσιάζει διακυμάνσεις γύρω από μια μέση τιμή. Οι διακυμάνσεις όμως αυτές σπάνια ξεπερνούν ένα ορισμένο όριο.

Εξέλιξη και ειδογένεση

Το κύριο όμως ερώτημα εξακολουθεί να παραμένει. Η φυσική επιλογή εξηγεί πράγματι την εξέλιξη των ειδών, δηλ. το γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά ενός είδους σιγά-σιγά μεταβάλλονται, ώστε να προκύψει από αυτό ένα νέο είδος καλύτερα προσαρμοσμένο στο περιβάλλον του; Και πώς επίσης εξηγείται η μεγάλη ποικιλία των ειδών; Με άλλα λόγια, το ερώτημα είναι: Πως από ένα είδος προκύπτουν δύο διαφορετικά; Η απάντηση εδώ είναι λιγότερο απλή.

Για να καταλάβουμε τα αίτια που οδηγούν στην *ειδογένεση*, όπως ονομάζεται η εμφάνιση νέων διαφορετικών ειδών από έναν κοινό πρόγονο, ας φανταστούμε ένα κομμάτι ξηράς που ξαφνικά για λόγους γεωλογικούς γίνεται νησί, αποκομμένο από την απέναντι στεριά. Ένα τμήμα του πληθυσμού των φυτών και των ζώων απομονώνεται τότε από τον αρχικό κορμό. Η προσαρμογή και η εξέλιξη ακολουθούν διαφορετικούς δρόμους στους δύο μεταξύ τους απομονωμένους πληθυσμούς, γιατί οι συν-

θήκες του περιβάλλοντος στις δύο περιοχές είναι διαφορετικές. Η διαφορετική εξέλιξη αποξενώνει σιγά-σιγά τους δύο πληθυσμούς. Σε κάποια χρονική στιγμή, ύστερα από χιλιάδες ή και εκατομμύρια χρόνια, τα άτομα που ανήκουν στον νησιώτικο πληθυσμό χάνουν τελικά την ικανότητα να αναπαράγονται με άτομα του στεριανού πληθυσμού ακόμη και αν, πάλι για γεωλογικούς λόγους, το νησί ξαναενωθεί με την στεριά και οι δύο πληθυσμοί ξαναέρθουν σε επαφή. Έχουμε τότε, αντί για ένα, δύο διαφορετικά είδη που μοιράζονται μαζί την ίδια περιοχή. Έμμεση παραδοχή για την ειδογένεση, όπως την περιγράψαμε, είναι ότι όταν μιλάμε για ένα είδος αναφερόμαστε σε έναν πληθυσμό ατόμων που έχουν κοινά γνωρίσματα και είναι γενετικά απομονωμένος από όλους τους άλλους πληθυσμούς. Ο ορισμός αυτός του είδους δεν είναι ο μοναδικός, αλλά ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος σήμερα.

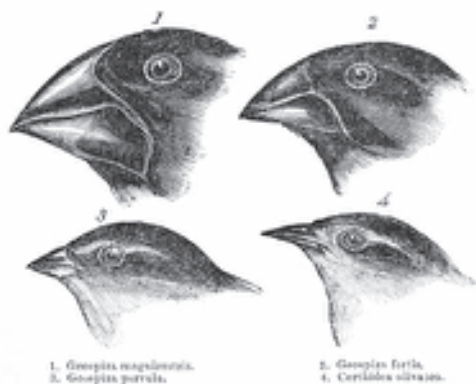
Ας φαντασθούμε πάλι μια μεγάλη περιοχή της Γης όπου ζει ο πληθυσμός ενός είδους. Μια ξαφνική άνοδος της στάθμης της θάλασσας χωρίζει την αρχική έκταση σε δύο μεταξύ τους απομονωμένες νησίδες. Ο αρχικός πληθυσμός του είδους χωρίζεται σε δύο μεταξύ τους απομονωμένους πληθυσμούς. Οι δύο ομάδες του πληθυσμού βρίσκονται τώρα πάρα πολύ μακριά και χωριστά ώστε να υπάρχει κοινή ροή γονιδίων. Οι δύο απομονωμένοι πληθυσμοί εξελίσσονται διαφορετικά και ύστερα από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα αλλάζουν μορφολογικά και γενετικά. Μια νέα πτώση της στάθμης της θάλασσας ενώνει και πάλι τις δύο αποκομμένες περιοχές. Οι δύο πληθυσμοί, έρχονται σε επαφή, αλλά δεν είναι πια ικανοί να αναπαραχθούν μεταξύ τους. Στην αρχική επικράτεια ενός είδους ζουν τώρα δύο. Αυτή είναι μια απ' τις διαδικασίες της ειδογένεσης (από γεωγραφική απομόνωση).

Γενετικά απομονωμένες «νησίδες» πληθυσμών του ίδιου είδους δημιουργούνται συχνά ακόμη και όταν δεν υπάρχει γεωγραφική αποκοπή των ενδιαιτημάτων⁷. Τα φυσικά εμπόδια που αποκόβουν ένα τμήμα ενός πληθυσμού έχουν ισοδύναμο αποτέλεσμα. Τέτοιου είδους εμπόδια είναι τα βουνά, τα φαράγγια, οι λίμνες, οι έρημοι. Ένας πληθυσμός όμως είναι δυνατόν να χωριστεί και χωρίς να παρεμβάλλονται φυσικά εμπόδια. Αρκεί γιαυτό η αλλαγή των συνθηκών του. Για παράδειγμα, ένας αριθμός ατόμων ενός είδους που ζει στα δέντρα αναζητεί καλύτερη τύχη στο έδαφος και αλλάζει διατροφικές συνήθειες και συμπεριφορά. Με την πάροδο του χρόνου, είναι δυνατό να απομονωθεί γενετικά ο πληθυσμός που ζει στο έδαφος από τον αρχικό πληθυσμό που ζει στα δέντρα και να αποτελέσει νέο είδος.

Οι σπίνοι των Γκαλαπάγκος

Αν η γεωγραφική απομόνωση είναι ο συνηθέστερος τρόπος για την ειδογένεση, πουθενά αλλού στον κόσμο αυτό δεν φαίνεται τόσο καθαρά όσο στο αρχιπέλαγος των νησιών Γκαλάπαγκος στον Ειρηνικό ωκεανό, 1000 χιλιόμετρα από τις ακτές του κράτους του Ισημερινού. Τα νησιά Γκαλάπαγκος είναι ηφαιστιογενή και έχουν σχετικά μικρή γεωλογική ηλικία. Ο αποικισμός τους έγινε από ζώα και φυτά που με διάφορους τρόπους κατόρθωσαν να φθάσουν εκεί από τις μακρινές ακτές της Αμερικής ηπείρου. Οι γιγάντιες χελώνες που αντίκρισε ο Δαρβίνος, όταν επισκέ-

7. Ενδιαίτημα ή οικότοπος, είναι το μέρος όπου ζει, τρέφεται και αναπαράγεται ένα είδος.



Τέσσερα από τα 13 είδη των σπίνων του Δαρβίνου, με εμφανείς τις διαφορές στα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά (από το βιβλίο του Δαρβίνου «Ταξίδι με το Μπιγκλ» 1845).

που έμοιαζαν με σπίνους (σπίζες) και περιελάμβαναν 13 είδη που εμφανώς προέρχονταν όλα από κάποιον κοινό πρόγονο που έφθασε στα Γκαλάπαγκος από την ηπειρωτική ακτή. Οι σπίνι του Δαρβίνου αποίκισαν όλα τα νησιά του αρχιπελάγους και διαφοροποιήθηκαν αρκετά ώστε να αποτελέσουν χωριστά είδη. Ορισμένα από αυτά διαδόθηκαν στα γειτονικά νησιά και σήμερα τα μεγαλύτερα από αυτά φιλοξενούν ως και δέκα διαφορετικά είδη σπίνων που διαφέρουν ως προς το μέγεθος, την μορφή του ράμφους, την συμπεριφορά και την διατροφή. Η ειδογένεση δεν έχει ωστόσο τελειώσει. Κάποιοι πληθυσμοί που ζουν σε διαφορετικά νησιά έχουν ακόμη την ικανότητα να ζευγαρώνουν και να παράγουν υβριδικούς απογόνους. Παρά τις διαφορές τους οι πληθυσμοί αυτοί είναι διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου είδους. Οι ποικιλίες αυτές είναι, κατά τεκμήριο, *είδη στην γένεσή τους*.

Η καταγωγή του ανθρώπου

Όλα τα είδη εξελίσσονται, μεταναστεύουν για να αποικίσουν νέους τόπους, διχάζονται δημιουργώντας νέα είδη, περνούν περιόδους ακμής και τελικά, όταν δεν είναι σε θέση να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος, εξαφανίζονται. Η φυσική εξέλιξη δεν δρα μόνο στο επίπεδο των ατόμων αλλά και στο επίπεδο των ειδών. Τα είδη, όπως και τα άτομα δημιουργούνται, παραμένουν επί μεγάλα χρονικά διαστήματα σχεδόν αμετάβλητα και ξαφνικά, όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος έχουν αλλάξει σημαντικά, εξαφανίζονται, άλλοτε αφήνοντας νέα είδη ως απογόνους, άλλοτε όχι.

Κάθε είδος προέρχεται από ένα προηγούμενο είδος και κουβαλά την ιστορία της καταγωγής του. Η ιστορία αυτή συνδέεται στενά με το σύνολο των προσαρμογών των προγονικών του ειδών που έζησαν σε άλλες γεωλογικές εποχές και κλιματικές συνθήκες. Οι παλαιές αυτές προσαρμογές αντανακλώνται στα μορφολογικά χα-

φτηκε τα νησιά το 1835 αποτελούν ζωντανό παράδειγμα πληθυσμών που βρίσκονται σε διάφορα στάδια μιας διαδικασίας που οδηγεί στην εμφάνιση νέων ειδών. Οι πληθυσμοί των διαφόρων νησιών του αρχιπελάγους προήλθαν από έναν κοινό πρόγονο που αποίκισε κάποιο από τα νησιά. Ο Δαρβίνος παρατήρησε ότι κάθε νησί είχε την δική του ποικιλία γιγάντιας χελώνας και ότι οι γεωγραφικά απομονωμένες διαφορετικές ποικιλίες έτειναν να εξελιχθούν σε διαφορετικά είδη.

Η ειδογένεση ήταν πιο προχωρημένη στους πληθυσμούς των μικρών χερσαίων πουλιών

ρακτηριστικά του είδους και καθορίζουν τα όρια και τις δυνατότητες της δικής του προσαρμογής στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του βιοτικού και αβιοτικού του περιβάλλοντος.

Νέα είδη δεν δημιουργούνται εκ του μηδενός. Οι προσαρμογές είναι σταδιακές και βασίζονται σε περιορισμένες τροποποιήσεις χαρακτηριστικών και λειτουργιών που ήδη υπάρχουν. Κατά συνέπεια, **όλα τα είδη που ζουν σήμερα στην Γη ανάγουν την προέλευσή τους στον πρώτο μονοκύτταρο οργανισμό που εμφανίστηκε πριν από 3,8 δισεκατομμύρια περίπου χρόνια.** Αν λοιπόν μας ενοχλεί η καταγωγή μας από τον πίθηκο, μπορούμε να διαλέξουμε ένα οποιοδήποτε άλλο πρόγονο από το πανάρχαιο δέντρο της ζωής.

Κάρολος Λινναίος

Οι πρώτες προσπάθειες να ταξινομηθούν οι ζωντανοί οργανισμοί βασίσθηκαν στις μορφολογικές ομοιότητες των βασικών τους χαρακτηριστικών. Το σημερινό σύστημα ονοματολογίας και ταξινόμησης των ειδών είναι το σύστημα που επινόησε τον 18ο αιώνα ο Σουηδός φυσιοδίφης Κάρολος Λινναίος (Carl Linnaeus-1707-1778). Ο Λινναίος είναι ο ιδρυτής της σύγχρονης συστηματικής βοτανικής και ζωολογίας. Τον 18ο αιώνα υπήρχαν διαφορετικές και αλληλεσυγκρουόμενες ταξινομήσεις των ζωντανών οργανισμών. Ο Λινναίος, παρατηρώντας τις διαφορές στους στήμονες των λουλουδιών κατέταξε τα φυτά σε 14 ομάδες. Η φήμη του διαδόθηκε γρήγορα σε όλον τον κόσμο και από παντού άρχισαν να του στέλνουν δείγματα φυτών για να τα ταξινομήσει. Περιέγραψε και ταξινομήσε 7.000 είδη φυτών στα οποία ονόματισε δίνοντάς τους ένα διπλό όνομα. Το πρώτο, που άρχιζε με κεφαλαίο γράμμα δήλωνε το γένος, το δεύτερο, που άρχιζε με πεζό, το είδος. Στις περιγραφές του των φυτών ανέφερε την χρήση τους και την γεωγραφική τους εξάπλωση. Η χρήση των Λατινικών έκανε το σύστημα του Λινναίου διεθνώς αποδεκτό. Το σύστημα αυτό, τροποποιημένο από τον Γάλλο Antoine Laurent de Jussieu (1748-1836) ισχύει και σήμερα. Η προσπάθειά του Λινναίου όμως να εφαρμόσει το σύστημά του και στα ζώα ήταν λιγότερο επιτυχημένη γιατί βασίσθηκε στα εξωτερικά τους χαρακτηριστικά και όχι στην εσωτερική τους ανατομία. Όπως όλοι οι σύγχρονοί του, ο Λινναίος πίστευε ότι ο Θεός είχε δημιουργήσει το καθένα από τα είδη χωριστά και ότι τα είδη παραμένουν αναλλοίωτα. Το ταξινομικό του σύστημα το επινόησε για να δείξει ότι τις ομοιότητες που υπάρχουν ανάμεσα στα είδη παρά τις φαινομενικές τους διαφορές.

Όταν οι απόψεις του Δαρβίνου για την εξέλιξη των ειδών έγιναν κοινά αποδεκτές, οι προσπάθειες στράφηκαν προς μια ταξινόμηση των ειδών που να αντανakλά την γενεαλογική τους σειρά. Ο άνθρωπος και ο πίθηκος, για παράδειγμα, δεν ήταν απλώς δύο διαφορετικά είδη που παρουσίαζαν μορφολογικές ομοιότητες. Η ομοιότητα των χαρακτηριστικών εξηγήθηκε με αφετηρία την κοινή καταγωγή: ο άνθρωπος προέρχεται από τον πίθηκο ή έχουν και οι δύο έναν κοινό πρόγονο.

Η ταξινόμηση εξακολούθησε ωστόσο να γίνεται με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και αυτό παρουσίαζε ορισμένες δυσκολίες. Κλασικό παράδειγμα εί-

ναι οι κροκόδειλοι που, όπως οι συγγενείς του οι αλιγάτορες και τα *cayman* (μικρότερα ερπετά που μοιάζουν με τους αλιγάτορες), έχουν διατηρήσει τα μορφολογικά γνωρίσματα των ερπετών, αλλά προέρχονται από αρχόσαυρους, μια ομάδα εξαφανισμένων σαυρών από τις οποίες προήλθαν τα πουλιά. Στο γενεαλογικό δέντρο οι κροκόδειλοι με βάση την καταγωγή τους θα έπρεπε να βρίσκονται πιο κοντά στα πουλιά παρά στα ερπετά, αλλά με βάση την μορφολογία τους θα έπρεπε να εντάσσονται στα ερπετά.

Μια προσπάθεια για να λυθούν αυτά τα προβλήματα είναι η φυλογενετική ταξινόμηση που πρότεινε το 1950 ο γερμανός εντομολόγος Βίλλυ Χέννιχ (Willi Hennig) και που βασίζεται αποκλειστικά στην γενεαλογική σειρά και στα σημεία που αυτή διακλαδίζεται. Κάθε κλάδος ξεκινά με έναν και μόνο κοινό πρόγονο και περιλαμβάνει όλα τα είδη που προήλθαν από αυτόν. Στην ταξινόμηση αυτή τα πουλιά δεν διακρίνονται από τα ερπετά και τα ψάρια από τα άλλα σπονδυλωτά, γιατί και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει κοινός πρόγονος.

Στις δυσκολίες αυτές υπόσχεται να δώσει λύση μια νέα προσέγγιση που βασίζεται σε σύγχρονες μεθόδους της μοριακής βιολογίας (της ανάλυσης του DNA) και δίνει αντικειμενικές απαντήσεις σε προβλήματα γενεαλογικής σειράς και συγγένειας. Είναι μια επιστροφή στο αρχικό σύστημα που βασιζόταν στα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Μόνο που αυτά δεν είναι πια το μήκος του ράμφους ή το χρώμα των φτερών, αλλά τα γονίδια.

Οι βιολόγοι κατατάσσουν τους ζωντανούς οργανισμούς σε πέντε μεγάλα βασίλεια: τα βακτηρίδια, τα πρωτόζωα, τους μύκητες, τα φυτά και τα ζώα. Οι ιοί και οι άλλες οριακές μορφές ζωής κατατάσσονται στο βασίλειο των ζώων. Τα βακτηρίδια εμφανίστηκαν ίσως πριν από 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια και είναι πιθανόν ότι είναι οι αρχαιότεροι οργανισμοί. Το κύτταρό τους είναι απλό και δεν έχει οργανωμένο πυρήνα που να περιλαμβάνει το DNA. Η ταξινόμησή τους είναι δύσκολη γιατί οι μεταξύ τους διαφορές είναι δυσδιάκριτες. Το σχήμα τους είναι συνήθως σφαιρικό, (κόκκοι) ή ραβδοειδές (βάκιλοι). Τα βακτηρίδια ζουν σε όλα τα περιβάλλοντα, ακόμη και στο πεπτικό σύστημα των ζώων. Πολλά βακτηρίδια κατορθώνουν να επιβιώσουν σε εξαιρετικά ακραίες φυσικοχημικές συνθήκες σχηματίζοντας σπόρια. Τα βακτηρίδια παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά από τον Antoni van Leewenhoek τον 17ο αιώνα και συσχετίστηκαν με ασθένειες από τον Robert Koch το 1876 (την ασθένεια του άνθρακα).

Τα πρωτόζωα είναι και αυτά μονοκύτταροι οργανισμοί, με σαφή εσωτερική δομή και οργανωμένο πυρήνα που περιλαμβάνει το DNA. Ο Leewenhoek ήταν και πάλι αυτός που τα παρατήρησε για πρώτη φορά. Ζουν κυρίως σε υγρά περιβάλλοντα και ορισμένα προκαλούν ασθένειες, όπως οι αμοιβάδες ή η ασθένεια του ύπνου. Σημαντικές ομάδες πρωτόζωων είναι τα δεινομαστιγωτά, οι αμοιβάδες και τα *ciliates*. Πολλά πρωτόζωα, που ζουν στην θάλασσα, προστατεύονται με κέλυφος. Μεγάλο μέρος των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, των οποίων το πάχος σε ορισμένες περιοχές μετριέται σε χιλιόμετρα, έχει σχηματιστεί από τα κελύφη αυτών των οργανισμών.

Οι μύκητες είναι πολυκύτταροι οργανισμοί στους οποίους ανήκουν και τα γνωστά είδη μανιταριών. Οι μύκητες τρέφονται από την αποσύνθεση νεκρών οργανισμών ή ζουν ως παράσιτα σε φυτά και ζώα. Φυτά είναι ανώτεροι οργανισμοί που είναι ικανοί να φωτοσυνθέτουν χρησιμοποιώντας την ενέργεια του ήλιου. Ζώα είναι οι οργανισμοί που τρέφονται από φυτά ή άλλα ζώα. Τα ζώα παίρνουν την ενέργεια που χρει-

άζονται για να ζήσουν μέσω της τροφής και έχουν αναπτύξει μηχανισμούς για να μετακινούνται. Τα φυτά και τα ζώα που βλέπουμε γύρω μας είναι πολυκύτταροι οργανισμοί. Στο βασίλειο όμως των φυτών και των ζώων υπάρχουν και μονοκύτταροι οργανισμοί.

Κάθε βασίλειο υποδιαιρείται σε φύλα. Όλα τα ζώα που έχουν σκελετό ανήκουν στο φύλο των σπονδυλωτών. Επομένως τα λιοντάρια, οι λαγοί, οι βάτραχοι και οι σαύρες ανήκουν στο ίδιο φύλο. Τα έντομα, τα οστρακόδερμα, τα κεφαλόποδα ανήκουν σε άλλα φύλα. Κάθε φύλο υποδιαιρείται σε κλάσεις. Τα σπονδυλωτά περιλαμβάνουν τις κλάσεις των θηλαστικών, των πουλιών, των ψαριών και των αμφιβίων. Κάθε κλάση υποδιαιρείται σε τάξεις. Η κλάση των θηλαστικών περιλαμβάνει την τάξη των φυτοφάγων, των σαρκοφάγων, των πρωτευόντων και των κητιδίων. Κάθε τάξη υποδιαιρείται σε οικογένειες. Η τάξη των σαρκοφάγων περιλαμβάνει οικογένειες όπως τα αιλουροειδή, στα οποία ανήκουν οι τίγρεις, οι λεοπαρδάλεις και οι γάτες. Ο σκύλος, ο λύκος, το τσακάλι ανήκουν στην οικογένεια των κυνίδων. Η κατάληξη των λατινικών ονομάτων των οικογενειών είναι -idae π.χ. Canidae, η οικογένεια στην οποία ανήκουν οι λύκοι και οι σκύλοι. Οι οικογένειες υποδιαιρούνται σε γένη. Τα αιλουροειδή περιλαμβάνουν τα γένη *Panthera* (στο οποίο ανήκουν η λεοπάρδαλη και το λιοντάρι), *Felix* (στο οποίο ανήκουν η αγριόγατα και η σπιτική γάτα) και *Lynx*, που περιλαμβάνει τον λύγα. Τα λατινικά ονόματα των γενών γράφονται με κεφαλαίο το πρώτο γράμμα. Τα γένη υποδιαιρούνται σε είδη που περιλαμβάνουν οργανισμούς ικανούς να ζευγαρώσουν μεταξύ τους και να παράγουν γόνιμους απογόνους. Ένα κανίς και ένα λυκόσκυλο ανήκουν στο ίδιο είδος. Όχι όμως ο γαΐδαρος και το άλογο. Το μουλάρι που γεννιέται από την ένωσή τους είναι στείρο και δεν αναπαράγεται. Που κατατάσσεται ο άνθρωπος στο σύστημα του Λινναίου; Η επιστημονική λατινική του ονομασία είναι *Homo sapiens*, άνθρωπος ο σοφός. Σοφός ή όχι, από την ονομασία συνάγουμε ότι ο άνθρωπος ανήκει στο είδος *sapiens* του γένους *Homo*. Ανεβαίνοντας την ταξινομική κλίμακα της διαπιστώνουμε ότι ο άνθρωπος ανήκει στην οικογένεια των *Hominidae*, που με την σειρά τους κατατάσσονται στην τάξη των πρωτευόντων, την κλάση των θηλαστικών, το φύλο των σπονδυλωτών, στο βασίλειο των ζώων.

Στο γένος *Homo*, όμως οι μελέτες τις ανθρώπινης εξέλιξης περιλαμβάνουν συνήθως και άλλα ανθρωποειδή, όπως είναι ο *Αυστραλοπίθηκος*, η εξελικτική πορεία του οποίου διαχωρίστηκε από αυτήν του ανθρώπινου γένους περίπου 2,3 εκατομμύρια χρόνια πριν, στην Αφρική. Οι επιστήμονες εκτιμούν πως οι άνθρωποι μοιράζονται τον τελευταίο κοινό τους πρόγονο με τους χιμπατζήδες, πρόγονο που έζησε περίπου 5-7 εκατομμύρια χρόνια πριν. Πολλά είδη και υποείδη του γένους *Homo* έχουν εξαφανιστεί. Μεταξύ όλων αυτών είναι και ο *Homo erectus*, ο οποίος έζησε στην Ασία, και ο *Άνθρωπος του Νεάντερταλ* (*Homo sapiens neanderthalensis*) ο οποίος έζησε στην Ευρώπη. Οι Αρχαίοι *Homo sapiens* εξελίχθηκαν περίπου 400.000 με 250.000 χρόνια πριν. Η κυρίαρχη άποψη στον επιστημονικό χώρο σχετικά με την καταγωγή των ανατομικά σύγχρονων ανθρώπων υποστηρίζει πως ο *Homo sapiens* εξελίχθηκε στην Αφρική και μετακινήθηκε στις γύρω ηπείρους περίπου 50.000 με 100.000 χρόνια νωρίτερα από σήμερα, αντικαθιστώντας τους πληθυσμούς του *Homo erectus* στην Ασία και του *Homo neanderthalensis* στην Ευρώπη.

Ο Κάρολος Λινναίος και άλλοι φυσιοδίφες της εποχής του θεωρούσαν τους μεγάλους πιθήκους τους στενότερους συγγενείς του ανθρώπου χάρις στις μορφολογικές και ανατομικές τους ομοιότητες. Όπως είδαμε πιο πάνω, δυνατότητα σύνδεσης

της εξελικτικής πορείας των ανθρώπων με αυτή των πρώιμων πιθήκων έγινε δυνατή το 1859 με την έκδοση του *Η καταγωγή των ειδών* του Δαρβίνου. Στο βιβλίο αποδεικνύεται η διαδικασία της δημιουργίας των νέων ειδών από τα παλαιότερα. Αν και δεν αναφέρεται άμεσα στην ανθρώπινη εξέλιξη, είναι η πρώτη μεγάλη επιστημονική ανατροπή στον κόσμο που είχαν στήσει οι δημιουργιστές. Στη συνέχεια βέβαια είδαν το φως της δημοσιότητας πολλές αντιπαράθεσεις όπως αυτές μεταξύ του Τόμας Χάξλεϋ και του Ρίτσαρντ Όουεν. Ο Χάξλεϋ υποστήριξε πως ο άνθρωπος εξελίχθηκε από τους πιθήκους, χρησιμοποιώντας ως τεκμήριο διάφορες απεικονίσεις που παρουσίαζαν τις ομοιότητες των δύο ειδών, στο έργο του *Αποδείξεις για τη Θέση του Ανθρώπου στη Φύση* (*Evidence as to Man's Place in Nature*). Παρόλα αυτά, πολλοί υποστηρικτές του Δαρβίνου (όπως ο Άλφρεντ Ράσελ Γουάλας και ο Κάρολος Λάιελ) αμφέβαλλαν για την ικανότητα της φυσικής επιλογής να δημιουργήσει όλες τις ψυχικές και ηθικές ευαισθησίες που υπάρχουν στον άνθρωπο.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα ήταν η έλλειψη ενδιάμεσων απολιθωμάτων. Μόλις το 1920 άρχισαν να εντοπίζονται τα πρώτα σχετικά δείγματα στην Αφρική. Το 1925, ο Ρέιμοντ Νταρτ ανακάλυψε τον *Australopithecus africanus*. Τυπικό είδος ήταν το Παιδί Taung (*Taung Child*), μία Αυστραλοπιθηκίνα που βρέθηκε σε μια σπηλιά. Τα απομεινάρια του παιδιού ήταν ένα άριστα διατηρημένο κρανίο, καθώς και η ενδοκρανική περιοχή του εγκεφάλου. Παρόλο που ο εγκέφαλος ήταν μεγέθους μόλις 410 cm³, το σχήμα του ήταν πιο σφαιρικό συγκριτικά με τον εγκέφαλο που είχαν οι γορίλλες και οι χιμπατζίδες, και θύμιζε περισσότερο ανθρώπινο εγκέφαλο. Επίσης, το δείγμα είχε μικρούς κυνόδοντες, και ο σχηματισμός των οστών στην περιοχή της λεκάνης ήταν απόδειξη του διποδισμού. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά έπεισαν τον Νταρτ πως το Παιδί Taung ήταν ένας δίποδος ανθρώπινος πρόγονος, δηλαδή μία ενδιάμεση εξελικτική μορφή μεταξύ των ανθρώπων και των άλλων πιθήκων.

Όμως η πορεία από τον πύθικο στον άνθρωπο δεν ήταν μια ιστορία ομαλής διαδοχής. Όπως παρατηρεί η ανθρωποαρχαιολόγος Νένα Γαλανίδου⁸ «το μεγάλο κοινό είναι εξοικειωμένο με το περιεχόμενο της γνωστής εικόνας που παρουσιάζει σε ένα σχεδιάγραμμα τα διαδοχικά στάδια της εξέλιξης του ανθρώπου από τον πίθηκο έως το σύγχρονο άνθρωπο. Η εικόνα αυτή αποτελεί ένα τυπικό παράδειγμα των μέχρι σήμερα αντιλήψεων (κυρίως στο δυτικό κόσμο) για την καταγωγή και την μετέπειτα πορεία του ανθρώπινου είδους. Θεωρείται μάλιστα τόσο αυτονόητη που όχι μόνο χρησιμοποιείται για την εικονογράφηση κειμένων επιστημονικής εκλαΐκευσης τα οποία δημοσιεύονται στον τύπο, αλλά ακόμη και από κόμματα της αριστεράς τα οποία δεν διασίζουν να την επιστρατεύσουν σε πολιτικές καμπάνιες που θεωρούν καινοτομικές. Η αναπαράσταση αυτή συμπίπτει την ιστορία του ανθρώπινου είδους σε μια γραμμική αλληλουχία εξέλιξης ενός περιορισμένου αριθμού ειδών. Παραβλέπει την πιθανότητα να συνυπήρχαν την ίδια στιγμή περισσότερα του ενός είδη και ανάγει την υπόθεση της εξέλιξης αποκλειστικά στους λευκούς αρσενικούς προγόνους μας που άλλοτε βαδίζουν θριαμβευτικά προς την εξέλιξη κι άλλοτε, ανεβαίνουν σκαλί-σκαλί την πυραμίδα της ιεραρχίας των πρωτευόντων θηλαστικών για να φτάσουν στην κορυφή. Η αναπαράσταση αυτή είναι πολύ παραπλανητική, μιας και συχνά επικαλείται και

8. Νένα Γαλανίδου, *Η γεωγραφία του ανθρώπινου είδους στο Η φύση της γεωγραφίας*, συλλογικό (επιμ. Ηλίας Ευθυμίου-Παυλός, Μιχάλης Μοδινός) εκδόσεις ΔΙΠΕ 2004.

τη γενετική μαρτυρία, για να επικαιροποιήσει και να προωθήσει ένα σενάριο για την ανθρώπινη καταγωγή και εξέλιξη πολύ παλιό και ξεπερασμένο. Το σενάριο αυτό κομψά αποκρύπτει τις σημαντικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μελετητές των παλαιoανθρωπολογικών ευρημάτων να διακρίνουν τη μορφολογική ποικιλία που μπορεί να υπάρχει μέσα στο ίδιο είδος (για παράδειγμα, φέρτε στο νου σας τη σωματική διάπλαση ενός Μασάι κι ενός Εσκιμώου, που είναι και οι δύο *Homo sapiens*), από τις ουσιαστικές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ διαφορετικών ειδών, κρίνοντας με βάση τα αποσπασματικά τμήματα ανθρώπινων σκελετών και κρανίων που συνήθως διασώζονται σε παλαιολιθικές θέσεις».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΤΟΠΙΟΥ

Οι μεγάλες αφηγήσεις

Κατά τη διάρκεια του Μεγάλου Κατακλυσμού, τεράστια κύματα του ωκεανού έπεφταν με ορμή στο εσωτερικό των ηπείρων κι έφταναν μέχρι τα ψηλά βουνά της Ενκαραμάντα. Όλοι οι άνθρωποι πνίγηκαν, εκτός από έναν που κατάφερε να φτάσει με μια βάρκα στα ψηλότερα του όρους Κουτσιβέρο. Έτσι τουλάχιστον το ονόμασαν το βουνό οι Ισπανοί, αλλά θυμίζει αρκετά το Αραράτ των λαών της Αραμαϊκής ή το Κολχουακάν των Μεξικάνων. Ο άνθρωπος που σώθηκε ήταν ο Αμαλιβάκα, πρόγονος των Ταμανάκ και γεννήτορας των ανθρώπινου είδους (κάθε λαός επιφυλάσσει για τον εαυτό του το ρόλο του πρωτοπλάστη). Όταν ο Αμαλιβάκα έφτασε στο βουνό, το πρώτο πράγμα που σκέφτηκε ήταν να ευχαριστήσει τον ήλιο και τη σελήνη, γι' αυτό και χάραξε τις ζωγραφιές τους σε μια βραχώδη πλαγιά της Ενκαραμάντα που οι ντόπιοι αποκαλούν Τεπουμερέμε. Οι ζωγραφιές αυτές υπάρχουν ακόμα και σήμερα και σίγουρα υπήρχαν στις αρχές του 1800, όταν ο μεγάλος γεωγράφος, φυσιοδίφης και εξερευνητής Αλεξάντερ φον Χούμπολντ έφτανε στην κοιλάδα του ποταμού Ορενόκου, στα ανατολικά των Άνδεων, βόρεια της Αμαζονίας. Υπάρχουν, όχι μόνο ως δείγματα της ιστορίας των πολιτισμών, αλλά και ως μαρτυρία για την πρόσληψη της εικόνας του κόσμου σε μια μακρινή εποχή η οποία μπλέκει το μύθο με την πραγματικότητα. Ή μήπως ήταν πάντα έτσι;

Η εξερεύνηση του Νέου Κόσμου από τον Χούμπολντ και τη συνοδεία του (ένα ολόκληρο επιτελείο από βοηθούς, ζωγράφους, χειριστές οργάνων και οδηγούς) κράτησε πέντε ολόκληρα χρόνια. Διέσχισε τους υδάτινους δρόμους του Ορενόκου και του Ρίο Νέγκρο, σκαρφάλωσε στα πιο ψηλά σημεία των Άνδεων, περιπλανήθηκε στις έρημες στέπες της Βενεζουέλας, έζησε παρέα με τα σμήνη των εντόμων στις ακτές της Κολομβίας, είδε περίεργα πουλιά να πετούν στους βάλτους των ακτών της Καραϊβικής, θαύμασε τα αγριολούλουδα των εύφορων κοιλάδων της Κούβας, μπήκε στα άδυτα της ζούγκλας του Αμαζονίου. Απ' το ταξίδι δεν λείπει ούτε η περιπέτεια, ούτε η αμφιβολία, ούτε η σύγκρουση με την πραγματικότητα που είναι πέρα από κάθε περιγραφή (**ο πραγματικός ταξιδιώτης κατασκευάζει τους δικούς του προορισμούς**). Εκείνο όμως που κυριαρχεί στο ταξίδι αυτό, είναι η διάθεση για μια νέα ανάγνωση του φυσικού κόσμου με ένα τρόπο που ίσως δεν είχε προηγούμενο. Ο Χούμπολντ εντυπωσιάζεται από το «θέαμα» της φύσης και δεν το κρύβει στα πολύτομα γραπτά του αλλά και στις εικαστικές αναπαραστάσεις που τα συνόδευαν.

Στον πρόλογο του βιβλίου του «Πίνακες της φύσης» εξηγεί πως οι «σκηνές» της φύσης του αποκαλύπτονται σταδιακά, όταν βρίσκεται αντιμέτωπος με τον ωκεανό, όταν κοιμάται σε πρόχειρους καταυλισμούς στην καρδιά του δάσους ή όταν ανεβαίνει τα άγρια και βραχώδη βουνά στο Μεξικό. Ταξινομεί τα φυτά, μετρά την υγρασία και τη θερμοκρασία, κάνει τοπογραφικές αποτυπώσεις, μελετά τα αστρικά φαινόμενα, αλλά πάνω απ' όλα ψάχνει τη σχέση του ανθρώπου με το φυσικό κόσμο, τόσο μέσα στην ιστορία όσο και στο παρόν. *Ο γεωγραφικός χώρος είναι καταλυτικός για τη διαμόρφωση της διαφορετικότητας, γράφει, αλλά πάνω απ' όλα βασιλεύει η ενότητα,*

στοιχείο που αφορά τόσο το περιβάλλον όσο και τον ίδιο τον άνθρωπο. Αυτή η αναζήτηση μιας χαμένης -ή και αμφισβητούμενης στην εποχή του – ενότητας, τον ακολουθεί ως έμμονη ιδέα και διατρέχει τις φιλοσοφικές του περιπλανήσεις. Η φύση, υποστηρίζει ο Χούμπολντ έχει συνήθως ευεργετική επίδραση πάνω στη διαμόρφωση των ανθρωπινων χαρακτήρων, πάνω στη συμπεριφορά, όποια κι αν είναι τα τοπία μέσα στα οποία εγγράφεται, όποιες κι αν είναι οι ιδιαιτερότητες των ανθρώπων.

Η εικόνα και η κρυμμένη πληροφορία

Αυτό που επιστημονικά διατυπώνει ο Χούμπολντ, το ξέρουμε κι από την καθημερινή εμπειρία. Η ζωή που αναπτύσσεται στην επιφάνεια του πλανήτη διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Η εικόνα μιας άσπρης αρκούδας μας φέρνει αυτόματα στον νου τις απέραντες παγωμένες εκτάσεις του Βορρά. Η ελιά συνδέεται με την στενή λωρίδα γης γύρω από την Μεσόγειο, ενώ τα λιοντάρια και οι ελέφαντες παρατέμπουν αμέσως στην αφρικανική σαβάνα (τις εκτάσεις με το ψηλό χόρτο και αραιά δέντρα γύρω από το τροπικό δάσος). Κάθε περιοχή της Γης έχει τον δικό της μοναδικό χαρακτήρα, την δική της «φυσιογνωμία», τα δικά της τοπία. Όπως συμβαίνει και με τις ανθρωπινες φυσιογνωμίες, μπορούμε να αναγνωρίσουμε με την πρώτη ματιά ένα τοπίο χωρίς να αναλύσουμε τις λεπτομέρειες. Το τροπικό δάσος με την πυκνή βλάστηση, η έρημος με τους αμμόλοφους, το Μεσογειακό τοπίο με τα φρύγανα και τις ξερολιθιές, είναι εικόνες οικείες, γνώριμες και αναγνωρίσιμες. Κατά τον ίδιο τρόπο αναγνωρίζουμε το κεντροευρωπαϊκό τοπίο με τις οξιές, τις καστανιές και τις σημύδες, τα απέραντα δάση των κωνοφόρων στην βορινή τάιγκα, την άδενδρη τούνδρα στη Σιβηρία, ή το ιδιαίτερο βασίλειο των πάγων και τους πγκουίνους στην Ανταρκτική. Όλα έχουν τη δική τους ταυτότητα.

Η γεωμορφολογία, η βλάστηση, τα ζώα και τα πουλιά, αλλά και οι καλλιέργειες και τα έργα των ανθρώπων, είναι οι ψηφίδες που συνθέτουν την εικόνα κάθε περιοχής της Γης. Την εικόνα αυτή μπορούμε να αποτυπώσουμε σε μια φωτογραφία ή σε ένα ζωγραφικό πίνακα. Το αποτέλεσμα θα είναι ένα φωτογραφικό ή εικαστικό στιγμιότυπο, η γενική άποψη μιας περιοχής, αυτό που συλλαμβάνουμε με μια πρώτη ματιά. Στην απεικόνιση (φωτογραφική, ζωγραφική ή σχεδιαστική) του τοπίου, το προεξάρχον στοιχείο είναι η σύνθεση. Το όλο είναι κάτι παραπάνω από τα μέρη του, το ψηφιδωτό κάτι παραπάνω από τις ψηφίδες που το αποτελούν. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο σε μια ψηφιακή απεικόνιση. Εκεί, λόγω ακριβώς της δυνατότητας της ψηφιακής εικόνας να περιέχει «κρυμμένες» πληροφορίες (π.χ. φωτοσυνθετική ικανότητα της βλάστησης που καλύπτει μια περιοχή) η αποτύπωση μπορεί να είναι πολύ πιο αναλυτική και φυσικά πολύ πιο αποκαλυπτική απ' αυτό που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι.

Η εικόνα ενός τοπίου μοιάζει με την πρώτη ματιά ακίνητη και αιώνια. Στην πραγματικότητα μεταβάλλεται συνεχώς. Παρακολουθεί την εναλλαγή των εποχών. Μεταμορφώνεται από την επίδραση του ανθρώπου ο οποίος εκχερσώνει τα δάση για να τα μεταβάλει σε αγρούς, ανοίγει δρόμους, κατασκευάζει φράγματα, κτίζει πόλεις. Διαφοροποιείται επίσης κατά τη διάρκεια των γεωλογικών αιώνων καθώς ακολουθεί τις μεταβολές του κλίματος και του αναγλύφου στην επιφάνεια της Γης.

Όταν παρατηρούμε ένα τοπίο δεν είμαστε σε θέση να διακρίνουμε με την πρώτη ματιά τις δυνάμεις που το διαμόρφωσαν και που εξακολουθούν να το διαμορφώ-

νουν. Με μια έννοια, το τοπίο *κρύβει* το παρελθόν του. Η μνήμη όμως διατηρείται και η ιστορία της εξέλιξης είναι παρούσα. Περιμένει τον προσεκτικό παρατηρητή, αλλά κυρίως αυτόν που είναι σε θέση να κάνει συγκριτική αξιολόγηση των μορφολογικών στοιχείων και να τα φωτίσει μέσα από το πρίσμα του.

Όμως παρά τις συνεχείς αλλαγές, η βασική μορφή ενός τοπίου παραμένει σταθερή. Η εικόνα που παρουσιάζει ένα υγρό τροπικό δάσος σε περιοχές τόσο απομακρυσμένες όπως η Ινδονησία, η Αφρική ή Νότια Αμερική που τις χωρίζουν απέραντοι ωκεανοί, είναι σχεδόν πανομοιότυπη. Γύρω από τον Ισημερινό επικρατεί η ίδια αδιαπέραστη πράσινη ζούγκλα, όπου τα μόνα φυτά που ξεχωρίζουν είναι ορισμένα μεμονωμένα φοινικόδενδρα, οι τεράστιες φτέρες και οι λιάνες που κρέμονται από πανύψηλα δένδρα. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με το Μεσογειακό τοπίο. Οι θαμνότοποι της ξηρής εύκρατης ζώνης που περιλαμβάνεται ανάμεσα στις 30^ο και 40^ο βόρειο και νότιο πλάτος, από την Καλιφόρνια ως τη Χιλή, κι από τη Νότιο Αφρική ως την Ιαπωνία και την Αυστραλία, σε πρώτη ματιά δεν διαφέρουν μεταξύ τους. Δύο είναι συνεπώς τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν: Πως τα τόσα διαφορετικά είδη φυτών που ζουν σε περιοχές απόμακρες και απομονωμένες μεταξύ τους συνδυάζονται για να δώσουν μια παρόμοια εικόνα σε κάθε κλιματική ζώνη; Γιατί αυτή η εικόνα παραμένει επί μεγάλα χρονικά διαστήματα σταθερή; Την απάντηση στα ερωτήματα αυτά πρέπει να την αναζητήσουμε σε δύο διαδικασίες που εξαρτώνται από την *σύγκλιση*⁹ και την *φυσική διαδοχή*¹⁰. Σύμφωνα με την εξελικτική οικολογία, η ανάπτυξη κοινών μορφολογικών και ανατομικών χαρακτηριστικών σε μη συγγενικά είδη είναι αναμενόμενη. Αρχεί τα είδη αυτά να ζουν σε παρεμφερή περιβάλλοντα και να επιτελούν την ίδια λειτουργία. Σ' αυτό συμβάλλει καταλυτικά η φυσική επιλογή. Στην περίπτωση των φυτών, οι μορφολογικές ομοιότητες σε επίπεδο ειδών έχουν αντίκτυπο στην φυσιολογία του γενικότερου τοπίου το οποίο καθορίζεται από την μορφή που παίρνει η βλάστηση. Η σύγκλιση συνεπώς επαληθεύεται και στο επίπεδο της μορφής που χαρακτηρίζει την βλάστηση σε μια κλιματική ζώνη. Κατά τη θεωρία της φυσικής διαδοχής, η μορφή του τοπίου χαρακτηρίζεται από την προϊστορία του: τις φυσικές καταστροφές (π.χ. ηφαιστειακή λάβα, πυρκαγιά κτλ.), τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (π.χ. κτηνοτροφία), τους τυχαίους παράγοντες (καιρικά φαινόμενα, μεταφορά σπόρων). Έπειτα από μια φυσική καταστροφή, πρώτα αναπτύσσονται τα λεγόμενα 'οπορουνιστικά' είδη, αυτά που φυτρώνουν γρήγορα και διασπείρονται εύκολα (χαρακτηρίζονται από *στρατηγικές τύπου r*). Καθώς η διαδοχή προχωρά, τη θέση τους παίρνουν είδη που βασίζονται στα ανταγωνιστικά τους πλεονεκτήματα (*στρατηγική τύπου k*)¹¹.

Το τοπίο μεταβάλλεται επίσης με το κλίμα. Αυτό καθορίζει την μορφή που έχει

9. Σύγκλιση (εξελικτική): διαδικασία κατά την οποία, μη σχετιζόμενοι μεταξύ τους οργανισμοί ή είδη, αποκτούν παρόμοια χαρακτηριστικά ή λειτουργίες έχοντας όμως διανύσει τελείως διαφορετικά εξελικτικά μονοπάτια. Οι ομοιότητες που εμφανίζονται δεν σχετίζονται με την καταγωγή τους από ένα κοινό πρόγονο, αλλά από το γεγονός ότι υιοθετούν αντίστοιχες προσαρμοστικές λύσεις σε ανάλογες περιβαλλοντικές πιέσεις.

10. Φυσική διαδοχή: η αλληλουχία των φυτοκοινωνιών που διαδέχονται η μία την άλλη, σε ένα δεδομένο περιβάλλον, ύστερα από μια διαταραχή (π.χ. καύση). Η φυσική διαδοχή αρχίζει με τον εποικισμό της διαταραγμένης περιοχής από την "πρόδρομη βλάστηση" και, θεωρητικά, καταλήγει σε ένα τελικό "ώριμο" στάδιο (*climax*), το οποίο είναι σταθερό.

11. Στη στρατηγική τύπου r- τα επιλεγμένα είδη δίνουν έμφαση στα υψηλά ποσοστά αναπαραγωγής, ενώ στη στρατηγική τύπου K- οι οργανισμοί φροντίζουν να ζουν σε πυκνές ομάδες (που τους εξα-

η βλάστηση κάθε περιοχής, και η βλάστηση είναι το κυρίαρχο στοιχείο της εικόνας. Το κλίμα είναι ίσως η πιο καθοριστική αλλά όχι η μόνη παράμετρος. Επιδρούν ακόμα το γεωμορφολογικό ανάγλυφο, η γεωλογική και η τεκτονική ιστορία της περιοχής, οι παλαιές και οι σημερινές συνδέσεις των τόπων μεταξύ τους (συνήθως με τις μεταναστεύσεις), η γεωγραφική απομόνωση μιας περιοχής (λόγω της παρεμβολής του ωκεανού), η εξελικτική της ιστορία και το ιστορικό των επεμβάσεων του ανθρώπου.

Το ύψος των βροχοπτώσεων είναι μια σημαντική παράμετρος που καθορίζει την βλάστηση και κατά συνέπεια, την μορφή ενός τοπίου. Άλλος παράγοντας είναι η διάρκεια των περιόδων ξηρασίας. Γνωρίζουμε όμως ότι, στις περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις είναι πάνω από 4000mm το χρόνο δεν υπάρχουν σχεδόν περίοδοι ξηρασίας. Κάτω από το όριο αυτό, οι άνυδρες εποχές γίνονται όλο και μεγαλύτερες. Στις πεδινές περιοχές γύρω από τον Ισημερινό, από την Μαλαισία και την Ισημερινή Αφρική ως την Αμαζονία, όπου το κλίμα είναι θερμό και υγρό κυριαρχεί το υγρό τροπικό δάσος. Βορειότερα και νοτιότερα από την Ισημερινή ζώνη, όπου οι βροχοπτώσεις μειώνονται (και οι περίοδοι ξηρασίας αυξάνονται), το υγρό αιθιαλές τροπικό δάσος δίνει την θέση του στο ξηρό φυλλοβόλο τροπικό δάσος (χάνει τα φύλλα του την ξηρή περίοδο). Καθώς απομακρυνόμαστε ακόμη περισσότερο από τον Ισημερινό, οι βροχοπτώσεις μειώνονται και η διάρκειά τους περιορίζεται μέσα στο χρόνο. Οι περίοδοι ξηρασίας γίνονται μακρύτερες, τα δέντρα αραιώνουν, επικρατούν οι ανοικτές εκτάσεις της σαβάνας με τα υψηλά χόρτα και τα αραιά δέντρα. Στην διαμόρφωση του τοπίου της σαβάνας συμβάλλουν εκτός από τους κλιματικούς παράγοντες, η βόσκηση και η φωτιά. Κλασσικό παράδειγμα είναι οι σαβάνες στην Αφρική. Εκεί βόσκουν μεγάλα κοπάδια φυτοφάγων ζώων που αποτελούν την τροφή των μεγάλων σαρκοφάγων θηλαστικών. Η επόμενη ζώνη χαρακτηρίζεται από ακόμη μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας. Η σαβάνα αντικαθίσταται από αραιούς αγκαθωτούς θάμνους και τέλος από την πλήρη έρημο, όπου ελάχιστα φυτά επιβιώνουν.

Η ζώνη της ερήμου δίνει την θέση της στην μεσογειακή ζώνη με τα θερμά ξηρά καλοκαίρια και τους ήπιους υγρούς χειμώνες. Στις περιοχές με μεσογειακό κλίμα ανάμεσα στις 30° και 40° βόρειο και νότιο πλάτος, το τοπίο κυριαρχείται από σκληρόφυλλα θαμνώδη βλάστηση ανθεκτική στην καλοκαιρινή ξηρασία, την έντονη βόσκηση και τις συχνές πυρκαγιές. Στην εύκρατη ζώνη οι βροχοπτώσεις κατανέμονται σχεδόν στις τέσσερις ευδιάκριτες εποχές του έτους και πολλά απ' τα δέντρα ρίχνουν τα φύλλα τους την δύσκολη περίοδο του παρατεταμένου ψύχους. Αντίθετα, το βόρειο δάσος κυριαρχείται από αείφυλλα κωνοφόρα που αντέχουν στα μεγάλα κρύα του αρκτικού χειμώνα.

Παράξενες ομοιότητες: η σύγκλιση των τοπίων

Από πρώτη ματιά, οι εικόνες από τα τροπικά δάση μοιάζουν εξαιρετικά μεταξύ τους. Αυτό οφείλεται σε δύο παράδοξα. Το πρώτο είναι ότι η οργιώδης βλάστηση στα υγρά τροπικά δάση αναπτύσσεται σε έδαφος εξαιρετικά φτωχό, ξεπλυμένο από την αστα-

σφαλίζουν υψηλά ποσοστά επιβίωσης) ενώ παράλληλα αξιοποιούν στο μέγιστο βαθμό τους διαθέσιμους πόρους.

Τροπικό δάσος ή ζούγκλα;

Τα υγρά τροπικά δάση καλύπτουν μόνο το 6% της χερσαίας επιφάνειας της Γης αλλά φιλοξενούν το 50% των ειδών που έχουν καταγραφεί. Εκτείνονται γύρω από τον Ισημερινό σε μια ζώνη ανάμεσα τις 10° βόρειο πλάτος και τις 10° νότιο. Εκεί η θερμοκρασία είναι σταθερή σχεδόν όλο τον χρόνο και η βροχόπτωση υψηλή, χωρίς να διακόπτεται από περιόδους ξηρασίας. Η μεγάλη ποικιλία είναι όμως αφανής. Η εικόνα που αντικρίζει κάποιος που αποτολμά έναν περίπατο σε ένα υγρό τροπικό δάσος είναι παντού η ίδια. Το δάσος στον Αμαζόνιο δεν διαφέρει για τον μη ειδικό σε τίποτε από το δάσος στην τροπική Ισημερινή Αφρική ή την Μαλαισία. Παντού θα συναντήσει παρόμοια δέντρα με τους ανοιχτόχρωμους λεπτούς κορμούς και τα μεγάλα και σκληρά ελλειψοειδή φύλλα με τα λεία χεϊλή και θα χρειαστεί πολλές επαναλήψεις για να κατορθώσει να διακρίνει τις διαφορές ανάμεσα στα πιο συνηθισμένα από τις εκατοντάδες είδη που υπάρχουν. Ίδια θα φανούν στον αμύητο επισκέπτη και τα αρκετά σπάνια αιωνόβια πανύψηλα δέντρα με τους κορμούς να καταλήγουν σε πελώρια πτερύγια, οι λιάνες, τα επίφυτα, οι δενδρώδεις φτέρες ή τα μεμονωμένα φοινικόδεντρα που διακόπτουν την μονοτονία του πράσινου τείχους. Ο ίδιος κλειστός θόλος από τα ανώτερα φυλλώματα των πανύψηλων δέντρων (συγκόμωση), και τα πολλαπλά στρώματα (όροφοι) που σχηματίζει η χαμηλότερη βλάστηση δεν αφήνουν παρά ελάχιστο μόνο φως να φθάσει ως το έδαφος – τόσο λίγο ώστε να μην επιτρέπει να αναπτυχθούν παρά ελάχιστα ποώδη φυτά και παρασιτικά είδη. Πολλά από τα ψηλά δέντρα της ζούγκλας, που ανήκουν σε διαφορετικά είδη, έχουν αναπτύξει στην βάση του κορμού τους τεράστια πτερύγια ή ένα σύστημα εναέριων ριζών που αυξάνουν την σταθερότητά τους σε ένα έδαφος που συχνά πλημμυρίζει.

μάτητη βροχή. Το άλλο είναι ότι στην βλάστηση ενός τροπικού δάσους δεν υπάρχουν κυρίαρχα είδη. Αντίθετα, η ύπαρξη μεγάλων δένδρων στην εύκρατη ζώνη αποτελεί βέβαιη ένδειξη ότι το χώμα στο οποίο φυτρώνουν είναι εύφορο. Επιπλέον, κάθε δάσος κυριαρχείται από ένα είδος: ένα δάσος βελανιδιάς είναι ένα δάσος όπου επικρατούν οι βελανιδιές. Το ίδιο και ένα πευκοδάσος ή ένα δάσος οξιάς. Τα κυρίαρχα δέντρα προσδίδουν στα δάση της εύκρατης ζώνης την χαρακτηριστική τους όψη που είναι αναγνωρίσιμη με την πρώτη ματιά.

Έτσι, ένα υγρό τροπικό δάσος που αποτελείται από εκατοντάδες είδη, κανένα από τα οποία δεν είναι κυρίαρχο, παρουσιάζει την ίδια σχεδόν εικόνα με ένα άλλο τροπικό δάσος, ίσως χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά, που περιλαμβάνει επίσης εκατοντάδες είδη, έστω και αν αυτά ανήκουν σε άλλες ταξινομικές κατηγορίες. Η ομοιότητα των εικόνων οφείλεται ακριβώς στην μεγάλη ποικιλία ειδών, την ύπαρξη της οποίας συγκαλύπτει: ένα φόντο με ψηφίδες, ομοιόμορφα κατανεμημένες, σε όλες τις αποχρώσεις του πράσινου.

Τα δύο παράδοξα έχουν κοινή εξήγηση. Στα εύκρατα κλίματα, η επικράτηση ενός είδους είναι το αποτέλεσμα του ανταγωνισμού ανάμεσα σε είδη που έχουν εξασφαλίσει την τροφή τους από ένα έδαφος λίγο ως πολύ πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά. Στα φτωχά τροπικά εδάφη, όπου η βλάστηση εξαρτάται από την ανακύκλωση

των θρεπτικών συστατικών, η συμπληρωματικότητα και η συνεργασία είναι σημαντικότερες από τον ανταγωνισμό. Το υγρό τροπικό δάσος συμπεριφέρεται όντως σαν να ήταν ένας ενιαίος αλλά εξαιρετικά διαφοροποιημένος υπερ-οργανισμός.

Τα υγρά τροπικά δάση είχαν όλο τον χρόνο (και τον χώρο) για να φθάσουν σε αυτή την εξαιρετικά σταθερή και πολύπλοκη ώριμη κατάσταση, που έχει παραμείνει αναλλοίωτη σε όλες τις ηπείρους επί εκατομμύρια χρόνια. Τα υγρά τροπικά δάση είναι τα παλαιότερα στην Γη. Την σημερινή τους μορφή την έχουν ήδη αποκτήσει από τα τέλη της Κρητιδικής περιόδου, πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια, όταν έληγε η βασιλεία των δεινοσαύρων στην Γη. Η εξέλιξή τους είχε αρχίσει 100 εκατομμύρια χρόνια πριν, όταν εμφανίστηκαν τα πρώτα ανθοφόρα φυτά (τα αγγειόσπερμα), που περιλαμβάνουν όλα σχεδόν τα γνωστά φυτά εκτός από τα κωνοφόρα (γυμνόσπερμα) και τις φτέρες (σποριοφύτα). Η ταχεία διάδοσή τους σε όλη την επιφάνεια της ξηράς, οφείλεται στα αναπαραγωγικά τους πλεονεκτήματα, αλλά και στο γεγονός ότι τότε όλες οι σημερινές ηπείροι ήταν ενωμένες σε μια ενιαία υπερ-ήπειρο που οι γεωλόγοι ονομάζουν Παγγαία. Η πλειονότητα των φυτικών ειδών στα τροπικά δάση έχουν κοινούς προγόνους και ανήκουν στις λίγες εκείνες οικογένειες που είχαν ήδη διαμορφωθεί την μακρινή εκείνη εποχή.

Όμως παρά την μακροβιότητά και την σταθερότητά τους, τα τροπικά δάση είναι εξαιρετικά ευάλωτα. Μοιάζουν να βρίσκονται σε μια μόνιμη ισορροπία στην κόψη ενός ξυραφιού. Δεν υπάρχει πιο θλιβερό θέαμα στον κόσμο από μια εκχερσωμένη περιοχή τροπικού δάσους που έχει μετατραπεί σε βοσκοτόπια ή γεωργική φυτεία. Εκεί που πριν ζούσαν χιλιάδες είδη φυτών και ζώων, προσπαθούν στη συνέχεια να επιβιώσουν μερικές ισχνές και ταλαιπωρημένες αγελάδες. Η εκχέρωση του τροπικού δάσους, συχνά με την βοήθεια της φωτιάς, με σκοπό την καλλιέργεια ενός είδους (καφέ, κακάο, μπανάνες) διαταράσσει όλους τους κύκλους των θρεπτικών συστατικών. Μετά από λίγες σοδιές, το έδαφος εξαντλείται και οι έποικοι αναγκάζονται να μεταναστεύσουν σε περιοχές που είναι ακόμη παρθένες, όπου η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Στις εγκαταλειμμένες καλλιέργειες, το τροπικό δάσος επανέρχεται, αν αφεθεί ανεπηρέαστο από τον άνθρωπο, ύστερα από μερικές μόνο δεκαετίες, αλλά το νέο δάσος είναι πολύ φτωχότερο σε είδη.

Παράξενες ομοιότητες: η σύγκλιση των ειδών

Σε περιοχές οι οποίες για κάποια γεωλογική αιτία αποσπάστηκαν από μια προϋπάρχουσα κοινή ήπειρο, δεν εκπλήσσει ότι η βλάστηση και η πανίδα παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές. Οι πρώτοι εξερευνητές και ταξιδιώτες άφησαν ενθουσιώδεις περιγραφές για τα παράξενα και άγνωστα είδη που απάντησαν στις νέες ηπείρους που επισκέφθηκαν. Χελώνες τεραστίων διαστάσεων, γιγάντια πουλιά με τεράστια πόδια για να τρέχουν γρήγορα, ζώα που κουβαλούν τα μικρά τους σε μια τσέπη προσαρμοσμένη στο σώμα τους. Όταν το 1799 έφθασε στην Αγγλία η πρώτη περιγραφή ορνιθόρυγχου, ενός υδρόβιου μαρσιποφόρου θηλαστικού της Αυστραλίας, με σώμα φώκιας και ράμφος πάπιας που γεννά αυγά, οι υπεύθυνοι του Βρετανικού Μουσείου, παρά την εξοικείωσή τους με τα κάθε λογής περίεργα ευρήματα που πλούτιζαν τις συλλογές τους τα τελευταία 200 χρόνια εξερευνήσεων, πίστεψαν ότι πρόκειται για χονδροειδή φάρσα. Αναγκάστηκαν όμως σύντομα να παραδεχθούν την ύπαρξη αυτού του

τόσο παράξενου ζώου προερχόμενου από μια ακόμη πιο παράξενη και γεωλογικά απομονωμένη ήπειρο, όπως η Αυστραλία. Εκεί η φύση είχε την δυνατότητα να πειραματίζεται επί 50 εκατομμύρια χρόνια γεωλογικής μοναξιάς.

Αν όμως το παράξενο, που είναι ο κανόνας στις περιοχές της Γης οι οποίες έζησαν επί πολλά εκατομμύρια χρόνια απομονωμένες από τον δικό μας «κεντρικό» κόσμο, μας φαίνεται σήμερα απολύτως προφανές, δεν συμβαίνει το ίδιο με τις εκπληκτικές ομοιότητες που ανακαλύφθηκαν σε είδη μη συγγενικά και χωρίς καμία επαφή μεταξύ τους. Την αιτία την μάθαμε πολύ αργότερα: τα είδη αυτά εξελίχθηκαν μορφολογικά προς την ίδια κατεύθυνση γιατί επιτελούσαν παρεμφερείς λειτουργίες και τα κοινά χαρακτηριστικά που απέκτησαν είναι αυτά που τους επέτρεψαν την καλύτερη δυνατή προσαρμογή σε ένα παρεμφερές περιβάλλον. **Οι μορφολογικές ομοιότητες (σύγκλιση) είναι αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής που έχει δράσει με τον ίδιο τρόπο σε απομονωμένους μεταξύ τους πληθυσμούς επί μεγάλα χρονικά διαστήματα.**

Αλλαγή και σταθερότητα

Η βλάστηση που ανήκει σε μια κλιματική ζώνη παρουσιάζει όπως είδαμε μια σταθερή εικόνα. Όμως, παρά την διατήρηση της γενικής φυσιογνωμίας του τοπίου, η βλάστηση αποτελείται από ζωντανούς οργανισμούς που συνεχώς μεταβάλλονται: γεννιούνται, ενηλικιώνονται, γερνούν και πεθαίνουν. Η φαινομενική σταθερότητα δείχνει ότι υπάρχει μια εσωτερική ισορροπία, που εξουδετερώνει τις συνεχείς μεταβολές του κύκλου της ζωής. Ένα πεύκο που πεθαίνει αντικαθίσταται από ένα νέο πεύκο, κάθε βελανιδιά από μια νέα βελανιδιά, κάθε κουμαριά από μια νέα κουμαριά. Είναι αυτό που αποκαλούμε «δυναμική ισορροπία».

Πώς όμως φθάνει η βλάστηση σ' αυτή την κατάσταση ισορροπίας και φυσιογνωμικής σταθερότητας; Για να κατανοήσουμε τον μηχανισμό αυτό αρκεί να παρατηρήσουμε τι συμβαίνει σε ένα εγκαταλειμμένο χωράφι στη δική μας κλιματική ζώνη. Τον πρώτο χρόνο θα δούμε ότι θα γεμίσει μονοετή ποώδη φυτά που οι καλλιεργητές θεωρούν ζιζάνια και κάνουν τα πάντα για να τα εξοντώσουν (πρόδρομη βλάστηση). Μετά από δύο ως τρία χρόνια το χωράφι θα έχει γεμίσει από χαμηλούς αγκαθωτούς θάμνους, αφάνες και λαδανιές (φρύγανα). Σε μια επόμενη φάση θα κυριαρχήσουν οι σκληρόφυλλοι θάμνοι, όπως οι κουμαριές, τα ρείκια και τα πουρνάρια (μεσογειακή μακία). Μετά από είκοσι χρόνια το χωράφι θα καλυφθεί από πεύκα, που ύστερα από μεγάλο χρονικό διάστημα θα αρχίσουν να ανταγωνίζονται με τις βελανιδιές και τις καστανιές. Με την τελική επικράτηση της βελανιδιάς – που συνήθως συμβαίνει ύστερα από 150 χρόνια – η βλάστηση φθάνει σε ένα ώριμο στάδιο που χαρακτηρίζεται από σταθερότητα επί πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η σταθερότητα αυτή αντανakλάται και στη μορφή του τοπίου.

Το ώριμο δάσος από φυλλοβόλες βελανιδιές είναι όμως η ιδανική περίπτωση. Για να φθάσει η βλάστηση σε αυτό το στάδιο πρέπει να επικρατούν εκτός από τις κατάλληλες κλιματικές και οι κατάλληλες εδαφικές συνθήκες. Συνήθως, τα ώριμα μεσογειακά δάση βελανιδιάς δεν καλύπτουν πλήρως μια περιοχή, αλλά συνυπάρχουν με εκτάσεις που καλύπτονται από μακία και φρύγανα. Αν μάλιστα το έδαφος είναι φτωχό ή οι βροχοπτώσεις ανεπαρκείς, η βλάστηση που επικρατεί μόνιμα είναι ένα μωσαϊκό από μακία και φρύγανα και, σε ακραίες περιπτώσεις, μόνο από αραιά φρύγανα.

Στην ώριμη κατάσταση, η βλάστηση μοιάζει να συμπεριφέρεται ως ένας ενιαίος οργανισμός, προσαρμοσμένος στις κλιματικές συνθήκες και ικανός να διατηρεί την εσωτερική του ισορροπία (να επανέρχεται δηλαδή στην ίδια κατάσταση μετά από περιορισμένης διάρκειας και έντασης διαταραχές). Έτσι, ούτε η βόσκηση ούτε η πυρκαγιά είναι καταστροφικές, αρκεί να μην ξεπεράσουν ένα όριο. Πέρα από το όριο αυτό η βλάστηση υποβαθμίζεται περνώντας από στάδια *αντίστροφης διαδοχής*, π.χ. από το δάσος βελανιδιάς σε φρυγανότοπο. Αν τα αίτια που οδήγησαν στην υποβάθμιση παύσουν να επιδρούν, η βλάστηση δεν επανέρχεται πάντα στην ώριμη κατάσταση αλλά σε μια άλλη κατώτερη κατάσταση, επίσης σταθερής ισορροπίας. Αυτό συμ-

Η θεωρία της φυσικής διαδοχής

Η θεωρία της φυσικής διαδοχής διατυπώθηκε από τον Αμερικανό βοτανικό Φρέντερικ Κλέμενς (Frederic Clemens) στις αρχές του εικοστού αιώνα. Σύμφωνα με αυτήν, η βλάστηση μιας περιοχής συνιστά μια κοινωνία φυτών (φυτοκοινωνία) που εξελίσσεται περνώντας από διαδοχικές φάσεις, κάθε μια από τις οποίες έχει καθορισμένη φυτολογική σύσταση. Μέσα από αυτή την διαδοχή των φάσεων, η βλάστηση τείνει προς μια τελική ή ώριμη κατάσταση που σε κάθε κλιματική ζώνη έχει μια ιδιαίτερη μορφή. Η ώριμη βλάστηση χαρακτηρίζεται από σταθερότητα και ισορροπία. Η ικανότητά της να εξουδετερώνει τις διαταραχές και να επανέρχεται στην κατάσταση ισορροπίας είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι σε οποιαδήποτε άλλη φάση. Στην ώριμη φάση, η βλάστηση αναπτύσσει ένα διαφοροποιημένο πλέγμα τροφικών σχέσεων και της επιτρέπει να εκμεταλλεύεται πληρότερα την ενέργεια και τις θρεπτικές ουσίες, ώστε σχεδόν τίποτε να μην πηγαίνει χαμένο. Με άλλα λόγια συμπεριφέρεται σαν ένας ζωντανός οργανισμός. Με τον τρόπο αυτό η θεωρία της φυσικής διαδοχής απέκτησε μια τελεολογική διάσταση: το ώριμο στάδιο είναι η κατάσταση προς την οποία οφείλει να τείνει η βλάστηση σε μια κλιματική περιοχή (Climax). Κάθε παρέκκλιση από την ώριμη κατάσταση θεωρείται από τους οπαδούς της φυσικής διαδοχής ως μη φυσιολογική και η αντιστιχούσα σε αυτήν βλάστηση υποβαθμισμένη. Η θεωρία της φυσικής διαδοχής κυριαρχούσε στις πρώτες δεκαετίες του περασμένου αιώνα. Στη συνέχεια, η ιδέα του υπερ-οργανισμού αμφισβητήθηκε και θεωρήθηκε ότι στην καλύτερη των περιπτώσεων είναι μια επιτυχημένη αλληγορία, που αν ληφθεί κατά γράμμα συσκοτίζει αντί να ερμηνεύει την σύσταση και την λειτουργία μιας βλαστικής ενότητας. Δύο ήταν οι εναλλακτικές θεωρήσεις που αντιπροτάθηκαν. Η μία είναι η έννοια του οικοσυστήματος που την εισήγησε ο Βρετανός βοτανολόγος Arthur Tansley το 1935. Στην θέση της αλληγορίας του υπερ-οργανισμού ο Tansley πρότεινε μια άλλη αναλογία. Μια βιοκοινότητα συμπεριφέρεται σαν ένα μηχανικό σύστημα, ένα «οικο-σύστημα». Η δεύτερη, που προτάθηκε από τον Αμερικανό βοτανολόγο Henry Gleason δεν χρησιμοποιεί βιολογικά ή μηχανικά ανάλογα. Σύμφωνα με τον Gleason, οι φυτοκοινωνίες δεν είναι οργανωμένες οντότητες, αλλά τυχαία σύνολα φυτών που διέπονται από τους νόμους της θεωρίας των πιθανοτήτων και όχι από τους νόμους των συστημάτων: κάθε κανονικότητα στην συμπεριφορά τους είναι επίσης τυχαία.

βαίνει συχνά στα ώριμα Μεσογειακά δάση, όπου παλιά κυριαρχούσαν οι φυλλοβόλες βελανιδιές. Η υπερβόσκηση, η επανειλημμένη καύση, η ξύλευση και η μετατροπή τους σε καλλιέργειες έχουν καταστρέψει μεγάλο μέρος από αυτά. Σήμερα, που οι καλλιέργειες εγκαταλείπονται, η βλάστηση επανέρχεται. Δεν ακολουθεί όμως πάντα τα στάδια διαδοχής που περιγράψαμε και δεν καταλήγει στο ώριμο δάσος βελανιδιάς της Μεσογειακής ζώνης, αλλά σε πευκοδάσος, όπως παρατηρούμε για παράδειγμα στα βουνά και τους λόφους της Αττικής.

Η αισθητική διάσταση του τοπίου

Η έννοια του τοπίου έχει, όπως όλες οι λέξεις, την δική της ιστορία. Όπως συμβαίνει με όλες τις συνθετικές έννοιες με ευρεία χρήση, η σημασία της δεν ήταν πάντα η ίδια. Ετυμολογικά, τοπίο σημαίνει “μικρός τόπος” και, σύμφωνα με το λεξικό των Lindel & Scott, ο όρος πρωτοεμφανίσθηκε στην Ελληνική γλώσσα με αυτή την γεωγραφική σημασία στην ύστερη Βυζαντινή περίοδο. Την αισθητική της διάσταση την απέκτησε στην σύγχρονη εποχή από την σημασιολογική της ταύτιση με τους μεταγενέστερους όρους *landscape*, και *paysage* που διαδόθηκαν με την εμφάνιση της τοπιογραφίας στην Ευρώπη τον 16ο αιώνα. Ο αγγλικός όρος *landscape* προέρχεται από τον ολλανδικό όρο *landschap*, που, όπως και ο γερμανικός *Landschaft* και ο γαλλικός *paysage* δήλωναν και αυτοί αρχικά ένα μέρος του γεωγραφικού χώρου, μιαν ανθρωπο-γεωγραφική ενότητα. Η εμφάνιση του όρου *landscape* στην αγγλική γλώσσα έγινε τον 16ο αιώνα μαζί με την εισαγωγή της μόδας των Ολλανδών ζωγράφων. Τα *landskip*, όπως παρεφθαρμένα ονομάσθηκαν οι αναπαραστάσεις σκηνών της υπαίθρου, έφεραν για πρώτη φορά στην ιστορία της ζωγραφικής τα στοιχεία του αγροτικού χώρου στο πρώτο πλάνο ανάγοντάς τα σε αυτοτελείς αισθητικές – και ηθικές – αξίες. Δεν ήταν ίσως τυχαίο ότι η έννοια του τοπίου αναπτύχθηκε σε μια χώρα όπως η Ολλανδία που κυριολεκτικά αναδύθηκε από τα νερά χάρη στις τεράστιες προσπάθειες των ανθρώπων, την εφευρετικότητα και την τεχνολογία τους.

Ειδυλλιακές βουκολικές αναπαραστάσεις της ζωής της υπαίθρου έχουμε και παλαιότερα. Αποτελούσαν το φόντο των ζωγραφικών πινάκων. Ήταν τα «πάρεργα», όπως τα ονόμαζαν οι Ιταλοί ζωγράφοι, και χρησίμευαν αποκλειστικά ως διακοσμητικό μοτίβο για την ανάδειξη των μυθικών, ηρωικών ή θρησκευτικών σκηνών που αποτελούσαν την κύρια θεματολογία ενός πίνακα. Στην Ολλανδία όμως, η διαμόρφωση και η χρήση του τοπίου από τον άνθρωπο – τους ψαράδες, τους βοσκούς και τους καλλιεργητές – ήταν η ίδια το κατ' εξοχήν θέμα, ο πρωταγωνιστής.

Η απεικόνιση του τοπίου από τους ζωγράφους συνέτεινε ώστε η έννοια του *landskip* να αποσυνδεθεί ως έναν βαθμό από την γεωγραφία για να αποκτήσει αυτοτελή αισθητική και ηθική διάσταση: Το τοπίο, με την έννοια που δίνουμε σήμερα στον όρο, προέκυψε ως αισθητική αναπαράσταση των τόπων της υπαίθρου και φορτίστηκε με το ηθικό/συναισθηματικό βάρος της γνησιότητας και της αυθεντικότητας, σε αντιδιαστολή με την παρακμή των πόλεων, της αριστοκρατίας και της Αυλής. Με άλλα λόγια, ο πίνακας που αναπαριστά ένα τοπίο, π.χ. μια βουκολική σκηνή, μεταδίδει ταυτόχρονα μια ηθική αξία: την εικόνα ενός κόσμου όπως θα έπρεπε να είναι με βάση με μια κατασκευασμένη «φυσική» τάξη των πραγμάτων.

Από την άλλη πλευρά, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι πίνακες με αναπαραστά-

σεις τοπίων ήταν εμπόρευμα, όπως όλα τα άλλα. Οι αγοραστές των πινάκων ανήκαν ωστόσο κυρίως στην ανερχόμενη αστική τάξη της Αγγλίας που την ίδια εποχή καταργούσε την παραδοσιακή κοινοκτημοσύνη της γης και την μετέτρεπε σε περιχαρακωμένες εμπορεύσιμες ιδιοκτησίες. Χαρακτηριστικό είναι ότι μαζί με τις Ολλανδικές τοπιογραφίες η αστική τάξη της Αγγλίας εισήγαγε από την Ολλανδία και τοπογράφους για την ακριβή μέτρηση και οριοθέτηση των νέων ιδιοκτησιών που είχαν αρχίσει να δημιουργούνται με τον κατακερματισμό και την περιφράξη της κοινοτικής γης (των «commons») που η τάξη αυτή είχε μόλις καταπατήσει (μια διαδικασία που στην ιστοριογραφία πέρασε ως *enclosure*). Η ύπαιθρος μετατρέπεται η ίδια σε *landskip*, που αγοράζοταν και πουλιόταν όπως οι πίνακες που την απεικόνιζαν. Όμως, η αναπαράστασή της στους πίνακες των τοπιογράφων συντηρούσε την ψευδαίσθηση των ηθικών αξιών που συνδέονταν με την αρχική της εικόνα.

Η μνήμη της ιστορίας

Τοπίο, σύμφωνα με τον Χούμπολντ (το μεγάλο Γερμανό φυσιογνώστη, γεωγράφο και γεωβοτανολόγο του 19ου αιώνα που προαναφέραμε) είναι ο «ολικός χαρακτηρισμός μιας περιοχής της Γης». Είναι ασφαλώς η πρώτη εντύπωση, η πρώτη εικόνα ενός τόπου που σχηματίζει ένας παρατηρητής με βάση τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις του. Είναι όμως ταυτόχρονα η κρυμμένη εικόνα που αποκρυπτογραφούμε μετά την ανάλυση των ψηφίδων που την αποτελούν. Η εικόνα του τοπίου έχει μια τριπλή λειτουργία: «συνθέτει» «συγκαλύπτει» και «αναδεικνύει» τις φυσικές και πολιτιστικές δυνάμεις που έδρασαν και δρουν σε έναν τόπο.

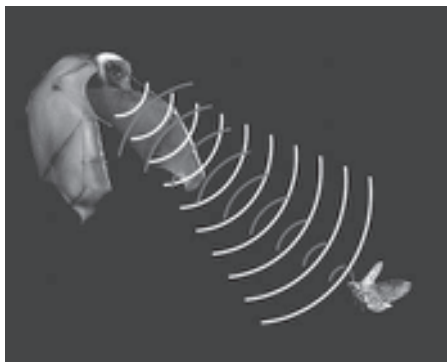
Κατ' αρχή, ας εξετάσουμε την σύνθεση. Ένα Μεσογειακό, ένα τροπικό ή ένα βόρειο τοπίο είναι αμέσως αναγνωρίσιμο. Γεωλογία, κλίμα, βλάστηση, καλλιέργειες, αρχιτεκτονική, φως και φωτισκιάσεις, είναι τα χαρακτηριστικά που προσδίδουν στην συνολική εικόνα αυτό που την καθιστά αναγνωρίσιμη στον χώρο και τον χρόνο. Η πρόσληψη της εικόνας από τον παρατηρητή γίνεται με την σχεδόν αυτόματη διαδικασία που στην ψυχολογία ονομάζεται *pattern recognition* (αναγνώριση διατεταγμένων συνόλων).

Η σύνθεση και η αναγνώριση της εικόνας ενός τόπου ως ενότητας στον χώρο και τον χρόνο γίνεται συνεπώς αποκλειστικά από το υποκείμενο (παρατηρητής) και δεν συνιστά ιδιότητα των επί μέρους συστατικών (μορφών) που την αποτελούν. Ακόμη και η λεπτομερέστερη ανάλυση αυτών συστατικών δεν θα προσέφερε την συνθετική εικόνα – **το όλον είναι κάτι περισσότερο από τα μέρη που το αποτελούν**. Με άλλα λόγια, δεν είναι η συνάθροιση επιμέρους πληροφοριών που συνάγονται από την γεωμορφολογική, την βιολογική, την υδρολογική, την οικονομική κτλ. ανάλυση των φυσικών και των ανθρωπογενών χαρακτηριστικών ενός τόπου, αλλά οι μεταξύ τους σχέσεις που διαμορφώνουν την συνολική του εικόνα.

Η κατανόηση του «ολικού χαρακτήρα» του τοπίου προϋποθέτει ότι η αναλυτική ακρίβεια πρέπει, στην περίπτωση αυτή, να υποχωρήσει και να δώσει την θέση της στον εντοπισμό αθέατων δυναμικών σχέσεων και αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των μορφολογικών χαρακτηριστικών του τόπου. Όμως ας θυμηθούμε, ότι εκ πρώτης όψεως, τοπίο είναι η στιγμιαία εικόνα ενός τόπου – ένα φωτογραφικό ενσταντάνέ. Η φύση στην εικόνα είναι νεκρή φύση, αναλλοίωτη και αιώνια. Το ίδιο και τα έργα των αν-

Πως βλέπουν τα ζώα τον κόσμο

Ο περιβάλλον χώρος (τοπίο) δεν σχηματίζει κατ' ανάγκη στα διάφορα ζώα ταυτόσημες εικόνες με αυτές του ανθρώπου, ακόμη και αν τα ζώα αυτά είναι πολύ συγγενικά με τον άνθρωπο! Είναι ευρύτερα γνωστό (στους ερευνητές που ασχολούνται με τις βιολογικές επιστήμες) πως οι εικόνες που σχηματίζονται στα νευρικά κέντρα των ζώων, είναι ανάλογες σε πολυπλοκότητα με τον βαθμό οργάνωσης των ιστών τους και ανταποκρίνονται συνήθως στις ειδικές διατροφικές (ή άλλες) ανάγκες τους. Έτσι, στα μεγάλα σαρκοφάγα θηλαστικά με πολύπλοκη σωματική οργάνωση (πχ. λύκοι, λιοντάρια, κ.λπ.) εφόσον τα χρώματα δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανεύρεση θηραμάτων, δεν υπάρχει έγχρωμη όραση ή είναι εξαιρετικά φτωχή σε χρώματα! Το οπτικό τους πεδίο διαφέρει επίσης κατά πολύ από αυτό των θηραμάτων τους (στενότερο σε εύρος, μυωπικό, ενώ διαθέτουν εξαιρετική ευαισθησία στην αντίληψη της κίνησης). Ορισμένα ζώα (πχ. νυχτερίδες) σχηματίζουν «ακουστικές εικόνες». Εκπέμποντας ήχους (ελάχιστα ακουστούς και κυρίως υπέρηχους) και επαναπροσλαμβάνοντάς τους, δημιουργούν μια ακουστική αντίληψη του χώρου όπως ένα σύγχρονο σύστημα sonnar. Έτσι κινηθούν και κατευθύνονται στο απόλυτο σκοτάδι. Ασπόνδυλα με χαμηλή σωματική οργάνωση (διάφοροι μονοκύτταροι οργανισμοί, «σκουλήκια», σαλιγκάρια, κ.λπ.) διαθέτουν οπτικά αισθητήρια που ανιχνεύουν μόνο διαφορές σκοτεινών και φωτεινών ζωνών με αποτέλεσμα το οπτικό τους ερέθισμα (και η «αντίληψη» του περιβάλλοντος χώρου) να περιορίζεται σε έναν «κόσμο σκιών» που είτε μένουν ακίνητες ή κινούνται και αλλάζουν διαρκώς. Για την ανεύρεση τροφής ή την αποφυγή εχθρών πρέπει να βασιστούν σε άλλα, χημικά ερεθίσματα ή στην αντίληψη των απότομων αλλαγών στις σκιές γύρω τους! Πολυπλοκότερα ασπόνδυλα (πολλά έντομα, χταπόδια, κ.λπ.) μπορούν να εισπράτουν «εικόνες», σε διαφορετική όμως βάση απ' αυτές που φανταζόμαστε! Τα έντομα που τρέφονται πχ. σε λουλούδια, σχηματίζουν μυωπικές εικόνες με χρώματα που προέρχονται από υπεριώδη μήκη κύματος φωτός και κατά συνέπεια βλέπουν τα άνθη με διαφορετικά χρώματα και κλίμακα αντιθέσεων απ' ότι εμείς.



Οι νυχτερίδες χρησιμοποιούν τον ηχοεντοπισμό για να ανιχνεύσουν το θήραμά τους. Όταν πετούν, παράγουν μια συνεχή δέσμη κατευθυνόμενων ήχων που μόνο αυτές μπορούν να ακούσουν. Όταν οι ήχοι αυτοί συναντήσουν ένα έντομο ή ένα άλλο αντικείμενο, επιστρέφουν στις νυχτερίδες και τις οδηγούν στην πηγή της δευτερογενούς αυτής εκπομπής. Νεότερες έρευνες όμως έδειξαν ότι μπορούν επίσης να δουν και με το πολωμένο φως.

Πηγή: Σάκης Μυλωνάς, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης

θρώπων που επηρέασαν και επηρεάζουν την μορφή και την ιδιαιτερότητα ενός τοπίου. Το τοπίο, ως στιγμιότυπο, συγκαλύπτει τα γενεσιουργά του αίτια καθώς και αυτά που καθορίζουν την μελλοντική δυναμική του εξέλιξη. Οι βίαιες δυνάμεις που το δημιούργησαν εξακολουθούν, ωστόσο, να δρουν αθέατες, με τους αργούς ρυθμούς των ανέμων φυσικών και ιστορικών μετασχηματισμών. Η αίσθηση της ηρεμίας και της γαλήνης που αποπνέει ένα τοπίο δεν είναι παρά ευδαιμονική ψευδαίσθηση. Ποιός αναλογίζεται, όταν απενίζει ένα κυκλαδικό τοπίο τις χθόνιες δυνάμεις που διαμόρφωσαν τα νησιά του Αιγαίου, τον αδυσώπητο ήλιο, το νερό (ή την έλλειψη νερού) και τον άνεμο που μεταμόρφωσαν το ανάγλυφό τους, την μάχη και τον μόχθο ατέρμονων γενεών που τα καλλιέργησαν κτίζοντας με την υπομονή του μέρμηκα τις ατελείωτες πεζούλες που σήμερα καταρρέουν, αργά αλλά σταθερά, μετά τις σύγχρονες δημογραφικές και οικονομικές ανακατάξεις που τίναν στον αέρα την βάση της νησιώτικης γεωργικής οικονομίας;

Το τοπίο, σε μια δεύτερη ανάγνωση είναι, συνεπώς, μια στρωματογραφημένη συσσώρευση απολιθωμένων μαρτυριών παλαιότερων καταστροφών και ανακατατάξεων που αποκαλύπτουν την μορφογενετική δράση των γεωλογικών, κλιματικών, βιολογικών, οικονομικών δυνάμεων που έδρασαν και δρουν σε έναν τόπο. Η αναγνώρισή τους ανασυγκροτεί συνεπώς την φυσική, πολιτιστική και οικονομική ιστορία του τόπου που η εικόνα του τοπίου «συνοψίζει» και διατηρεί ως μνήμη. Η ιστορία ενός τόπου, υπό αυτή την οπτική, είναι μια συνεχής αλληλουχία από στιγμιότυπα που διακόπτεται από παρεμβαλλόμενες καταστροφικές ανακατατάξεις.

Μεταμορφώσεις και σταθερότητα

Ας αλλάξουμε όμως οπτική και ας εξετάσουμε τους μηχανισμούς που καθορίζουν την σταθερότητα ή τους ρυθμούς με τους οποίους μεταβάλλεται ένα τοπίο. Σύμφωνα με έναν ορισμό, τοπίο είναι ένα στιγμιότυπο στην εξέλιξη ενός ανοικτού συστήματος που περιλαμβάνει το σύνολο των βιοτικών, αβιοτικών και ανθρώπινων στοιχείων ενός τόπου καθώς και τις μεταξύ τους σχέσεις. Ο ορισμός αυτός είναι αναδιατύπωση μιας φράσης του Χούμπολντ στην γλώσσα της θεωρίας των συστημάτων. Με άλλα λόγια, το τοπίο, ως ο ολικός χαρακτήρας ενός τόπου, ταυτίζεται με το οργανωμένο «συγκρότημα» που ονομάζεται οικοσύστημα και που απαρτίζεται από το σύνολο των βιοτικών στοιχείων (συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου) που ζουν, αναπαράγονται και δρουν στον τόπο αυτόν και που συνδέονται με ροές ύλης και ενέργειας, τόσο μεταξύ τους όσο και με το αβιοτικό περιβάλλον.

Κάθε οικοσύστημα είναι ένα «μορφολογικό» σύστημα, δηλαδή ένα σύστημα που έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται στις μεταβολές του περιβάλλοντος μεταβάλλοντας τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του. Κατά συνέπεια, ένα τοπίο διατηρεί την μορφή του μόνον εφόσον διατηρείται αναλλοίωτο το οικοσύστημά που βρίσκεται στην βάση του, δηλ. εφόσον παραμένουν σταθερές ορισμένες παράμετροι, όπως είναι οι εισροές ύλης, ενέργειας και οι πληροφορίες. Οι εισροές αυτές, δίνουν στο ανοικτό οικοσύστημα την δυνατότητα να «επιδιορθώνει» τις βλάβες που υφίσταται, να αναπληρώνει τα καύσιμα που καταναλώνονται, να αποκαθιστά την οργανωτική του δομή όταν αυτή διαταράσσεται. Η μορφή ενός οικοσυστήματος παραμένει αναλλοίωτη ή μεταβάλλεται με αργούς ανεπαίσθητους ρυθμούς όταν αυτό παραμένει σε «στα-

θερή κατάσταση» ή «σχεδόν σταθερή κατάσταση», δηλ. όταν μεταβάλλεται περνώντας κατά τρόπο συνεχή και χωρίς άλματα από μια σταθερή κατάσταση σε μια άλλη.

Αλλαγές στις εισροές (π.χ. αύξηση των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων) επιφέρουν, ύστερα από ένα χρονικό διάστημα, μεταβολές στην μορφή ενός τοπίου γιατί διαφοροποιούν το οικοσύστημα που αποτελεί την βάση του. Οι μεταβολές αυτές είναι άλλοτε περιορισμένες και άλλοτε αποκτούν χαρακτηριστικά αιφνίδιων καταστροφών. Η προσθήκη λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, για να μείνουμε στο παράδειγμα, καθορίζει την μορφή ενός σύγχρονου αγροτικού τοπίου, στον βαθμό που ευνοεί τα καλλιεργούμενα φυτά έναντι της άγριας χλωρίδας που εξαφανίζεται ή περιορίζεται στις άκρες των χωραφιών. Αποτέλεσμα είναι η αιφνίδια αλλαγή της μορφής του τοπίου. Αντίστοιχα, αλλαγές στην μορφή ή στη δομή του τοπίου (π.χ. διάνοιξη δρόμων) επιφέρουν αλλαγές στο οικοσύστημα που βρίσκεται στην βάση του. Το ενιαίο οικοσύστημα κατακερματίζεται, ενδιαιτήματα καταστρέφονται, είδη εξαφανίζονται, η βιοποικιλότητα μειώνεται και το οικοσύστημα «απλοποιείται».

Η αλλοίωση της εικόνας

Μολονότι ο ορισμός του τοπίου από τον Χούμπολντ ασκεί μια αναμφισβήτητη γοητεία, στην πράξη όταν παρατηρούμε ένα τοπίο, αυτό που αντιλαμβανόμαστε δεν είναι ο «ολικός του χαρακτήρας». Όπως και όταν παρατηρούμε τον πίνακα ενός τοπιογράφου, αυτό που βλέπουμε είναι η εικόνα που ανταποκρίνεται στις προϋπάρχουσες αισθητικές και ηθικές του αξίες καθώς και στις αντιλήψεις και τις γνώσεις του σχετικά με το φυσικό περιβάλλον. Η εικόνα αυτή συνθέτει (την κατά κύριο λόγο κοινωνικά προσδιοριζόμενη) υποκειμενική μας αντίληψη για αυτό που ονομάζουμε «ολικό χαρακτήρα» που συνιστά και το όριο της ικανότητάς μας να «ερμηνεύσουμε» ένα τοπίο.

Με τον ίδιο τρόπο, αυτό που ονομάζουμε συχνά υποβάθμιση, δεν είναι αναγκαστικά μια κατάσταση του τοπίου, και μάλιστα υποδεέστερη, αλλά ένας προσδιορισμός με έντονα υποκειμενικά στοιχεία. Άλλωστε, τα περιβαλλοντικά προβλήματα εμφανίζονται στο προσκήνιο μόνο στον βαθμό που γίνονται αντιληπτά και αξιολογούνται ως τέτοια, από την κοινωνία. Υποβάθμιση, υπό την έννοια αυτή, συμβαίνει όταν φυσικές, βιολογικές και αισθητικές αλλοιώσεις που επέρχονται σε ένα τοπίο το καθιστούν χειρότερο απ' ό,τι θα μπορούσε να είναι, με γνώμονα ένα αποδεκτό αξιολογικό πρότυπο.

Όμως υπάρχουν και μερικοί αντικειμενικοί δείκτες. Για παράδειγμα η καταστροφή των φυσικών φρακτών που χωρίζαν παλιά τις καλλιέργειες, έγινε με σκοπό την ενοποίηση των εκμεταλλεύσεων ώστε να γίνουν οικονομικά αποδοτικότερες. Αυτό δεν επέφερε μόνο μια αισθητική αλλοίωση στο τοπίο (που είναι άλλωστε υποκειμενική) αλλά μείωσε σε σημαντικό βαθμό την ποικιλότητα. Το τοπίο έγινε φτωχότερο και απλούστερο. Υποβάθμιση προκαλείται και από την επιτάχυνση (ή την επιβράδυνση) ορισμένων διαδικασιών σε βαθμό που να μην εναρμονίζονται πλέον οι ρυθμοί τους με τους ρυθμούς των υπολοίπων μεταβλητών του συστήματος. Ας πάρουμε το παράδειγμα του νησιωτικού τοπίου. Η συμπεριφορά των παραγόντων που επηρέασαν την εξέλιξη του είχε αναπτυχθεί μέσα από μια μακροχρόνια συμβιωτική σχέση προσαρμογής, υπό την διπλή έννοια του όρου: Προσαρμογής των δομών και των ρυθμών της κοινωνίας στις τοπικές φυσικές συνθήκες και ρυθμούς και αντίστροφα προσαρ-

μογή του φυσικού περιβάλλοντος, ύστερα από μακροχρόνιες ανθρώπινες επεμβάσεις, στις δομές και τους ρυθμούς της τοπικής αγροτικής (κατά βάση) κοινωνίας. Με την εισβολή του τουρισμού, οι συμβιωτικές σχέσεις κατέρρευσαν. Τα νησιωτικά πρότυπα εξωθήθηκαν προς αστικού τύπου δομές: μαζική εισαγωγή προϊόντων και γρήγορο φαγητό. Η τοπική παραγωγή, ανίκανη να παρακολουθήσει τους ρυθμούς και τις αιχμές των τουριστικών περιόδων, περιθωριοποιήθηκε. Παράλληλα, ο «απεγκλωβισμός» των κλειστών κοινωνιών π.χ. με την κατασκευή δρόμων που συνδέουν τα αστικοποιημένα κέντρα με κάθε σημείο του νησιού, επιβάλλει νέες πραγματικότητες. Η επιτάχυνση της επικοινωνίας (εκμηδένιση του χρόνου = εκμηδένιση των αποστάσεων = εκμηδένιση του χώρου) έφερε την κοινωνική διαφοροποίηση. Ορισμένοι άρχισαν να ξέρουν καλύτερα από άλλους πως πρέπει να γίνονται τα πράγματα, ώστε το οικονομικό αποτέλεσμα να ανταποκρίνεται στις νέες οικονομικές αξίες που εισέβαλαν στην αγροτική κοινωνία από τις πόλεις μαζί με τα προϊόντα του τεχνολογικού πολιτισμού. Η κοινωνία διασπάστηκε σε ένα «καθυστερημένο» παραδοσιακό κομμάτι και σε ένα σύγχρονο, συνδεδεμένο με τα νέα οικονομικά κέντρα και τις νέες αγορές.

Η ανάπτυξη του τουρισμού και η διάδοση της παραθεριστικής κατοικίας προσέθεσαν τους δικούς τους ρυθμούς και τις δικές τους διαφοροποιήσεις στην ήδη διχασμένη κοινωνία της υπαίθρου. Αλλοιώσεις του τοπίου, όπως π.χ. η ανάπτυξη αντισθητικών οικισμών κατά μήκος των δρόμων, δεν είναι αποτέλεσμα ελεύθερων ατομικών επιλογών, αλλά έχουν την ρίζα τους στην κατάρρευση των παραδοσιακών δομών που επέφερε η αλλαγή της κλίμακας και ο εξαναγκασμός σε ταχύτερους ρυθμούς. Το αυτοκίνητο πήρε εύκολα την θέση των υποζυγίων. Αυτό οδήγησε όμως στην κατάρρευση ενός μέχρι τότε αποτελεσματικού δικτύου επικοινωνιών. Χωρίς μουλάρια και μουλαρόδρομους, όσοι δεν διέθεταν αυτοκίνητο ή κατοικούσαν μακριά από δρόμους ανακάλυψαν ότι ήταν τραγικά αποκλεισμένοι. Η μετεγκατάσταση κατά μήκος του δρόμου έγινε επιτακτική ανάγκη.

Το ίδιο έγινε και με την διάδοση των εκτεταμένων μονοκαλλιιεργειών υδροβό-

Η επίτευξις της ηδονής

«Η εντύπωσις που δίνει το μέρος τούτο του τοπίου, είναι εντύπωσις κατευνασμού – ενός κατευνασμού, που διεδέχθη μίαν άκρως ταραχώδη περίοδον, ή μίαν οργιώδη και ενεργητικήν καταιγίδα, της οποίας τα βασικά, τα ζωτικότερα στοιχεία, δεν διελύθησαν, μα εξακολουθούν να υπάρχουν, εις τρόπον ώστε, να καθίσταται η γαλήνη μια σφριγηλή και δονουμένη αιθρία, καθώς ανάπαντα εραστών ευρισκομένων μεταξύ δύο συμπράξεων, σε στιγμάς που συναντάται εις μεταίχμιον ευτυχίας, η ικανοποίησις ενός προγενεστέρου πόθου, με την παρασκευήν και την ωρίμανσιν μιας επερχομένης ή επί θύραις ευρισκομένης διεγερσεως, προς επανάληψιν της συμπράξεως και επίτευξιν ηδονής. Η αιθρία εις την οποίαν εμβαπτίζεται ολόκληρο το τοπίον, συμπίπτει εντελώς με την αιθρίαν της παρομοιώσεως, είναι δε τόσο διαυγής, που αντηχεί σαν ήχος καθαρής καμπάνας, και δύο – τρια νέφη ελαφρότατα, που πλέχουν στο γαλανόν στερέωμα, λες κι αυξάνουν το απύθμενόν της βάθος»

Ανδρέας Εμπειρίκος, «Γραπτά ή προσωπική Μυθολογία»

ρων βιομηχανικών φυτών που αντικατέστησαν τις παραδοσιακές μεικτές ξηρικές καλλιέργειες. Οι ρυθμοί της αγοράς επιβάλλουν σήμερα τους ρυθμούς με τους οποίους αντλείται το νερό. Περισσότερο νερό ανά μονάδα χρόνου σημαίνει μεγαλύτερη παραγωγή και περισσότερα έσοδα, αδιάφορο αν η άντλησή του από μη ανανεώσιμα υπόγεια αποθέματα απειλεί με ερημοποίηση, στο άμεσο μέλλον, μεγάλες αγροτικές περιοχές. Η επιστροφή στις ξηρικές καλλιέργειες δεν είναι πλέον δυνατή για τους ίδιους λόγους για τους οποίους δεν είναι δυνατή η επιστροφή στα μουλάρια: Το παραδοσιακό τμήμα της αγροτικής κοινωνίας που είχε μάθει να ζει σε σχετική αντάρχεια από τα δικά του προϊόντα χωρίς την παρεμβολή της αγοράς έχει καταρρεύσει ή έχει περιθωριοποιηθεί.

Μεταξύ βουνών και θάλασσας

Η Μεσόγειος είναι μια ιδιαίτερη περιοχή της Γης. Κλιματικά, γεωλογικά και γεωμορφολογικά μοναδική. Μια σχεδόν κλειστή θάλασσα με δαντελωτά ακρογιάλια και εκατοντάδες μικρά και μεγάλα νησιά που διακόπτεται από προβολές της ξηράς με ψηλά βουνά και μικρές εύφορες κοιλάδες στον βορρά, μια στενή εύθραυστη εύφορη παραλιακή ζώνη στον νότο. Στο βόρειο μέρος της περιορίζεται από τις μεγάλες οροσειρές των Πυρηνάων, των Άλπεων και του Αίμου, ενώ στο Νότο περιβάλλεται από την μεγαλύτερη έρημο της Γης που εκτείνεται από τον Ατλαντικό ως τα υψίπεδα της Κεντρικής Ασίας.

Τέσσερις μεγάλες χερσόνησοι, που στην ραχοκοκαλιά τους σχηματίζουν ψηλές οροσειρές, διακόπτουν την συνέχεια της υδάτινης επιφάνειας, χωρίζοντάς την σε επιμέρους σχεδόν κλειστές θάλασσες: η Μικρασιατική χερσόνησος, η χερσόνησος του Αίμου, η Ιταλική χερσόνησος και η Ιβηρική. Όμως, παρά τον κατακερματισμό της και το έντονο γεωγραφικό ανάγλυφο η Μεσόγειος αποτελεί μια φυσική και κλιματική ενότητα. Η μορφή του Μεσογειακού τοπίου, ή καλύτερα οι αναρίθμητες μορφές του είναι αποτέλεσμα του κλίματος, της γεωλογικής ιστορίας, αλλά και της αδιάκοπης ανθρώπινης παρουσίας και δραστηριότητας. Η γεωλογία, το κλίμα, η βλάστηση και οι άνθρωποι δεν αποτελούν απλώς το σκηνικό αλλά είναι πρωταγωνιστές στην διαμόρφωση του Μεσογειακού τοπίου μέσα από ένα ανεξίχνιαστο κουβάρι αλληλεπιδράσεων.

Στο Μεσογειακό τοπίο δεν έχει θέση η πραγματικά άγρια φύση. Ακόμη και στα πιο ψηλά βουνά και στις πιο δυσπρόσιτες περιοχές είναι εμφανής η επίδραση του ανθρώπου – αλλού έντονη, αλλού περισσότερο διακριτική. Η ποιμενική κοινωνία, με την βόσκηση και την περιοδική καύση των λιβαδιών διαμόρφωσε το ορεινό τοπίο της Μεσογείου, ελεύθερο, ακαλλιέργητο, χωρίς φράκτες και χωρίς εμφανή σημάδια ατομικής ιδιοκτησίας. Η επόμενη μεγάλη επίδραση στην διαμόρφωση του Μεσογειακού τοπίου συνδέεται με την ανακάλυψη της γεωργίας και την ταχύτατη εξάπλωσή της πριν από περίπου 6000 χρόνια παντού γύρω από την Μεσόγειο. Η νεολιθική επανάσταση, όπως ονομάστηκε το πέρασμα από την ποιμενική στην αγροτική κοινωνία, έφερε την καλλιέργεια των αγρών. Οι ελιές και τα αμπέλια εξημερώθηκαν και κάλυψαν τις πλαγιές των λόφων, και στα πιο άγονα και άνυδρα ημιορεινά εδάφη, εξαπλώθηκαν οι ξηρικές καλλιέργειες, το στάρι και το κριθάρι.

Οι μεγάλοι πολιτισμοί της Μεσογείου – Αιγύπτιοι, Φοίνικες, Ετρούσκοι, Έλληνες, Εβραίοι, Αλεξανδρινοί, Ρωμαίοι, Χριστιανοί, Άραβες, Βυζαντινοί, Νορμανδοί, Βενετιάνοι, Οθωμανοί – ήλθαν και διαδέχθηκαν ο ένας τον άλλο διαμορφώνοντας

τον χαρακτήρα και τις αντιλήψεις των σημερινών της κατοίκων. Η βάση όμως της αγροτικής και της ποιμενικής οικονομίας, παρέμεινε σε γενικές γραμμές αναλλοίωτη. Ίσως αλλού να προωθήθηκαν για μια περίοδο οι σταθερές καλλιέργειες και τα περλίτεχνα αρδευτικά συστήματα, αλλού η ποιμενική κτηνοτροφία είχε κάποτε τα πρωτεία. Όμως οι ίδιες τεχνικές εξακολούθησαν να εφαρμόζονται στις καλλιέργειες και τα ίδια προϊόντα συνέχισαν να ανταλλάσσονται από λιμάνι σε λιμάνι.

Το καλλιεργημένο τοπίο έγινε η κυρίαρχη μορφή τοπίου στην Μεσόγειο. Ανοικτοί ορίζοντες, ομαλοί λόφοι με ατέλειωτες ξερολιθιές, που συγκρατούν το χώμα και προστατεύουν τα αμπέλια και τους ελαιώνες, λιθόστρωτα που συνδέουν τα χωριά, στενές εύφορες κοιλάδες με οπωροφόρα προστατευμένες από τους δυνατούς ανέμους με σειρές κυπαρίσσια, μικροί λαχανόκηποι γύρω από τα χωριά, χοντροκομμένοι, αλλά πρόσχαροι και καλοσυνάτοι άνθρωποι, είναι τα στοιχεία που συνθέτουν μια γνώριμη εικόνα που αποπνέει γαλήνη και σταθερότητα.

Η εικόνα όμως αυτή δεν είναι παρά ένα στιγμιότυπο στην κλίμακα των γεωλογικών αιώνων, των κλιματικών αλλαγών, των βιολογικών και εξελικτικών διεργασιών. Πόσο απατηλή είναι η αίσθηση της ακινησίας, το καταλαβαίνουμε αν αναλογισθούμε τις φοβερές δυνάμεις που ανύψωσαν τις οροσειρές και διαμέλισαν το ανάγλυφο της Μεσογείου, την ρομή του νερού που έσκαψε τα βαθιά φαράγγια και στρογγύλεψε τις πλαγιές των βουνών, την προσπάθεια της προσαρμογής των φυτών και των ζώων στην ξηρασία και την ζέση του Μεσογειακού καλοκαιριού, τις αδιάκοπες μάχες που έδωσαν και εξακολουθούν να δίνουν οι άνθρωποι με την φύση – αλλά και μεταξύ τους – καθώς και τα χίλια και ένα τεχνάσματα που επινόησαν για να επιβιώσουν στην στενή αυτή λωρίδα γης.

Το Μεσογειακό τοπίο δεν ήταν ποτέ σταθερό. Η κινητήρια δύναμη των κοινωνικών αλλαγών, που σε κάθε εποχή καθόριζαν την ανθρώπινη παρέμβαση στην φύση, βρισκόταν συνήθως έξω από την, σε μεγάλο βαθμό, στατική αγροτική και ποιμενική κοινωνία. Η εκλεπτυσμένη ζωή, ο πολιτισμός και το εμπόριο είχαν ως κέντρο την πόλη, που σε όλη την διάρκεια της ιστορίας ασκούσε την δύναμη και την εξουσία της στην πρωτόγονη ύπαιθρο και την προσάρμοζε στις δικές της ανάγκες. Από εκεί αντλούσε τα είδη διατροφής, τους εργάτες, τους ναύτες και τους στρατιώτες, καθώς και το υπηρετικό προσωπικό. Από εκεί έπαιρνε την ξυλεία για την ναυπήγηση των εμπορικών και των πολεμικών πλοίων που διέσχιζαν από άκρο σε άκρο την κλειστή θάλασσα μεταφέροντας εμπορεύματα ή κατακτητές.

Όλοι οι δρόμοι γύρω από την Μεσόγειο οδηγούσαν κάποτε στην Ρώμη, μετά στη Κωνσταντινούπολη, αργότερα στην Βενετία, την Φλωρεντία, την Γένοβα, το Μιλάνο, την Μασσαλία, την Βαρκελώνη. Ένα πυκνό δίκτυο μεταφορών στην ξηρά ένωσε την μια πόλη με την άλλη και διακλαδιζόταν ως το παραμικρό ορεινό χωριό. Λιθόστρωτα μονοπάτια ακολουθούσαν τις κοιλάδες και τα περάσματα και ένωναν την πιο ξεχασμένη άκρη της Βαλκανικής, της Ιταλικής ή της Ιβηρικής Χερσονήσου με τα εμπορικά κέντρα. Από λιμάνι σε λιμάνι τα πλοία μετέφεραν τα εμπορεύματα από όλες τις γωνιές της Μεσογείου. Μολονότι οι πόλεις επέβαλλαν την εξουσία τους, έπρεπε εν τούτοις να σέβονται τους ρυθμούς και τους κυκλικούς χρόνους της υπαίθρου. «Θέρος, τρύγος, πόλεμος» ήταν η συμπύκνωση των αμοιβαίων σχέσεων. Ακόμη και οι στρατηγοί δεν τολμούσαν να σύρουν σε πόλεμο τα παιδιά των αγροτών, πριν τελειώσουν οι εργασίες του θερισμού και του τρύγου.

Σήμερα οι πόλεις ακολουθούν τους δικούς τους επιταχυνόμενους ρυθμούς και

έχουν ενταχθεί σε άλλα παγκόσμια δίκτυα συναλλαγών. Οι απομακρυσμένες ορεινές κοινότητες δυσκολεύονται να προσαρμοσθούν στους ρυθμούς που τους επιβάλλουν οι σύγχρονες πόλεις και καταρρέουν. Μαζί τους καταρρέει και χάνεται ο τρόπος ζωής και οι δραστηριότητες των ανθρώπων που επί αιώνες διαμόρφωναν συντηρούσαν στην ύπαιθρο, άλλο τόσο έντονη και εμφανής είναι η πρόσφατη φυγή και η απουσία του. Η μετανάστευση στις πόλεις, η εγκατάλειψη των καλλιεργειών και της κτηνοτροφίας, έχουν αφήσει τα χωριά και την γη να «ρημάξουν». Η φύση ανακτά το χαμένο έδαφος και αποικίζει ξανά τις περιοχές από τις οποίες ο άνθρωπος έχει αποσυρθεί. Ο κύκλος μοιάζει να κλείνει, αλλά κλείνει άσχημα. Η φύση επανέρχεται, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι επιστρέφει στην κατάσταση που βρισκόταν πριν ο άνθρωπος κυριαρχήσει επάνω της. Η χέρσα φύση πλάι σ' έναν αυτοκινητόδρομο δεν είναι η κυρίαρχη αρχέγονη φύση, αλλά μια φύση περιθωριακή, που την προσπερνούμε με ταχύτητα. Μέσα από το γρήγορο αυτοκίνητο, ο οπτικός κώνος στενεύει. Τα όριά του καθορίζονται από τις πινακίδες της τροχαίας και τις γιγαντοαφίσες των διαφημίσεων δεξιά και αριστερά του δρόμου. Το μόνο που βλέπουμε καθαρά είναι η μαύρη ασφάλτος με τις λευκές διαγραμμίσεις που μας καθοδηγούν. Όσο η ταχύτητά μας μεγαλώνει τόσο το τοπίο μοιάζει να διαλύεται. Δεξιά και αριστερά τα αντικείμενα γίνονται ασαφή και εξαφανίζονται πριν το μάτι μας προσαρμοστεί στο περίγραμμά τους.

Η εικόνα του τοπίου απλουστεύεται ανησυχητικά. Τα στοιχεία που την αποτελούν δεν συνθέτουν πια ένα καλά διατεταγμένο και αναγνωρίσιμο σύνολο. Η διάλυση της εικόνας μέσα από το αυτοκίνητο που τρέχει είναι πραγματική. Μπορεί όμως να χρησιμεύσει και ως μεταφορά για να κατανοήσουμε τα αίτια των σημερινών αλλαγών. Προέχει βέβαια να εξετάσουμε την αργόσυρτη «παραγωγή» του Μεσογειακού τοπίου: την γεωλογία, το κλίμα, την βλάστηση και το ανθρώπινο οικοσύστημα, που δημιούργησαν την αρχική εικόνα, πριν αυτή αλλοιωθεί.

Η Μεσογειακή κοσμογονία: οι πολύ αργοί ρυθμοί

Εν αρχή ην η Τηθύς, ένα μακρύ θαλάσσιο πέραςμα, παράλληλο προς τον Ισημερινό, που ένωνε τον Ειρηνικό με τον Ατλαντικό Ωκεανό και χώριζε πριν από 150 εκατομμύρια χρόνια τις δυο καινούργιες ηπείρους. Η εποχή των δεινοσαύρων βρισκόταν στο απόγειό της όταν η ενιαία ηπειρωτική μάζα της Παγγαίας κόπηκε στα δύο: την Λαυρασία στον Βορρά και την Γκοντβάνα στον Νότο. Ο κατακερματισμός της αρχέγονης Παγγαίας συνεχίστηκε και σιγά-σιγά διαχωρίστηκαν, σαν κομμάτια ενός διαλυμένου παζλ, όλες οι σημερινές ηπείροι. Πλέοντας κυριολεκτικά πάνω σε ένα υπόστρωμα παχύρρευστου βασάλτη, συνέχισαν την αργή πορεία τους, άλλες φεύγοντας η μια μακριά από την άλλη, άλλες κινούμενες σε συγκρουσιακή τροχιά.

Πριν από περίπου 70 εκατομμύρια χρόνια, η Αφρική, νησί τότε, στην μετατόπισή της προς Βορρά, άρχισε να συγκρούεται με την Ευρασιατική ήπειρο. Οι τεράστιες πιέσεις που δημιουργήθηκαν από την σύγκρουση των δύο γιγάντων ανύψωσαν τον βυθό της Τηθύος και σχημάτισαν τις ορεινές πτυχώσεις, από τον Άτλαντα και τα Πυρηναία, ως τις Άλπεις, τον Αίμο και τον Ταύρο. Πάνω τους απωθήθηκαν τα στρώματα των ιζημάτων που είχαν συσσωρευτεί στον βυθό στα εκατομμύρια χρόνια που πέρασαν από τον σχηματισμό της.

Η μετατόπιση των ηπείρων συνεχίστηκε και, πριν από 20 εκατομμύρια χρόνια, το βορειοανατολικό άκρο της Αφρικής συγκρούστηκε με την Ασιατική ήπειρο. Μετά από ακόμη 5 εκατομμύρια χρόνια η Αφρική ενώθηκε οριστικά με την Ασία. Η Τηθύς έπαψε να επικοινωνεί με τον Ινδικό ωκεανό. Όμως η γέφυρα ξηράς που δημιουργήθηκε επέτρεψε στα φυτά και τα ζώα της Αφρικής να μεταναστεύσουν στην Ευρώπη και την Ασία και αντίστροφα. Τα άλογα και οι αντιλόπες που είχαν αναπτυχθεί στην Ευρασία πέρασαν στην Αφρική, οι πίθηκοι, οι ελέφαντες και οι ιπποπόταμοι πέρασαν στην Ευρώπη.

Πιασμένη στον κλοιό ανάμεσα στις δύο ηπείρους, η Τηθύς έγινε αυτό που δηλώνει το σημερινό της όνομα: «Μεσόγειος», μια θάλασσα που περιβάλλεται από ξηρά. Σειρά είχε στην συνέχεια το βορειοδυτικό άκρο της Αφρικής που πριν από 6,2 εκατομμύρια χρόνια ενώθηκε με το νότιο άκρο της Ιβηρικής. Σύντομα η νέα θάλασσα εξατμίστηκε καθώς έπαψε να δέχεται τα νερά του Ατλαντικού. Το παχύ στρώμα αλατιού που βρέθηκε κάτω από τον βυθό της σημερινής Μεσογείου προήλθε από την εξατμισμό του αλμυρού θαλασσινού νερού. Όμως τα επάλληλα στρώματα ιζημάτων που το διακόπτουν, καθώς και το τεράστιο πάχος του, δείχνουν ότι η Μεσόγειος αποξηράνθηκε και ξαναγέμισε πολλές φορές. Σύμφωνα μάλιστα με υπολογισμούς, για να δημιουργηθεί ένα τόσο παχύ στρώμα αλατιού, θα χρειαζόταν ένας όγκος αλμυρού νερού περίπου 40 φορές ο όγκος της Μεσογείου!

Κατά την *Κρητιδική* περίοδο (130 – 140 εκ. χρόνια από σήμερα) που κράτησε 75 εκ. χρόνια, εξαφανίστηκαν τα μεγάλα ερπετά και μερικές ακόμα ομάδες ζώων. Κατά το τέλος της Κρητιδικής στη Μεσόγειο κυριαρχούσαν τα φυτά με άνθη (αγγειόσπερμα). Στη θάλασσα δημιουργήθηκαν τα σφουγγάρια, τα κοράλλια, τα εχινόδερμα, τα κεφαλόποδα, τα ελασματοβράγχια κ.ά. Στην ξηρά επέζησαν οι χελώνες, τα φίδια, οι κροκοδείλοι και οι σαύρες. Στην ξηρά επίσης έγιναν σημαντικές μεταβολές με μορφή ορογενετικών μετακινήσεων οι οποίες ακολουθήθηκαν από ηφαιστειακές εκρήξεις τοπικά, π.χ. στα Πυρηναία και στα Βαλκάνια.

Για τελευταία φορά η Μεσόγειος αποξηράνθηκε πριν από 6,2 εκατομμύρια χρόνια. Η θαλάσσια ζωή θα πρέπει τότε να εξαφανίστηκε. Όμως τα φυτά και τα ζώα επέζησαν στα δάση που εξακολούθησαν να καλύπτουν τις κορυφές των υψηλότερων βουνών, που κι αυτά δεν ήταν πλέον παρά απομονωμένες νησίδες σε μια καυτή έρημο χωρίς ζωή. Χωρίς την πίεση που ασκούσε το νερό, ο βυθός της αποξηραμένης θάλασσας άρχισε να ανυψώνεται και ρήγματα εμφανίστηκαν στα άκρα των ηπείρων που προκάλεσαν έντονη σεισμική δραστηριότητα και εκρήξεις παλιών και νέων ηφαιστειών. Πριν από 5,3 εκατομμύρια χρόνια, η έντονη τεκτονική δραστηριότητα είχε ως αποτέλεσμα να καταρρεύσει το φυσικό φράγμα που ένωνε το βορειοδυτικό άκρο της Αφρικής με την Ιβηρική. Τεράστιοι όγκοι νερού από τον Ατλαντικό άρχισαν να χύνονται στην καυτή λεκάνη που δεν χρειάστηκε περισσότερο από 100 χρόνια για να ξαναγεμίσει. Η θαλάσσια ζωή δεν άργησε να αποικίσει την νέα θάλασσα από τον διπλανό ωκεανό. Μαζί με τους πανάρχαιους κατοίκους – χελώνες και δεινοσαύρους – ήρθαν και νεότερα είδη, άλλα για να εγκατασταθούν μόνιμα, όπως οι φώκιες και τα δελφίνια, άλλα για να αναπαραχθούν στα θερμά και ήσυχα νερά της, όπως οι φάλαινες.

Μένει να εξηγήσουμε πού οφείλεται η καθαρότητα και τα κρυστάλλινα νερά της Μεσογείου. Το ερώτημα που τίθεται είναι: γιατί η Μεσόγειος δεν είναι θολή, όπως ο Ατλαντικός, με τον οποίο επικοινωνεί; Η απάντηση είναι γιατί είναι μια θάλασσα

ολιγοτροφική, δηλαδή μια θάλασσα που το νερό της περιέχει λίγα θρεπτικά συστατικά, και, κατά συνέπεια, λίγους πλαγκτονικούς μικροοργανισμούς. Η απώτερη εξήγηση παραπέμπει στην έντονη εξάτμιση και την μορφολογία της Μεσογειακής λεκάνης. Η Μεσόγειος είναι μια σχεδόν κλειστή θάλασσα. Κατά συνέπεια, το έλλειμμα νερού που δημιουργεί η εξάτμιση, αναπληρώνεται από τα νερά του Ατλαντικού, που εισβάλλουν ορμητικά από τα στενά του Γιβραλτάρ. Την ίδια στιγμή, η εξάτμιση αυξάνει τις συγκεντρώσεις αλατιού στα επιφανειακά νερά, τα οποία γίνονται βαρύτερα και βυθίζονται στα κατώτερα υδάτινα στρώματα για να κατευθυνθούν τελικά προς τον Ατλαντικό.

Έχουμε, λοιπόν δύο ισχυρά ρεύματα που επηρεάζουν από το ένα άκρο στο άλλο όλη την Μεσόγειο: ένα επιφανειακό, που την τροφοδοτεί με το λιγότερο αλμυρό του Ατλαντικού και ένα βαθύτερο που επιστρέφει σ' αυτόν το αλμυρότερο νερό της. Το βαθύτερο αυτό ρεύμα καθαρίζει τη θάλασσα από τους νεκρούς μικροοργανισμούς και την οργανική ύλη που συνεχώς πέφτουν στον βυθό από την επιφανειακή ζώνη,

Μια παράξενη ανακάλυψη

Έρευνες με υπερήχους που έγιναν στην περιοχή της Μεσογείου γύρω στο 1970, αποκάλυψαν ένα «ανακλαστικό σώμα» σε βάθος 100-200 μέτρων κάτω από το βυθό και μια αναπάντεχη στρωμάτωση των ιζημάτων. Τις έρευνες έκανε ένα ειδικό σκάφος, το *Glomar Challenger* με ιστορικό από επιχειρήσεις σε άλλα μέρη του κόσμου. Το εντυπωσιακό αυτό σκάφος ήταν εξοπλισμένο με πλευρικούς κινητήρες για τον έλεγχο του ακριβούς στίγματος και με γεωτρητικά εξαρτήματα ικανά να αντλήσουν δείγματα από θάλασσες με αρκετά χιλιόμετρα βάθος. Τα πρώτα δείγματα των ερευνών του *Glomar Challenger* που έγιναν στη Βαρκελώνη της Ισπανίας, δεν έφεραν στην επιφάνεια άμμο, χαλίκια και λάσπη όπως αναμενόταν, αλλά γύψο, βασάλτη απολιθωμένα κοχύλια και πετροποιημένη ιλύ. Τα απολιθώματα ήταν αυτά που θα ανέμενε κανείς να βρει σε μια ρηχή αλμυρή ή σε μια αποξηραμένη λίμνη, κι όχι σ' ένα βυθό 2.000 μέτρων! Η δε ηλικία τους βρέθηκε να είναι της τάξεως των 5-6 εκατομμυρίων ετών, παραπέμποντας σε μια ζωή στο τέλος της Μειοκαίνου. Οι επόμενες γεωτρήσεις σε διάφορα άλλα σημεία επιβεβαίωσαν τις πρώτες εκτιμήσεις: ο βυθός της Μεσογείου ήταν καλυμμένος σε μεγάλη έκταση από εβαπορίτες (αλατούχα ορυκτά που προκύπτουν από την εξάτμιση των νερών σε κλειστές λεκάνες) και γαλαζοπράσινα φύκη τα οποία μπορούν να ζήσουν μόνο σε αλατούχα εδάφη. Το συμπέρασμα των ερευνών του *Glomar Challenger* ήταν ανεπιφύλακτο: η Μεσόγειος, για ένα διάστημα που διήρκεσε τουλάχιστον ένα εκατομμύριο χρόνια, αποξηράνθηκε και ξαναγέμισε δεκάδες φορές. Περαιτέρω μάλιστα γεωλογικές έρευνες επιβεβαίωσαν την υπόθεση ότι πολλοί μεγάλοι σημερινοί ποταμοί, όπως ο Νείλος και ο Ροδανός, ήταν τεράστιοι καταρράκτες που έπεφταν σε μια άδεια και άνυδρη λεκάνη. Μεγάλοι επίσης καταρράκτες, πολύ πιο εντυπωσιακοί κι απ' αυτούς του Νιαγάρα ή της Βικτώρια, φαίνεται να δημιουργούνταν στα στενά του Γιβραλτάρ στα μεσοδιαστήματα, φέροντας τα νερά του Ατλαντικού στην αποξηραμένη Μεσόγειο, για να την ξανακάνουν θάλασσα και να τροφοδοτήσουν ένα νέο βιο-γεωγραφικό κύκλο.

σαν μια συνεχής βροχή πτωμάτων και περιπτωμάτων. Αν δεν λειτουργούσε αυτή η φυσική κυκλοφορική αντλία, τα ανοδικά ρεύματα θα ανατροφοδοτούσαν τα επιφανειακά νερά, μεταφέροντας προς τα πάνω τα αυξημένα σε θερμικά συστατικά ιζήματα του βυθού. Το πλαγκτόν που θα αναπτυσσόταν λόγω της πλούσιας τροφής, θα θόλωνε τότε τα νερά και η Μεσόγειος δεν θα είχε την μοναδική της διαύγεια.

Εκεί που φτάνει η ελιά

Ο καλοκαιρινός ήλιος λάμπει σε έναν μόνιμα ασυννέφιαστο και καταγάλανο ουρανό. Τα πολύμηνα ξεστά και ξηρά Μεσογειακά καλοκαίρια διακόπτονται μόνο από κάποια ξαφνική μπόρα που ξεσπά αναπάντεχα, κυρίως στα ορεινά. Οι υψηλές βαρομετρικές πιέσεις που κυριαρχούν δεν αφήνουν τα υγρά μέτωπα του Ατλαντικού να επεκταθούν προς τα ανατολικά και να φέρουν σύννεφα και βροχή. Η μέση θερμοκρασία τους θερινούς μήνες κυμαίνεται από 20° ως 24° C. Τα μελτέμια, όπως ονομάζονται οι περιοδικοί βόρειοι άνεμοι που φυσούν στα μέσα του καλοκαιριού, δροσίζουν τον αέρα, αλλά συμπαράσφουρουν και τα τελευταία ίχνη υγρασίας.

Οι βροχές αρχίζουν από τα τέλη Σεπτεμβρίου και συνεχίζονται ως τα τέλη Απριλίου. Σε λίγες περιοχές της Μεσογείου βρέχει περισσότερο από 100 ημέρες τον χρόνο. Ισχυρές βροχοπτώσεις και χιόνια πέφτουν στις δυτικές πλαγιές των ψηλών βουνών που ξεπερνούν τα δύο μέτρα τον χρόνο, ενώ οι ανατολικές πεδιάδες δέχονται συχνά λιγότερα από 300 χιλιοστά. Η μέση θερμοκρασία του χειμώνα κυμαίνεται από 4° ως 7° C, αλλά οι αποκλείσεις στα ορεινά είναι μεγάλες. Το μεγαλύτερο μέρος των συνολικών βροχοπτώσεων πέφτει στην διάρκεια του ήπιου χειμώνα (πάνω από το 65%). Παγετοί σπάνια συμβαίνουν στα πεδινά, αλλά τα αποτελέσματά τους είναι καταστροφικά για τις ελιές και τα πορτοκάλια. Όμως πολλά από τα ψηλά βουνά, σε μικρή απόσταση από την ακτή, είναι σκεπασμένα με χιόνια από τα τέλη του φθινοπώρου ως τα μέσα του καλοκαιριού. Το σύστημα υψηλών βαρομετρικών πιέσεων, γνωστό ως Αντικυκλώνας των Αζορών, επεκτείνεται το καλοκαίρι και καλύπτει την Μεσόγειο προστατεύοντάς την από τα υγρά μέτωπα του Ατλαντικού. Από το φθινόπωρο ως την άνοιξη το σύστημα των υψηλών πιέσεων συρρικνώνεται και επιτρέπει στα υγρά μέτωπα που έρχονται από την Δύση να εισχωρήσουν στην Μεσόγειο και να φέρουν βροχές και χιόνια. Ο όλος μηχανισμός περιγράφεται και ως *βορειο-Ατλαντική διακύμανση* και οφείλεται στην μεταβολή της έντασης υψηλών και χαμηλών βαρομετρικών πιέσεων εξαιτίας της εναλλαγής των εποχών (διαφορική θέρμανση της ατμόσφαιρας από τον ήλιο) και της περιστροφής της Γης.

Το Μεσογειακό κλίμα είναι ωστόσο δύσκολο να οριστεί με μεγάλη ακρίβεια και θα πρέπει μάλλον να θεωρηθεί ως μια μεταβατική κατάσταση ανάμεσα στο εύκρατο - ηπειρωτικό κλίμα που επικρατεί βορειότερα και το θερμό και ξηρό της τροπικής ζώνης νοτιότερα. Το κατακερματισμένο ανάγλυφο, η ανάμιξη της στεριάς με την θάλασσα, η γειννίαση με την έρημο και το εύκρατο και το ηπειρωτικό κλίμα δημιουργούν μια πληθώρα μικροκλιμάτων στην Μεσογειακή ζώνη. Το κατ' εξοχήν Μεσογειακό κλίμα περιορίζεται σε μια στενή λωρίδα γης που εκτείνεται κατά μήκος των ακτών ανάμεσα στις 32° και 40° βόρειο πλάτος και ανεβαίνει ως τα 600 μέτρα πάνω από την θάλασσα: είναι η «ζώνη της ελιάς», του δέντρου που ανήκει, όσο κανένα άλλο, στην κλειστή μας θάλασσα.

Το Μεσογειακό κλίμα δεν καταλαμβάνει μόνο μια στενή ζώνη στον χάρτη της Γης, αλλά είναι και γεωλογικά εξαιρετικά νέο. Εμφανίστηκε για πρώτη φορά κατά την διάρκεια του Πλειστόκαινου, πριν από περίπου 1,7 εκατομμύρια χρόνια. Αλλά ποτέ ως και σήμερα δεν παρέμεινε σταθερό. Το κλίμα της Μεσογείου γνώρισε μεγάλες διακυμάνσεις που καθορίζονται από την περιοδική εξάπλωση και την υποχώρηση των παγετώνων. Η τελευταία παγετώδης περίοδος έληξε πριν από μόλις 12,000 χρόνια – μια μικρή στιγμή μόνο στη μεγάλη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου.

Τα περισσότερα γένη και τα είδη της χλωρίδας και της πανίδας της Μεσογείου είναι πολύ παλαιότερα από το κλίμα της. Το εντυπωσιακό όμως είναι το ότι κατόρθωσαν να προσαρμοστούν στις νέες κλιματικές συνθήκες, να επιβιώσουν στις μεγάλες κλιματικές διακυμάνσεις των περιόδων των πάγων και να διαμορφώσουν τις αλληλεξαρτήσεις που χαρακτηρίζουν τα Μεσογειακά οικοσυστήματα και τα διακρίνουν από όλα τα άλλα οικοσυστήματα του πλανήτη.

Οι αντιξοότητες του καλοκαιριού

Με τις πρώτες ζέστες του καλοκαιριού τα χόρτα και τα σπαρτά κιτρινίζουν. Οι ελιές, οι χαρουπιές, τα πεύκα, τα κυπαρίσσια, αντιστέκονται στις υψηλές θερμοκρασίες και την ξηρασία της θερινής περιόδου και διατηρούν τα πράσινα σκληρά φύλλα τους. Το ίδιο και τα πουρνάρια, οι σχίνοι, οι κουμαριές, τα ρείκια. Το κίτρινο και το βαθυπράσινο είναι τα χρώματα του βουνού, το βαθυγάλανο, του ασυννέφιαστου ουρανού και της ήμερης θάλασσας. Το καλοκαίρι στην Μεσόγειο είναι η εποχή των αρωμάτων, του θυμαριού, του φασκόμηλου της πικροδάφνης και της λεβάντας.

Όμως για τα περισσότερα φυτά και τις καλλιέργειες στην ζώνη της ελιάς, η δύσκολη περίοδος δεν είναι ο χειμώνας, αλλά το μακρύ, θερμό και άνυδρο καλοκαίρι. Για να επιβιώσουν στις αντίξοες συνθήκες της πολύμηνης θερινής περιόδου, τα φυτά έχουν αναπτύξει μια σειρά από μηχανισμούς και στρατηγικές προσαρμογής στις κύριες πιέσεις: την ξέστη και την ξηρασία, τις συχνές πυρκαγιές και την βόσκηση.

Ορισμένα από τα ποώδη φυτά, όπως οι παπαρούνες, τα χαμομήλια, οι μαργαρίτες, τα λαγόχορτα και τα άλλα μονοετή των λιβαδιών, έχουν λύσει το πρόβλημα συντομεύοντας την ενεργό ζωή τους. Βλαστάνουν το φθινόπωρο, ανθίζουν και κάνουν σπόρους την άνοιξη, μαραίνονται και πεθαίνουν με τις πρώτες μεγάλες ζέστες στις αρχές του καλοκαιριού. Όμως οι σπόροι τους έχουν ένα σκληρό ανθεκτικό περίβλημα για να επιβιώνουν στους καύσωνες. Το φθινόπωρο, με τις πρώτες βροχές οι σπόροι θα ανοίξουν και η γη θα πρασινίσει ξανά. Στο Μεσογειακό κλίμα, το φθινόπωρο «η φύση ξαναζωντανεύει σαν σε μια δεύτερη άνοιξη, ανατρέποντας τον ρόλο που παίζουν οι εποχές σ' άλλα μέρη της Ευρώπης», όπως παρατηρεί ο συγγραφέας του κλασικού βιβλίου για την Ελληνική χλωρίδα, Χέλμουτ Μπάουμαν (*Helmut Baumann, The Greek Plant World in Myth, Art and Literature, 1993*).

Άλλα φυτά, όπως τα κυκλάμινα, οι ίριδες, οι κρόκοι, οι ορχιδέες και οι ασφόδελοι πεθαίνουν μόνο επιφανειακά το καλοκαίρι. Οι κόνδυλοι, οι βολβοί και οι ρίζες τους παραμένουν ζωντανοί κάτω από το χώμα. Εκεί τα φυτά αυτά έχουν αποθηκεύσει τις τροφές και την υγρασία που τους είναι απαραίτητη για να διατηρηθούν στην ζωή μέχρι τα πρωτοβρόχια του φθινοπώρου. Τότε, μερικά από αυτά, όπως τα κυκλάμινα και οι κρόκοι, βιάζονται και ανθίζουν μέσα στο φθινόπωρο, πριν ακόμη βγάλουν

φύλλα. Άλλα, όπως οι ασφόδελοι, οι υάκινθοι, οι ίριδες κι οι ορχιδέες ανθίζουν κανονικά την άνοιξη. Την φευγαλέα περίοδο της ανοιξιάτικης ανθοφορίας, η γη θα αποκτήσει ξανά τον εφήμερο πολύχρωμο μανδύα της.

Οι θάμνοι και τα δέντρα έχουν αναπτύξει άλλη στρατηγική προσαρμογής: μειώνουν στο ελάχιστο της απώλειες υγρασίας και ενέργειας και αναστέλλουν την ανάπτυξή τους κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, πέφτοντας σε ένα είδος θερινής νάρκης. Διατηρούν όμως τα φύλλα τους, γιατί η δημιουργία νέων κάθε άνοιξη θα απαιτούσε από το φυτό πολλή προσπάθεια και ενέργεια. Τα φύλλα έχουν αποκτήσει ιδιαίτερες ιδιότητες. Είναι μικρά, σκληρά και δύσκαμπτα, όπως τα φύλλα της ελιάς. Μικρά για να έχουν μειωμένη επιφάνεια, σκληρά και δύσκαμπτα γιατί διαθέτουν προστατευτικά στρώματα από ανθεκτικούς μονωτικούς ιστούς, που εμποδίζουν την υγρασία να διαφύγει. Η πάνω τους πλευρά είναι συχνά γυαλιστερή για να αντανakλά καλύτερα την ηλιακή ακτινοβολία, η κάτω, όπου βρίσκονται τα στόματα, είναι χνουδωτή για να μειώνει την κίνηση του αέρα σε επαφή με την επιφάνεια του φύλλου ώστε να ελαχιστοποιείται η εξάτμιση. Για τον ίδιο λόγο, τα στόματα των φύλλων είναι λίγα, και κλείνουν όταν κάνει ζέστη. Αυτή η προσαρμογή των φύλλων στην ξηρασία του καλοκαιριού είναι ένα από τα πιο κοινά χαρακτηριστικά στα δέντρα και τους θάμνους της Μεσογειακής ζώνης που γιαυτό ονομάζεται και “ζώνη των σκληροφύλλων”. Άλλα, φυτά, προσαρμοσμένα στις περισσότερες ξηρές περιοχές, όπως το θυμάρι, οι αφάνες και οι φασκομηλιές, αλλάζουν τα χειμωνιάτικα φύλλα τους με νέα, πολύ μικρότερα καλοκαιρινά, περιορίζοντας ακόμη πιο πολύ την εξάτμιση και την διαπνοή.

Το άρωμα του θυμαριού, της ρίγανης και της λεβάντας, είναι κι αυτό μέρος της προσαρμογής. Οι μυρουδιές του καλοκαιριού έρχονται από τα αιθέρια έλαια που εκλύουν τα φύλλα των αρωματικών φυτών. Αυτά δημιουργούν ένα προστατευτικό κάλυμμα στις επιφάνειες των φύλλων και μειώνουν ακόμη περισσότερο την εξάτμιση της υγρασίας. Δεν είναι όμως η μόνη τους λειτουργία. Τα αιθέρια έλαια δεν αρέσουν στα περισσότερα φυτοφάγα ζώα κι αυτό προστατεύει τα αρωματικά φυτά από την βουλιμία τους. Είναι όμως και αποτελεσματικά όπλα στον χημικό πόλεμο μεταξύ των φυτών για την επιβίωση. Το άρωμα της φασκομηλιάς εμποδίζει τους σπόρους των άλλων φυτών να βλαστήσουν. Η μυρωδιά του θυμαριού είναι τόσο αποτελεσματική που δεν αφήνει να βλαστήσουν ούτε οι δικοί του σπόροι που πέφτουν κοντά – η λιγοστή υγρασία του εδάφους δεν φθάνει για όλους.

Η βλάστηση στην Μεσογειακή ζώνη έχει αναπτύξει και άλλους μηχανισμούς προσαρμογής στην ξηρασία και την ζέστη του καλοκαιριού. Τα φυτά περιορίζουν την ανάπτυξη πάνω από το έδαφος, αλλά αναπτύσσουν ένα εκτεταμένο ριζικό σύστημα που εισχωρεί σε κάθε χαραμάδα στο πετρώδες έδαφος, ή απλώνεται σε μεγάλη έκταση σε μικρό βάθος παράλληλα με την επιφάνεια του εδάφους αναζητώντας χώμα και υγρασία. Γενικά, αν υποθέσουμε ότι όλες οι άλλες συνθήκες (έδαφος, ανάγλυφο, μικροκλίμα κτλ.) είναι οι ίδιες, τότε η μορφή και το ύψος της βλάστησης είναι συνάρτηση της διαθέσιμης υγρασίας. Όταν οι πιέσεις από την ξηρασία και την βόσκηση είναι μεγάλες, πολλά από τα δενδρώδη φυτά της Μεσογείου, όπως το πουρνάρι, αποκτούν θαμνώδη μορφή με στενότερα και μικρότερα φύλλα, ενώ μερικά από τα κλαδιά τους μετατρέπονται σε αγκάθια.

Μια άλλη παραλλαγή είναι το ημισφαιρικό σχήμα που αποκτούν οι χαμηλοί θάμνοι και τα φρύγανα, καθώς και τα χαμηλά, συνήθως αγκαθωτά, σκληρόφυλλα που καλύπτουν τα πιο ξηρά και θερμά εδάφη. Το σχήμα αυτό επιτρέπει στα φυτά να ελα-

χιστοποιούν την επιφάνεια που είναι εκτεθειμένη στον ήλιο και τον αέρα, και τα σώζει από τα δόντια των φυτοφάγων ζώων. Ταυτόχρονα η πυκνή σκιά τους προστατεύει το χώμα γύρω από το φυτό και του επιτρέπει να διατηρεί μια ελάχιστη υγρασία.

Προσαρμογή στη φωτιά

Η πιο ενδιαφέρουσα και εντυπωσιακή ιδιότητα των Μεσογειακών φυτών είναι η προσαρμογή τους στην φωτιά. Στο ξηρό Μεσογειακό κλίμα, η φωτιά είναι φυσικό φαινόμενο. Έχουν βρεθεί όμως ίχνη που δείχνουν ότι στην περιοχή της Μεσογείου, η φωτιά χρησιμοποιείται συστηματικά από τον άνθρωπο εδώ και τουλάχιστον μισό εκατομμύριο χρόνια για τον καθαρισμό του εδάφους από την βλάστηση, για το κυνήγι και για την δημιουργία λιβαδιών. Στο μακρύ αυτό χρονικό διάστημα, τα φυτά έμαθαν να ζουν με την φωτιά, όπως και με την ξηρασία και έχουν αναπτύξει μηχανισμούς άμυνας που τους επιτρέπουν να επιβιώνουν.

Τα ποώδη φυτά που έχουν βολβούς και πυκνές ρίζες, επιζούν υπογείως όταν η φωτιά καίει την επίγεια βλάστηση. Άλλα φυτά, όπως η λαδανιά, το θυμάρι και οι αφάνες επιζούν μετά την φωτιά χάρη στους σπόρους τους οι οποίοι όχι μόνο είναι ανθεκτικοί στην φωτιά, αλλά έχουν μια άλλη ιδιότητα: η θερμότητα που αναπτύσσεται τους αφυπνίζει από την κατάσταση νάρκης στην οποία βρίσκονται και ευνοεί την βλάστησή τους αμέσως μετά την πυρκαγιά. Τα πεύκα, για παράδειγμα, που είναι ιδιαίτερα εύφλεκτα λόγω του ότι περιέχουν ρετσίνι, βασίζουν την επιβίωσή τους σε αυτήν ακριβώς την ιδιότητα των σπόρων τους. Η ζέση της φωτιάς κάνει τα κουκουνάρια να εκρηγνύνται και να εκτινάσσουν τους σπόρους τους σε μεγάλες αποστάσεις. Μετά την φωτιά, η έκταση ενός πευκοδάσους που κάηκε αποικίζεται από νεαρά πεύκα που έχουν ξεπηδήσει από τους αφυπνισμένους σπόρους που έπεσαν στο καμένο έδαφος. Τα νεαρά πεύκα ευνοούνται ιδιαίτερα από τα ανόργανα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στις στάχτες του καμένου πευκοδάσους. Θεωρητικά, συνεπώς, ένα πευκοδάσος πάντα επανέρχεται αναζωογονημένο μετά από μια πυρκαγιά, υπό την προϋπόθεση ότι οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές και οι πυρκαγιές δεν επαναλαμβάνονται σε μικρά χρονικά διαστήματα, όταν ακόμη τα νέα πεύκα βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης.

Τα πουρνάρια, πάλι, είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά, χάρη στον σκληρό φλοιό τους και το εκτεταμένο ριζικό τους σύστημα. Αναπτύσσουν από τον κορμό τους νέους βλαστούς μετά από την φωτιά, ιδίως όταν οι θερμοκρασίες δεν είναι πολύ υψηλές, όπως συμβαίνει στις φθινοπωρινές και τις ανοιξιότικες πυρκαγιές. Αλλά και όταν το επίγειο μέρος τους καεί, οι νέοι βλαστοί ξεπηδούν από τις ρίζες που παραμένουν ζωντανές. Παρόμοιες ικανότητες έχουν αναπτύξει και η κουμαριά, τα ρείκια και οι σχίνοι, που πολλαπλασιάζονται με παραφυάδες από τις ρίζες τους που μένουν ανέπαφες από την φωτιά.

Στο κλίμα της Μεσογείου, η φωτιά είναι μέρος του φυσικού κύκλου των φυτοκοινωνιών. Η προσαρμογή των ειδών στην φωτιά μοιάζει με την προσαρμογή τους στην δύσκολη περίοδο της ξηρασίας την οποία η φωτιά απλώς επιτείνει. Η δράση της δεν είναι καταστροφική, αλλά βοηθά τις γηρασμένες φοιτοκοινωνίες να ανανεωθούν.

Οι περιοδικές φωτιές και η βόσκηση από άγρια φυτοφάγα ήταν ανέκαθεν οι δύο

σταθερές των Μεσογειακών οικοσυστημάτων. Η συστηματική χρήση της φωτιάς από τον άνθρωπο, τουλάχιστον τα 10,000 τελευταία χρόνια, και η οργανωμένη βόσκησις από κοπάδια εξημερωμένων φυτοφάγων, έφεραν μια σημαντική ποσοτική αλλαγή που επιτάχυνε την φυσική επιλογή. Τα λιβάδια και τα ξέφωτα επεκτάθηκαν και ευνοήθηκαν τα είδη που είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στην φωτιά και την βόσκησις. Κερδισμένα βγήκαν τα ποώδη φυτά και τα αγριολούλουδα που αποτελούν το μεγαλύτερο και το πιο όμορφο μέρος της Μεσογειακής χλωρίδας.

Το μωσαϊκό και οι ψηφίδες

Πέρα από τους καλλιεργημένους αναβαθμούς των λόφων, ανάμεσα στους αγρούς και στα λιβάδια και πέρα ως το βάθος του ορίζοντα, κυριαρχούν, αλλού χαμηλά δάση με πουρνάρια, βελανιδιές, χαρουπιές, αγριόκεδρα και πεύκα, αλλού πυκνοί και αδιάπεραστοι θαμνότοποι με ρεϊκία, κουμαριές, ασπαλάθους, βατομουριές. Λίγο παρθέρα, στις πιο ξηρές και θερμές και άγονες πλαγιές, επικρατούν τα φρύγανα που έχουν καταλάβει τους εγκαταλειμμένους αγρούς. Η εικόνα είναι ένα πολύπλοκο μωσαϊκό, και κάθε της ψηφίδα δεν είναι μεγαλύτερη από μερικές δεκάδες στρέμματα.

Η φυσική και κλιματική ετερογένεια επιδρά καθοριστικά στις “χρήσεις γης” και αποτελεί την βάση για την μικρή κλίμακα, την πολυμορφία και την συμπληρωματικότητα ανάμεσα στις καλλιέργειες και την ημινομαδική κτηνοτροφία η οποία εποχιακά μετακινείται από τα χειμαδιά στην ρίζα των βουνών μέχρι τους θερινούς ορεινούς βοσκότοπους. Οι δραστηριότητες του ανθρώπου και το ιστορικό των επεμβάσεων του καθορίζουν την σύσταση και την μορφή των φυτοκοινωνιών. Αλλού έχουμε “πρόδρομη” βλάστηση που έχει αρχίσει να αποικίζει ένα λιβάδι που μόλις κάηκε, αλλού κυριαρχούν οι σκληρόφυλλοι θάμνοι που ίσως βρίσκονται σε ένα ενδιάμεσο στάδιο της φυσικής διαδοχής.

Θεωρητικά, αν η φύση αφηνόταν να δράσει ελεύθερα, η βλάστηση αυτή θα έδινε την θέση της σε ένα σταθερό και ώριμο δάσος. Πρακτικά είναι αμφίβολο αν αυτό θα συμβεί ποτέ. Το Μεσογειακό τοπίο βρίσκεται συνεχώς σε μεταβατική κατάσταση. Η αδιάκοπη αλληλεπίδραση με τον άνθρωπο και η αστάθεια του κλίματος από χρονιά σε χρονιά και από αιώνα σε αιώνα, ανανεώνουν συνεχώς τις φυτοκοινωνίες που δεν φθάνουν σχεδόν ποτέ σε κατάσταση σταθερής ισορροπίας και ωριμότητας. Ο κύριος λόγος είναι ότι στην Μεσόγειο, οι ρυθμοί των ανθρώπινων και των φυσικών διαταραχών είναι ταχύτεροι από τους ρυθμούς της διαδοχής. Το Μεσογειακό τοπίο δεν μεταβάλλεται μόνο χρονικά. Λίγες εκατοντάδες μέτρα ψηλότερα ή χαμηλότερα στις πλαγιές ενός βουνού, αντιστοιχούν, από την άποψη του κλίματος, σε μετατόπιση εκατοντάδων χιλιομέτρων προς βορρά ή νότο στα πεδινά. Αυτό συνέτεινε ώστε τα βουνά να αποτελέσουν καταφύγιο για πολλά βόρεια είδη που είχαν εξαπλωθεί προς νότον κατά την διάρκεια της παγετώδους περιόδου, αλλά υποχώρησαν όταν το κλίμα έγινε πάλι θερμότερο. Η πρόσκαιρα απομονωμένες βιολογικές νησίδες των βουνών όπου βρήκαν καταφύγιο τα είδη αυτά, είναι τα εργαστήρια στα οποία η φύση πειραματίζεται με νέες ποικιλίες και νέα είδη καλύτερα προσαρμοσμένα στις δυσκολίες του Μεσογειακού κλίματος.

Παράλληλα με την φύση, δεν έχει πάψει να πειραματίζεται και ο άνθρωπος. Η εντυπωσιακή πολυμορφία των καλλιιεργειών βασίζεται σε έναν μεγάλο αριθμό ειδών και ποικιλιών που προήλθαν από την μακρόχρονη φυσική και ανθρώπινη επιλογή.

Στον Μεσογειακό χώρο αναπτύχθηκαν και από εκεί διαδόθηκαν στον υπόλοιπο κόσμο μια σειρά από καλλιεργούμενα είδη και ποικιλίες, όπως το στάρι, το κριθάρι, οι φακές, τα κουνιά, τα φασόλια, οι ελιές και τα σταφύλια.

Το πολύπλοκο μωσαϊκό από αμπέλια, ελαιώνες, οπωροφόρα, μικρούς ποτιστικούς λαχανόκηπους, ξηρικά χωράφια δημητριακών, βοσκοτόπια και ακαλλιέργητες ή εγκαταλειμμένες εκτάσεις με βλάστηση σε όλα τα στάδια της φυσικής διαδοχής, έχει οδηγήσει μια μεγάλη διαφοροποίηση των βιοτόπων. Αυτή η μοναδική ετερογένεια του φυσικού και του καλλιεργημένου περιβάλλοντος προσφέρει μια πλειάδα ευκαιριών σε αναρίθμητα είδη της χλωρίδας και της πανίδας. Είναι ένα ανοικτό φιλόξενο οικοσύστημα με μια τεράστια ποικιλία από ζώα και φυτά με προγόνους τόσο από την εύκρατη ζώνη της Ευρασίας όσο και από την τροπική ζώνη της Αφρικής. Μόνο στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί 6.000 διαφορετικά είδη φυτών, πολλά από οποία δεν υπάρχουν πουθενά αλλού στον κόσμο. Ανάλογη είναι η ποικιλία της χλωρίδας και στην Ισπανία και την Τουρκία. Στην περίπτωση της πανίδας, εκτιμάται ότι η μεγαλύτερη ποικιλότητα παρατηρείται στα ασπόνδυλα τα οποία αριθμούν περισσότερα από 20.000 είδη, αλλά τα περισσότερα δεν έχουν ταυτοποιηθεί.

Οι φυτοκοινωνίες και η πανίδα που προέκυψαν από την μακρόχρονη φυσική και ανθρώπινη επιλογή δεν είναι μόνο προσαρμοσμένες στην ξηρασία, την φωτιά και την εντατική βόσκηση. Χρειάζονται ταυτόχρονα τις πιέσεις αυτές για να διατηρηθούν. Με απλούστερα λόγια: Ένα λιβάδι που δεν βοσκείται και δεν καίγεται περιοδικά ή ένα χωράφι που δεν καλλιεργείται, σύντομα αποικίζεται από αφάνες και άλλα φρύγανα και, στην συνέχεια, από θάμνους που καταλαμβάνουν τον χώρο και εκτοπίζουν την υπόλοιπη βλάστηση δημιουργώντας ένα αδιάβατο φράγμα. Συχνά ανάμεσα στους θάμνους φυτρώνουν πεύκα που τελικά κερδίζουν την μάχη του ανταγωνισμού. Γρήγορα η νέα μορφή δάσους κυριαρχεί. Αυτά που εκτοπίζονται είναι κυρίως τα χορτάρια και τα αγριολούλουδα. Το ανοικτό Μεσογειακό τοπίο χάνει την ποικιλομορφία που του προσέδιδαν οι εναλλασσόμενες χρήσεις της γης και η συνεχής ανανέωση, απλουστεύεται, κατά κάποιο τρόπο τυποποιείται, και γίνεται περισσότερο μονότονο και ομοιογενές.

Είναι βέβαια αλήθεια ότι ένας πυκνός θαμνότοπος ή ένα δάσος, έστω και από πεύκα, απαλύνει τις αντιθέσεις του αναγλύφου και κρύβει τις ασχήμιες των ανθρώπινων παρεμβάσεων. Το «πράσινο» εξακολουθεί να δίνει μια αίσθηση συνέχειας και φυσικότητας. Είναι όμως και στις δύο περιπτώσεις ένα μονότονο οικοσύστημα, που συσσωρεύει εύφλεκτη ξυλώδη μάζα και δεν αφήνει σχεδόν τίποτε να φυτρώσει στην σκιά του.

Με ή χωρίς τον άνθρωπο;

Είδαμε, λοιπόν, ότι το Μεσογειακό τοπίο είναι ένα τοπίο που εξελίχθηκε μαζί με τον άνθρωπο και σε συνεχή αλληλεπίδραση με αυτόν. Το έδαφος, το φυσικό ανάγλυφο, η ένταση της καλοκαιρινής ξηρασίας, οι τυχαίες πυρκαγιές και η βόσκηση από άγρια φυτοφάγα προϋπήρξαν. Ήδη, από τους προϊστορικούς χρόνους, το κυνήγι και η εκούσια χρήση της φωτιάς προστέθηκαν στις φυσικές αντιξοότητες στις οποίες έπρεπε να προσαρμοστεί η χλωρίδα και η πανίδα. Η νεολιθική επανάσταση έφερε επιπλέον την καλλιέργεια της γης σε αναβαθμούς και την ημινομαδική κτηνοτροφία.

Η παρέμβαση του ανθρώπου έδρασε προς την ίδια κατεύθυνση με τις φυσικές δυνάμεις και με τις δυνάμεις που κινούν την εξέλιξη και την προσαρμογή, αλλά με μεγαλύτερη ένταση και επιμονή. Το άγριο τοπίο έγινε πιο ανοικτό, τα κλειστά δάση μειώθηκαν και κατακερματίστηκαν, η γη καλλιεργήθηκε, οι ποικιλία των βιοτόπων αυξήθηκε, η χλωρίδα και η πανίδα έγιναν πολύ πλουσιότερες. Η ήπια και μετρημένη ανθρώπινη διαταραχή της φυσικής ισορροπίας, το αίτιο που δημιούργησε το πολύπλοκο μωσαϊκό και τον πλούτο του Μεσογειακού τοπίου, έγινε ταυτόχρονα προϋπόθεση για την διατήρησή του.

Αν λοιπόν, προς στιγμή, δούμε τον άνθρωπο ξεχωριστά από το τοπίο, τότε ο άνθρωπος είναι ο κηπουρός και το τοπίο το δημιούργημά του. Χωρίς την συνεχή παρουσία του και τη φροντίδα, το τοπίο γίνεται φτωχότερο. Αυτό συνέβη στην ανατολική και νότια Μεσόγειο, όταν μετά από την πτώση της Ρώμης η περιοχή καταλήφθηκε από νομαδικούς ποιμενικούς λαούς. Τηρουμένων των αναλογιών, αυτό συμβαίνει και σήμερα με την εισβολή του τεχνικού πολιτισμού που επέβαλε νέες αξίες και νέους ρυθμούς στην ύπαιθρο.

Στην πρώτη περίπτωση οι νομάδες εισβολείς αδιαφόρησαν για τη καλλιέργεια της γης και κατέστρεψαν τα πολύπλοκα αρδευτικά συστήματα που βρήκαν εκεί. Το αποτέλεσμα ήταν να καταρρεύσουν οι καλλιέργειες και να συμπαράσσουν στην πτώση τους ολόκληρο το φυσικό περιβάλλον. Η διαταραχή, που προκάλεσε ο άνθρωπος με την καταστροφή των καλλιεργειών και τα κοπάδια του, ξεπέρασε τα όρια που έθετε το ξηρότερο και θερμότερο κλίμα της περιοχής. Έδαφος και βλάστηση δεν άργησαν να υποβαθμιστούν ως το τελευταίο σκαλοπάτι της ισορροπίας: την οριστική ερημοποίηση – όπου και παραμένουν έκτοτε.

Στην δεύτερη περίπτωση, η εισβολή της τεχνολογίας δρα σε δύο επίπεδα. Από την μία η φύση εκτοπίζεται βάνασα. Η εκμηχάνιση και η εντατικοποίηση των καλλιεργειών, οι πιέσεις από την επέκταση των πόλεων και των οικισμών και ο εποχιακός μαζικός τουρισμός κινούνται στα όρια των φυσικών ανοχών. Το νερό δεν επαρκεί, το έδαφος διαβρώνεται και η ερημοποίηση απειλεί ήδη εκτεταμένους περιοχές των χωρών της βόρειας ακτής της Μεσογείου. Από την άλλη, οι αγροί και οι βοσκότοποι εγκαταλείπονται, ο αγροτικός πληθυσμός συρρικνώνεται στις πιο άγονες και απομακρυσμένες περιοχές και η φύση αφήνεται να επανέλθει και να πληρώσει το κενό που δημιουργεί η ανθρώπινη απουσία. Το πολύμορφο μωσαϊκό του τοπίου διαλύεται και αποκαθίσταται μια νέα φυσική ισορροπία, φτωχότερη σε χρώμα και σε βιολογικό πλούτο.

Το Μεσογειακό τοπίο είναι συνεπώς διπλά ευαίσθητο: κινδυνεύει τόσο από την καταστροφική δραστηριότητα του ανθρώπου, όσο και από την εγκατάλειψη. Η διατήρησή του δεν είναι, συνεπώς δυνατή αν, από την μια, δεν ελεγχθούν οι πιέσεις της σύγχρονης βιομηχανικής κοινωνίας και αν, από την άλλη, δεν διατηρηθεί ένα ελάχιστο επίπεδο ανθρώπινης παρουσίας και ήπιων δραστηριοτήτων: μικρής κλίμακας μεικτές καλλιέργειες, εκτατική κτηνοτροφία, προσεκτική εκμετάλλευση των δασών, ήπιες μορφές τουρισμού, και (ίσως) ελεγχόμενη χρήση της φωτιάς για την αναγέννηση της βλάστησης και την διατήρηση των λιβαδιών και της άγριας ποώδους χλωρίδας.

Αυτό σημαίνει ότι **σήμερα βρισκόμαστε διπλά σε λάθος δρόμο. Από την μια υπάρχουν οι προστατευόμενες περιοχές όπως οι εθνικοί δρυμοί τα φυσικά πάρκα κτλ. όπου απαγορεύονται όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες, κι από την άλλη οι υπόλοιπες περιοχές όπου οι δραστηριότητες και η ανάπτυξη είναι πλήρως ανεξέλεγκτες και**

επομένως «καταστροφικές». Ίσως αυτού του είδους η διαχείριση να είναι αναπόφευκτη σε περιοχές της Γης όπου κυριαρχεί η άγρια φύση και η επιδράσεις του ανθρώπου είναι περιθωριακές. Είναι όμως εντελώς ακατάλληλη για τον πυκνοκατοικημένο Μεσογειακό μας κήπο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΩΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ

Η αέναη διαδοχή

Η αλλαγή των εποχών ήταν πάντα μέσα στη ζωή των ανθρώπων. Προσδιόριζε το χρόνο της σποράς και της συγκομιδής των καλλιεργειών, τις περιόδους του κυνηγιού και την κατεύθυνση που είχε η μετακίνηση της νομαδικής κτηνοτροφίας. Τα σπίτια στις πιο παραδοσιακές κοινωνίες ήταν έτσι κατασκευασμένα που να παρέχουν προστασία απέναντι στις ιδιοτροπίες του καιρού, το κρύο, τη ζέστη, τις βαριές χιονοπτώσεις, τη μεγάλη διάρκεια της χειμωνιάτικης νύχτας. Οι αλλαγές των εποχών επέβαλαν συγκεκριμένους τύπους ενδυμασίας, ενέπνευσαν τη λογοτεχνία, σημάδεψαν τις παραδόσεις, τους μύθους και τις θρησκείες. Ο Δίας με τις χειμωνιάτικες βροχές γονιμοποιεί τη γη, ενώ οι ήρωες του Αριστοφάνη τρώνε και πίνουν στο εσωτερικό των σπιτιών, καθώς η κακοκαιρία τους αναγκάζει σε μια προσωρινή ανάπαυλα απ' την σκληρές γεωργικές εργασίες. Η πραγματική δουλειά θα ξαναρχίσει με την άνοιξη και τα πρώτα χελιδόνια. Η φύση είναι κι αυτή προσαρμοσμένη στις αλλαγές. Το έτος, που αντιστοιχεί σε μια πλήρη περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο, χωρίζεται, στις εύκρατες ζώνες, σε τέσσερις εποχές. Η διαδοχή των εποχών σημαδεύει βαθιά τη συμπεριφορά και τη φυσιολογία των ζώων. Ήδη από τον 4ο π.Χ. αιώνα, ο Αριστοτέλης διαπιστώνει ότι φαινόμενα τόσο διαφορετικά όπως είναι η χειμερία νάρκη, η αποδημία και η αναπαραγωγή, παρατηρούνται σε συγκεκριμένες μόνο περιόδους κατά τη διάρκεια του έτους. «*Τα πουλιά*», γράφει, «*μεταναστεύουν μετά τη φθινοπωρινή ισημερία για να αποφύγουν τον επερχόμενο χειμώνα. Η αρκούδα οδηγεί τα μικρά της έξω από τη φωλιά τον τρίτο μήνα μετά το χειμερινό ηλιοστάσιο...*»¹² Ο Αριστοτέλης θεωρούσε με άλλα λόγια πως η ζωή των ζώων μοιράζεται ανάμεσα σε δυο δραστηριότητες: την αναζήτηση τροφής και τον αναπαραγωγικό κύκλο. Και οι δυο ρυθμίζονται από την εναλλαγή των εποχών. Σήμερα, οι βιολόγοι διαπιστώνουν πως πράγματι, η δομή και η λειτουργία των διαφόρων οργάνων μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του έτους. Για πολλά είδη, όπως είναι το σύνολο σχεδόν των ασπόνδυλων, οι λειτουργίες καταστέλλονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα για να επανέλθουν και να κορυφωθούν κατά την άνοιξη. Στις περιοχές με Μεσογειακό κλίμα, όπου η δύσκολη εποχή δεν είναι ο σχετικά ήπιος χειμώνας αλλά το καλοκαίρι, πολλά από τα φυτά και τα ζώα πέφτουν σε ένα είδος θερινής νάρκης, μέχρις ότου αναζωογονηθούν με τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου. Τότε η γη πρασινίζει, τα λουλούδια ανθίζουν και βγαίνουν τα σαλιγκάρια. Ακόμη πιο εντυπωσιακή είναι η προσαρμογή της χλωρίδας και τις πανίδας στο ακραίο κλίμα των ερήμων. Πολλά από τα φυτά, όπως οι κάκτοι, αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες νερού στα σαρκώδη φύλλα τους που τους επιτρέπουν να επιβιώνουν σε μακρές περιόδους ξέστης και ξηρασίας, ενώ άλλα περνούν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους σε μορφή σπόρου, που περιμένει συχνά χρόνια ή και δεκαετίες μια σύντομη βροχή για να φυτρώσει, να ανθίσει και να γεννήσει νέος σπόρος για να ξεραθεί και πάλι μέσα σε λίγες μόνο ημέρες.

12. Αριστοτέλης (384-332 π.Χ.) στην «*Ιστορία περί Ζώων*».

Από τον χειμώνα στο θέρος

Ο Μεσογειακός χειμώνας έχει ένα σκυθρωπό και ένα χαρούμενο πρόσωπο. Είναι η περίοδος των τρικυμιών, όταν οι ναύτες τραβούσαν τα καράβια στην στεριά. Το χιόνι όμως σπανίζει στις χαμηλές πεδιάδες. Ηλιόλουστες ημέρες ξεπροβάλλουν απρόσμενα, και ο βοριάς παύει να φυσά. Η θάλασσα γίνεται απρόσμενα ήρεμη και τα κωπήλατα σκάφη αποτολμούσαν να βγουν για λίγο στα ανοιχτά. Εποχή των τρικυμιών ο χειμώνας αλλά και εποχή των ενεργητικών βροχών. Οι αρχαίοι Έλληνες μπορούν να γλεντάνε, να φλυαρούν, να πίνουν και να μην κάνουν μα τίποτα όσο καιρό ο Δίας με τις νεροποντές του «γονιμοποιεί την γή». Κάνει κρύο: ας στοιβάξουμε, λοιπόν τα κούτσουρα στη φωτιά κι ας πιούμε, είναι η συμβουλή του Αλκαίου, του λυρικού ποιητή της αρχαίας Λέσβου¹³. Και υπάρχει πάντα αρκετός χρόνος για μερικές δουλειές του χειμώνα: να κοπανάσουμε τους σπόρους του σταριού ή να τους καβουρδίσουμε για να διατηρηθούν, να ετοιμάσουμε το γλυκό κρασί, να πελεκήσουμε τους πασσάλους, να κόψουμε μέσα στο δάσος ένα κυρτό ξύλο από άγρια βαλανιδιά για να φτιάξουμε το σταβάρι του αρότρου μας, να πιάσουμε τα αποδημητικά πουλιά, να πλέξουμε πανέρια, να πάμε το καϊδουράκι μας μέχρι την αγορά της πόλης. Η πραγματική δουλειά αρχίζει μόνο με τις τελευταίες μέρες της άνοιξης, όταν ξανάρχονται τα χελιδόνια, που το νησί της Ρόδου τα χαιρετάει με ένα πολύ παλιό τραγούδι: «*Ἦλθ' ἦλθε χελιδὼν / Καλὰς ὥρας ἀγούσα / Καλοὺς ἐνιαυτοὺς / Εἰπὶ γαστέρα λευκὰ / Καπὶ νῶτα μέλαινα*». Αλλά πρόκειται για μια σύντομη άνοιξη που τελειώνει σχεδόν μόλις βλαστήσουν οι νάκινθοι και τα κρίνα της άμμου, τα μικροσκοπικά λουλούδια της ελιάς. Τότε αρχίζει ξανά «η κοπιαστική εποχή του θέρους»¹⁴, με τις ατέλειωτες δουλειές. Και το φορτωμένο αγροτικό πρόγραμμα δεν θα διακοπεί πια ως το φθινόπωρο, όταν, όπως λέει ο Ησίοδος, «ακούσεις τη φωνή του γερανού ψηλά απ' τα σύννεφα κάθε χρόνο να κράζει. Αυτή φέρνει το σημάδι για τ' όργωμα και την εποχή του χειμώνα δείχνει του βροχερού»¹⁵.

Άστατος καιρός, σταθερό κλίμα

Η ατμόσφαιρα της Γης εμφανίζει μια φαινομενικά αντιφατική συμπεριφορά: είναι ταυτόχρονα χαοτική, αλλά και προβλέψιμη. Οι απότομες αλλαγές του καιρού είναι σχεδόν καθημερινό φαινόμενο. Όλοι έχουμε παρατηρήσει πως μια ηλιόλουστη ημέρα μπορεί να δώσει τη θέση της στη βροχή, και πως ένα μπουρίνι στην θάλασσα ξεσπά κάποτε τόσο ξαφνικά, που αιφνιδιάζει και τον πιο έμπειρο ναυτικό. Πρέπει όμως να κάνουμε διάκριση ανάμεσα στον καιρό που μεταβάλλεται απρόβλεπτα σε καθημερινή βάση και το γενικότερο κλίμα ενός τόπου, που παρουσιάζει σταθερό-

13. Αλκαίος, απ. 45: «*Βρέχει ο Δίας και από τον ουρανό μεγάλη χειμωνιά και πάγωσαν οι ροές των νερών (...) όπου (...) Νίκα το χειμώνα, βάζοντας πάνω φωτιά, κερνώντας ακράτητα κρασί μελιχρό και στους κροτάφους γύρω μαλακό μαλλί*», μτφ. Σωκράτη Σκαρτσή, εκδ. «Κάκτος».

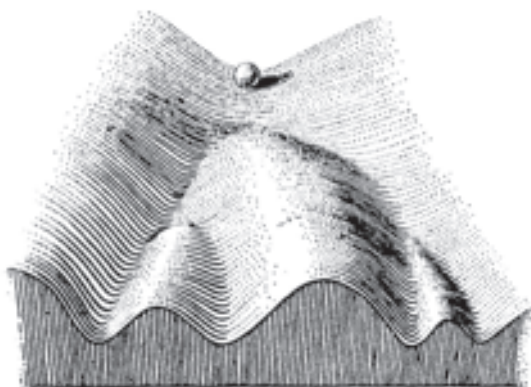
14. Ησίοδος, Έργα και Ημέραι, στίχος 664, μτφ. Σωκράτη Σκαρτσή, εκδ. «Κάκτος».

15. Ό.π., στίχοι 448-451.

τητα και κανονικότητα. Ο καιρός καθορίζεται από την θερμοκρασία, την νέφωση, την βροχή, την ηλιοφάνεια, την υγρασία, την ορατότητα και την ατμοσφαιρική πίεση. Όλες αυτές οι παράμετροι είναι αλληλεξαρτώμενες και μεταβάλλονται συνεχώς με

Τι καιρό θα κάνει μεθαύριο;

Ο καιρός είναι ένα χαοτικό σύστημα. Είναι το ίδιο σαν να λέγαμε ότι ο καιρός είναι ένα πολύπλοκο σύστημα, του οποίου την συμπεριφορά δεν μπορούμε να προβλέψουμε με ακρίβεια. Αντίθετα, τα απλά συστήματα είναι προβλέψιμα, αρκεί κανείς να γνωρίζει την αρχική τους κατάσταση. Μαθηματικά, τα απλά συστήματα περιγράφονται από ένα σύνολο ανεξάρτητων γραμμικών εξισώσεων, δηλαδή εξισώσεων που περιέχουν μόνον όρους πρώτου βαθμού. Στα «γραμμικά» συστήματα, αρκεί να γνωρίζουμε την κατάστασή τους σε μια χρονική στιγμή, για να υπολογίσουμε την κατάστασή τους σε οποιαδήποτε στιγμή του μέλλοντος. Αυτό είναι αδύνατο στα μη-γραμμικά ή πολύπλοκα συστήματα. Οι εξισώσεις που περιγράφουν τα πολύπλοκα συστήματα δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Η αλληλεξάρτηση εκφράζεται με την προσθήκη «μη-γραμμικών» όρων, δηλαδή όρων δευτέρου και ανώτερου βαθμού. Η ακριβής γνώση των αρχικών συνθηκών δεν επαρκεί τότε για την πρόβλεψη μελλοντικών καταστάσεων. Με απλούστερα λόγια, δεν αρκεί να ξέρω τι καιρό κάνει σήμερα για να είμαι σε θέση να πω με σιγουριά τι καιρό θα κάνει μεθαύριο. Τα πολύπλοκα συστήματα δεν είναι όμως και τόσο χαοτικά, όπως αρχικά φαίνεται. Όσο διαφορετικές και να είναι οι δυνατές προβλέψεις οι οποίες προκύπτουν από τις εξισώσεις που προσομοιώνουν τα καιρικά φαινόμενα, είναι βέβαιο ότι λ.χ. στην Αθήνα δεν περιμένουμε να χιονίσει τον Αύγουστο. Αυτό συμβαίνει γιατί οι λύσεις του μη-γραμμικού μας συστήματος μολονότι ενδέχεται να είναι άπειρες και ασταθείς, κινούνται μέσα σε καθορισμένα κανάλια που οι μαθηματικοί ονομάζουν «ελκυστές». Συνήα οι μαθηματικές απεικονίσεις έχουν τη μορφή μιας κοιλάδας. Στην παρατιθέμενη απλουστευμένη γραφική παράσταση η λύση του προβλήματος είναι η διαδρομή που θα ακολουθήσει μια σφαίρα η οποία μπορεί να μετατοπίζεται μέσα σε δι-



ακλαδούμενες κοιλάδες του τρισδιάστατου αναγλύφου που αποτελούν τους ελκυστές. Οι ελκυστές όμως δεν είναι ίδιοι, ο καθένας έχει τη δική του γεωμετρία. Ας υποθέσουμε ότι η σφαίρα βρέθηκε σ' ένα διάσελο. Ποια διαδρομή θα διαλέξει; Η επιλογή της (π.χ. η εξέλιξη του καιρού) θα είναι κατά το μάλλον ή ήττον τυχαία.

τρόπο λίγο ως πολύ τυχαίο και δύσκολα προβλέψιμο. Το κλίμα προσδιορίζεται από τους μέσους όρους των καιρικών παραμέτρων που υπολογίζονται λαμβάνοντας ως βάση τα καιρικά δεδομένα πολλών ετών. Παρά τις διακυμάνσεις του από χρόνο σε χρόνο, το κλίμα ενός τόπου μένει επί μακρά χρονικά διαστήματα σχεδόν σταθερό. Η μεταβολή του κλίματος είναι κατά κανόνα τόσο αργή, ώστε η βλάστηση, η πανίδα και ο άνθρωπος να έχουν τον χρόνο να προσαρμοσθούν. Εκφράσεις όπως «Τα χελιδόνια άργησαν να έρθουν φέτος», δείχνουν ότι τα περιμένουμε να τηρήσουν το πανάρχαιο δρομολόγιο που έχει καθοριστεί, μια για πάντα, από ένα αναλλοίωτο κλιματικό ημερολόγιο. Το κλίμα είναι μια από τις σταθερές της ζωής των ανθρώπων που συχνά βλέπουν στις ανωμαλίες του καιρού σημεία παρακμής της φυσικής και, κατ' επέκταση, της κοινωνικής τάξης. Αντίθετα μια χιλιόχρονη ελιά που εξακολουθεί να παράζει καρπούς μας καθησυχάζει. Το έμμεσο μήνυμα που εκπέμπει είναι ότι τουλάχιστον επί μια χιλιετία, οι διακυμάνσεις του κλίματος δεν ξεπέρασαν τα σχετικά στενά όρια αντοχής της.

Η θερμική μηχανή της ατμόσφαιρας

Από τον ήλιο, η θερμότητα μεταφέρεται στην ψυχρή επιφάνεια της Γης με την ηλιακή ακτινοβολία. Μέρος της αντανακλάται από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα πίσω στο διάστημα, μέρος της απορροφάται από την ατμόσφαιρα και το υπόλοιπο θερμαίνει την επιφάνεια της ξηράς και το νερό των ωκεανών. Η θερμή επιφάνεια της Γης εκπέμπει με την σειρά της θερμική ακτινοβολία προς το διάστημα. Μέρος της απορροφάται από την ατμόσφαιρα και την θερμαίνει. Ιδιαίτερο ρόλο στην απορρόφηση της θερμικής ακτινοβολίας παίζουν οι υδατμοί και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το τελευταίο, παρά τις ελάχιστες συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα που κυμαίνονται γύρω στο 0,03%, έχει κρισιμότητα ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο της Γης γιατί παγιδεύει την (υπέρυθρη) θερμική ακτινοβολία και την επανεκπέμπει στο έδαφος. Χωρίς το διοξείδιο του άνθρακα, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν γύρω στους -18°C (και όχι στους $+15^\circ\text{C}$ που είναι σήμερα). Η αύξηση όμως των συγκεντρώσεων του CO_2 , που άρχισε με την βιομηχανική επανάσταση και συνεχίζεται αμείωτη, φαίνεται να ανατρέπει την σημερινή ισορροπία του παγκόσμιου κλίματος. Εκτός από το CO_2 και το μεθάνιο (αέρια του θερμοκηπίου) στην αλλαγή του κλίματος συντελούν και τα μικροσωματίδια (aerosols) τα οποία είτε αντανακλούν, είτε απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στη Γη. Τα σωματίδια αυτά φτάνουν στην ατμόσφαιρα από χερσαίες πηγές, όπως η βιομηχανία, τα ηφαίστεια και οι δασικές πυρκαγιές.

Όλα τα μέρη της Γης δεν θερμαίνονται ομοιόμορφα. Οι διαφορές θερμοκρασίας, συχνά μεγάλες ανάμεσα στη μέρα και τη νύχτα, εξαρτώνται ακόμα από την εποχή του έτους, το γεωγραφικό πλάτος, την απόσταση απ' την θάλασσα, την υγρασία της ατμόσφαιρας και την νέφωση. Η θερμότητα που δέχεται η επιφάνεια της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη από αυτή που εκπέμπεται στο διάστημα μόνο στην ζώνη ανάμεσα στις 40° βόρειο και νότιο πλάτος (στις πολικές περιοχές). Στα μεγαλύτερα πλάτη το θερμικό ισοζύγιο είναι αρνητικό. Χωρίς την μεταφορά θερμότητας από τις θερμές στις ψυχρές περιοχές με τους ανέμους και τα θαλάσσια ρεύματα, η θερμοκρασία τον αρκτικό χειμώνα στον Βόρειο Πόλο θα ήταν τόσο χαμηλή, όσο σχεδόν και στο διάστημα, ενώ οι τροπικοί θα φλέγονταν από την ζέστη που θα επικρα-

τούσε εκεί. Ευτυχώς λοιπόν οι διαφορές θερμοκρασίας θέτουν σε κίνηση την κλιματική θερμική μηχανή που τείνει να εξομαλύνει τις μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας οι οποίες οφείλονται στην άνιση κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ατμόσφαιρα και οι ωκεανοί βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Άνεμοι και θαλάσσια ρεύματα μεταφέρουν συνεχώς θερμότητα από τον Ισημερινό και τις τροπικές περιοχές προς τις εύκρατες και τις πολικές ζώνες.

Οι βραχείς και οι μακροί κύκλοι

Κάθε μέρα λίγο πριν ανατείλει ο ήλιος οι ακτίνες του αρχίζουν να φωτίζουν και να θερμαίνουν την Γη. Η ένταση της ακτινοβολίας που δέχεται ένας τόπος αυξάνεται, όσο ο ήλιος ανεβαίνει στον ορίζοντα και είναι μέγιστη λίγο μετά το μεσημέρι. Στην συνέχεια μειώνεται και γίνεται μηδενική μετά την δύση του ηλίου. Η διάρκεια της ημέρας διαφέρει ανάλογα με την εποχή και το γεωγραφικό πλάτος. Στο βόρειο ημισφαίριο, αποκτά την μέγιστη τιμή στις 22 Ιουνίου, ημέρα του θερινού ηλιοστασίου και την ελάχιστη στις 22 Δεκεμβρίου, ημέρα του χειμερινού ηλιοστασίου. Πάνω από τον πολικό κύκλο την ημέρα του θερινού ηλιοστασίου ο ήλιος δεν δύει και την ημέρα του χειμερινού δεν ανατέλλει καθόλου (στο νότιο ημισφαίριο συμβαίνει το αντίστροφο). Δύο φορές τον χρόνο, τις ημερομηνίες της εαρινής και της χειμερινής ισημερίας η ημέρα και η νύχτα έχουν την ίδια διάρκεια. Όσο απομακρυνόμαστε από τους Πόλους, οι διαφορές ανάμεσα στην διάρκεια της ημέρας και της νύχτας μειώνονται και στον Ισημερινό ημέρα και νύχτα διαρκούν μονίμως 12 ώρες.

Αν εξαιρέσουμε τις διακυμάνσεις που οφείλονται στην νεφοκάλυψη, το ποσό της ακτινοβολίας που δέχεται ένας τόπος εξαρτάται από δύο μόνο παράγοντες: την διάρκεια της ημέρας και το ύψος της τροχιάς του ηλίου. Όσο η τροχιά του ηλίου είναι χαμηλή, τόσο η γωνία προσπτώσεως της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη και τόσο μικρότερο είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή η ένταση της ακτινοβολίας, όσο μεγαλώνει η γωνία προσπτώσεως, τόσο αυξάνει η αντανάκλαση και η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα, καθώς το διάστημα που διανύει μέσα σ' αυτήν είναι μεγαλύτερο.

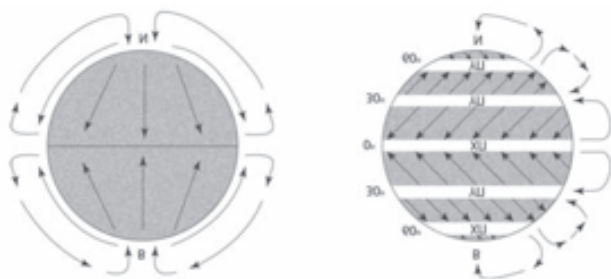
Στην μεγάλη χρονική διάρκεια η γωνία προσπτώσεως, η ένταση και η κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας μεταβάλλονται περιοδικά. Οι μεταβολές αυτές αποτελούν ίσως το κλειδί των κυκλικών εναλλαγών ψυχρών και θερμών περιόδων, ιδιαίτερα κατά το πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν των 2 εκατομμυρίων ετών. Οι «κύκλοι του Μιλάνκοβιτς» («Milankovitch»), όπως ονομάστηκαν προς τιμή του επιστήμονα που τις ανακάλυψε, είναι τρία επικαλυπτόμενα φαινόμενα που αφορούν περιοδικές μεταβολές στην τροχιά της Γης και την κλίση και την διεύθυνση του άξονά της. Ο πρώτος κύκλος είναι μια μικρή περιοδική μεταβολή της εκκεντρότητας (της ελλειπτικότητας) της τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο με αποτέλεσμα να υπάρχουν περίοδοι, όπου μεγιστοποιείται η διαφορά ανάμεσα στο περιήλιο και το αφήλιο (την πιο κοντινή και την πιο μακρινή απόσταση της Γης από τον Ήλιο), και άλλες όπου η διαφορά αυτή ελαχιστοποιείται. Η περίοδος αυτής της κυκλικής μεταβολής είναι 100.000 χρόνια. Η δεύτερος κύκλος αφορά την κλίση του άξονα της Γης που μεταβάλλεται από 22,1° ως 24,5° με περιόδικοτητα 41.000 ετών. Ο τρίτος κύκλος είναι η μετάπτωση του άξονα της Γης (που αλλάζει κατεύθυνση κυκλικά όπως ο άξονας μιας σφούρας πριν σταματήσει).

Η κίνηση κρατάει τον πλανήτη ζωντανό

Στην ζώνη του Ισημερινού, τα στρώματα του αέρα που έρχονται σε επαφή με το έδαφος θερμαίνονται. Ο θερμός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα και ανεβαίνει προς τα πάνω. Στους πόλους, αντίθετα, ο αέρας κρυώνει και κατεβαίνει προς τα κάτω καθώς η πυκνότητά αυξάνεται. Το πολικό καθοδικό ρεύμα δημιουργεί χαμηλές πιέσεις στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας που προσελκύουν τον θερμό αέρα του Ισημερινού. Το ανοδικό ρεύμα στον Ισημερινό δημιουργεί χαμηλή πίεση στην επιφάνεια της Γης και προσελκύει τον ψυχρό αέρα από τον Βορρά, κλείνοντας τον κύκλο. Την απλή αυτή εξήγηση στα βασικά κλιματικά φαινόμενα έδωσε ο Άγγλος μετεωρολόγος George Hadley ήδη το 1735. Την θεωρία αυτή επιβεβαίωσε το 1856, πάνω από έναν αιώνα μετά, ο αμερικανός William Ferrel. Σήμερα γνωρίζουμε ότι η ατμοσφαιρική κυκλοφορία είναι περισσότερο σύνθετη, μολοντί, ο βασικός μηχανισμός των ανοδικών ρευμάτων στον Ισημερινό και των καθοδικών στους πόλους εξακολουθεί να θεωρείται ως το βασικό αίτιο που επηρεάζει όλα τα κλιματικά φαινόμενα σε πλανητική κλίμακα. Η κατακόρυφη κίνηση του αέρα δεν δημιουργεί έναν αλλά τρεις βρόχους μεταφοράς αέρα ανάμεσα στον Ισημερινό και τους πόλους σε κάθε ημισφαίριο. Ο πρώτος, έχει ονομασθεί “βρόχος του Hadley” προς τιμήν του Άγγλου μετεωρολόγου, ο δεύτερος “βρόχος του Ferrel, προς τιμήν του Αμερικανού συναδέλφου του και ο τρίτος είναι απλώς ο “πολικός βρόχος”.

Η γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας

Απλουστευμένη σχηματική παράσταση του βρόχου του Hadley αριστερά, και του βρόχου του Ferrel δεξιά. Στο μοντέλο του Hadley παρατηρούμε μια ισχυρή θέρμανση στην ισημερινή ζώνη που δημιουργεί μια εκτεταμένη περιοχή χαμηλών πιέσεων και έντονη ψύξη στους πόλους η οποία με τη σειρά της δημιουργεί μια επιφάνεια υψηλών πιέσεων. Στο δεύτερο του Ferrel οι τροπικές περιοχές συνεχίζουν να δέχονται μεγάλα ποσά ενέργειας και οι πόλοι μικρά. Σε κάθε ημισφαίριο αναπτύσσονται τρία κύτταρα που αναλαμβάνουν να ανακατανεύμουν την ενέργεια. Μια περιοχή υψηλής επιφανειακής πίεσης παρατηρείται στους πόλους και μία ζώνη χαμηλών πιέσεων συνεχίζει να υπάρχει στον Ισημερινό.



Οι οριζόντιοι άνεμοι οι οποίοι συνδέονται με τα ανοδικά και καθοδικά ρεύματα προκαλούν τους οριζόντιους “αληγείς” ανέμους που λόγω της σταθερότητάς τους έπαιξαν σημαντικό ρόλο στις εξερευνήσεις και στο υπερπόντιο εμπόριο την εποχή των ιστιοφόρων. Η διεύθυνση των ανέμων αυτών επηρεάζεται από τις δυνάμεις Coriolis που οφείλονται στη περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της. Στο βόρειο ημισφαίριο, οι άνεμοι που πνέουν προς τα νότια εκτρέπονται προς τα δυτικά, και αυτοί που πνέουν προς Βορρά, προς τα ανατολικά. Για τον λόγο αυτό, στην τροπική περιοχή από τον Ισημερινό ως τις 30°, οι άνεμοι που επικρατούν είναι βορειοανατολικοί, στην εύκρατη περιοχή, από 30° ως 60° δυτικοί και στην αρκτική περιοχή, ανατολικοί. Το σχήμα αυτό είναι πολύ απλουστευτικό. Η μεταφορά θερμού αέρα από την τροπική ζώνη προς τα μεγαλύτερα πλάτη δεν γίνεται μόνο από τους αληγείς. Σημαντικό ρόλο στην μεταφορά αυτή παίζουν και οι τροπικοί κυκλώνες.

Χωρίς την κίνηση των ανέμων, η ξηρά θα ήταν μια απέραντη έρημος, χωρίς σταγόνα νερού και φυσικά χωρίς ίχνος ζωής. Τα ανοδικά ρεύματα ζεστού αέρα που δημιουργούνται στον Ισημερινό συμπαρασύρουν προς τα πάνω μεγάλες ποσότητες υδρατμών από την έντονη εξάτμιση των ωκεανών την οποία προκαλούν οι υψηλές τροπικές θερμοκρασίες. Στα ανώτερα στρώματα, οι υδρατμοί ψύχονται, συμπυκνώνονται σε σύννεφα και ξαναπέφτουν ως βροχή στο έδαφος και τους ωκεανούς. Ο αέρας έχοντας χάσει τους υδρατμούς του μετατοπίζεται προς τα μεγαλύτερα πλάτη όπου σταδιακά ψύχεται. Γύρω στις 30° βόρειο και νότιο πλάτος συγκρούεται με τον επίσης ξηρό αέρα που έρχεται από τον Βορρά και δημιουργεί καθοδικά ρεύματα που προκαλούν έντονη εξάτμιση στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και στην επιφάνεια της Γης. Σε αυτό οφείλεται η εμφάνιση ερήμων γύρω κάτω και πάνω από το πλάτος αυτό τόσο στο βόρειο, όσο και στο νότιο ημισφαίριο. Στην εύκρατη ζώνη, βορειότερα και νοτιότερα από την ζώνη των ερήμων, οι μάξες ψυχρού και ξηρού αέρα που κατεβαίνουν από τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη συγκρούονται με τις θερμές και υγρές μάξες αέρα που φέρουν οι άνεμοι από τα δυτικά, προκαλώντας συμπύκνωση των υδρατμών και υψηλές βροχοπτώσεις καθ' όλη την διάρκεια του έτους και κυρίως το καλοκαίρι. Στις πολιτικές περιοχές οι ανατολικοί άνεμοι που επικρατούν είναι ξηροί και το κλίμα αντίστοιχα είναι ψυχρό και εξαιρετικά ξηρό.

Οι κλιματικές ζώνες

Η βλάστηση είναι γενικά ένας πολύ καλός δείκτης του κλίματος. Παρά τις μεγάλες ανομοιότητες και την ποικιλία των φυτών, η βλάστηση παρουσιάζει ορισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά, που είναι λίγο ως πολύ κοινά στην κάθε κλιματική ζώνη, αλλά διαφέρουν σημαντικά από τα χαρακτηριστικά των γειτονικών ζωνών. Η κατανομή των βλαστικών ζωνών παρουσιάζει μια κανονικότητα και σταθερότητα που αντιστοιχεί στην σταθερότητα και κανονικότητα των κλιματικών συνθηκών που συνοψίζονται στις τιμές της θερμοκρασίας και το ύψος των βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια των περιόδων βροχής και ανομβρίας. Οι ζώνες αυτές εκτείνονται σχεδόν συμμετρικά, από τον Ισημερινό προς τους πόλους. Στις υψηλές σταθερές θερμοκρασίες του Ισημερινού με τις συνεχείς βροχοπτώσεις, η κυρίαρχη βλάστηση είναι τα τροπικά ομβρόφιλα δάση. Τα δάση αυτά τα διαδέχονται τα ξηρά τροπικά δάση που καταλαμβάνουν την υποτροπική ζώνη, όπου η θερμοκρασία και το ύψος των βροχοπτώσεων εί-

Τα σύννεφα που μεταφέρουν ρύπους

Η κίνηση των αερίων μαζών παίζει σημαντικό ρόλο στη μεταφορά και την διασπορά ρύπων σε μεγάλες αποστάσεις από το σημείο παραγωγής τους. Ορισμένοι από τους μεταφερόμενους ρύπους είναι αέρια, άλλοι αποτελούνται από υγρά σταγονίδια και άλλοι από στερεά σωματίδια που, μαζί με τα σταγονίδια, ονομάζονται αερολύματα. Τα σύννεφα για να παραχθούν χρειάζονται την ύπαρξη των μικροσκοπικών υγρών ή στερεών σωματιδίων. Αυτά δημιουργούν τους πυρήνες γύρω από τους οποίους συμπυκνώνονται οι υδρατμοί για να σχηματίσουν τα σταγονίδια του νερού που συγκροτούν τα σύννεφα. Τα σταγονίδια του νερού διαλύουν τους αέριους ρύπους, όπως είναι τα οξείδια του αζώτου και του θείου, που εκπέμπονται κατά κανόνα στην ατμόσφαιρα μαζί με αερολύματα από τις καύσεις πετρελαίου και άνθρακα. Οι ρύποι αυτοί, όταν διαλύονται στο νερό, παράγουν νιτρικό και θειικό οξύ. Με τους ανέμους η αέρια ρύπανση μεταφέρεται σε συχνά σε μεγάλες αποστάσεις και τελικά ξαναπέφτει στη Γη υπό μορφή όξινης βροχής. Το φαινόμενο αυτό, που στις δεκαετίες του 60 και του 70 πήρε μεγάλες διαστάσεις, προσέβαλε πολλές από τις λίμνες και τα δάση της κεντρικής και της βόρειας Ευρώπης όπου βρίσκονται όξινα πετρώματα. Στην Μεσογειακή ζώνη και την Ελλάδα το πρόβλημα δεν ήταν ποτέ τόσο έντονο, χάρη στην μεγάλη εξάπλωση των ασβεστολιθικών (αλκαλικών) πετρωμάτων που εξουδετερώνουν τις επιπτώσεις της όξινης βροχής στο έδαφος και τα νερά. Για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της όξινης βροχής υποχρεώθηκαν οι βιομηχανίες, και κυρίως τα εργοστάσια που παράγουν ενέργεια να τοποθετήσουν συστήματα για την αποθείωση των καυσαερίων που εκπέμπον και έγιναν σημαντικές αλλαγές στα καύσιμα. Αλλά το πρόβλημα σε πολλές περιοχές του πλανήτη παραμένει. Στις θερμοηλεκτρικές μονάδες των νησιών του Αιγαίου που χρησιμοποιείται μαζούτ, η αλλαγή του καυσίμου – μετά από την Οδηγία 2015/2193 που δίνει προθεσμία συμμόρφωσης ως το 2020 – θεωρείται μονόδρομος. Ίσως αυτό να είναι μια ευκαιρία, έστω και καθυστερημένη, για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

ναι υψηλό, αλλά το κλίμα χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ξηρών περιόδων. Με την μείωση των ετήσιων βροχοπτώσεων, όσο απομακρυνόμαστε από τον Ισημερινό, αλλά και με την αύξηση της διάρκειας των περιόδων ξηρασίας, το δάσος αραιώνει και αρχίζει η κυριαρχία της σαβάνας που φτάνει μέχρι τους τροπικούς του Καρκίνου και του Αιγόκερω. Στις ερήμους που εκτείνονται στις ζώνες των τροπικών το κλίμα είναι εξαιρετικά ξηρό και οι ετήσιες βροχοπτώσεις δεν υπερβαίνουν τα 200 χιλιοστά.

Ακολουθεί η στενή ζώνη των σκληροφύλλων ανάμεσα από τις 35° ως τις 40° βόρειο και νότιο πλάτος, όπου επικρατεί το Μεσογειακό κλίμα με τα άνυδρα θερμά καλοκαίρια και τους ήπιους υγρούς χειμώνες. Όσο οι βροχοπτώσεις αυξάνουν και η ξηρή καλοκαιρινή περίοδος τείνει να εξαφανισθεί, το κλίμα γίνεται εύκρατο και η βλάστηση αποτελείται από πλατύφυλλα φυλλοβόλα. Σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, καθώς η θερμοκρασία μειώνεται, τα φυλλοβόλα δάση διαδέχεται η ζώνη των κωνοφόρων και σε ηπειρωτικές περιοχές με ξηρό κλίμα, οι ψυχρές στέπες. Βορειότερα από την τάιγκα και ως τα όρια των πάγων εκτείνεται η άδενδρη και παγωμένη τούνδρα.

Το κλίμα όμως δεν μεταβάλλεται μόνο όσο προχωρούμε από τους τροπικούς προς τους πόλους, αλλά και όσο ανεβαίνουμε την πλαγιά ενός βουνού. Στις πλαγιές των ψηλών βουνών διακρίνουμε αντίστοιχες βλαστικές ζώνες όπως και αυτές που αντιστοιχούν στα διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη. Ακόμη και στις δικές μας ηπειρωτικές περιοχές, ανεβαίνοντας ένα βουνό όπως ο Όλυμπος, συναντάμε όλες τις κλιματικές ζώνες που θα συναντούσαμε αν ταξιδεύαμε από την Ελλάδα στην Φινλανδία! Το μεσογειακό κλίμα στους πρόποδες του βουνού με δάση από κουμαριές και πουρνάρια διαδέχεται το εύκρατο κλίμα της ζώνης από 500 ως 1200 μέτρα με δάση δρυός και καστανιές, κυρίως στις ρεματιές. Σε μεγαλύτερο υψόμετρο επικρατούν οι οξιές, τα δάση της μαύρης πεύκης και τα έλατα, που αντιστοιχούν στην ψυχρή ζώνη. Ακόμη ψηλότερα από τα 1700 ως τα 2200 μέτρα το κλίμα είναι πολύ ψυχρό και η βλάστηση αποτελείται από αραιά ρόμπολα. Στην ακόμη ψηλότερη ζώνη οι κλιματικές συνθήκες μοιάζουν με αυτές που επικρατούν στις αρκτικές περιοχές. Μόνο νανώδη πολυετή φυτά επιβιώνουν σε αυτό το περιβάλλον.

Κάθε εκατό μέτρα υψομετρικής διαφοράς η θερμοκρασία πέφτει κατά 0,6° C.

Θεομηνίες στους τροπικούς

Κάθε χρόνο, από τον Ιανουάριο ως το Μάρτιο, δηλαδή το καλοκαίρι του νοτίου ημισφαιρίου, ένα σύστημα υψηλών ατμοσφαιρικών πιέσεων, γνωστό ως αντικυκλώνας του Ειρηνικού, κατεβαίνει προς τα νοτιοδυτικά, απομακρυνόμενο από τον Ισημερινό και τις ακτές της Λατινικής Αμερικής. Οι ετήσιοι αληγείς άνεμοι που πνέουν στα ανοιχτά της Χιλής και του Περού εξασθενίζουν και τα ενεργειακά ανοδικά ρεύματα του ωκεανού περιορίζονται. Έτσι, τα ζεστά επιφανειακά ρεύματα του Ισημερινού βρίσκουν την ευκαιρία να κατέβουν προς το Νότο δημιουργώντας μόνιμα βαρομετρικά χαμηλά. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση των βροχοπτώσεων, αλλά και η μείωση της παραγωγικότητας της θάλασσας εξαιτίας της περιορισμένης ανακύκλωσης των νερών και της εξ' αυτού μειωμένης παρουσίας των θρεπτικών αλάτων. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει λιγότερο πλαγκτόν και λιγότερη τροφή για τα ψάρια. Ορισμένες χρονιές τα φαινόμενα αυτά (με την κωδική ονομασία El Nino) είναι τόσο έντονα που παίρνουν τη μορφή θεομηνίας. Η τελευταία τέτοια χρονιά ήταν το 1982. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας των νερών και της κατακόρυφης αύξησης της υγρασίας στην ατμόσφαιρα, καταρρακτώδεις βροχές έπληξαν τις ακτές του σημερινού και του Περού και το ύψος της βροχής έφτασε τα τρία μέτρα! Οι ορυζώνες, οι μπανανοκαλλιέργειες και οι φυτείες του κακάο υπέστησαν ολική καταστροφή, τα κοπάδια αποδεκατίστηκαν από τις αρρώστιες, σμήνη κουνουπιών αναπτύχθηκαν στα στάσιμα νερά και ο τυφοειδής πυρετός έκανε την εμφάνισή του. Εξαιτίας των πλημμυρών, καταστράφηκαν γεφύρια, οι νεκροί ξεπέρασαν τους 1000 και πολλά σπίτια στις πλαγιές των βουνών παρασύρθηκαν από τα χώματα που υποχωρούσαν. Η αλιεία σημείωσε κι αυτή θεαματική πτώση και τα εργοστάσια μεταποίησης έβαλαν λουκέτο. Τέλος πολλοί πληθυσμοί πουλιών αποδεκατίστηκαν (εξ αιτίας της έλλειψης τροφής) ενώ στην δυτική ακτή του Ειρηνικού η ξηρασία προκάλεσε εκτεταμένες πυρκαγιές των δασών (Ινδονησία, Βόρνεο).

Παρόμοια είναι η μείωση της θερμοκρασίας όταν μετατοπιζόμαστε εκατό περίπου χιλιόμετρα προς τον βορρά. Η βλάστηση που απαντά σε υψόμετρο 1000 μέτρων σε ένα Μεσογειακό βουνό μοιάζει πολύ περισσότερο με αυτή που επικρατεί σε μια απόσταση πάνω από 1000 χιλιόμετρα προς βορρά παρά με την βλάστηση στο ίδιο βουνό 500 μόλις μέτρα χαμηλότερα.

Παρά την φαινομενική του σταθερότητα στην κλίμακα της ανθρώπινης ζωής, το κλίμα μεταβάλλεται συνεχώς. Μετρώντας την απόσταση ανάμεσα στους δακτύλιους σε παλιούς κορμούς δέντρων, τα αποτυπώματα ζώων σε παγετώνες ή τα ιζηματογενή πετρώματα, ερευνώντας τις αφηγήσεις από τις παραδόσεις των λαών και παρατηρώντας ευρήματα μέσα σε σπηλιές που φύλαξαν για καιρό τα μυστικά τους, μπορούμε να συνθέσουμε σιγά-σιγά την εικόνα του παρελθόντος και να διαβάσουμε την εξέλιξη του κλίματος και της ζωής στις διάφορες περιοχές.

Στην διάρκεια του Τεταρτογενούς, που άρχισε πριν από 1,7 εκατομμύρια χρόνια, ψυχρές μακροπερίοδοι διαδέχονται τις θερμές, οι παγετώνες των πόλων εξαπλώνονται ή υποχωρούν σε μια κυκλική διαδοχή ενώ κι αυτές οι παγετώδεις περιόδους διακόπτονται από θερμότερα μεσοπαγετώδη διαλειμματα. Η βλάστηση ακολουθεί τους ίδιους ρυθμούς και οι ζώνες της μετατοπίζονται προς Βορρά ή προς Νότο καθώς επεκτείνεται ή υποχωρεί το κάλυμμα των πάγων. Μετά την τελευταία παγετώδη περίοδο που κορυφώθηκε πριν από 18.000 χρόνια το κλίμα άρχισε να γίνεται πιο θερμό και πιο υγρό.

Στη Σαχάρα, που σήμερα αποτελεί έναν από τους πιο αφιλόξενους τόπους, μέχρι πριν από 6.500 χρόνια αφθονούσαν οι λίμνες και τα εύφορα λιβάδια που δημιουργούσαν το υπόβαθρο για μια μεγάλη ποικιλία μορφών ζωής. Στους πυθμένες αυτών των αρχαίων λιμνών, που σήμερα καλύπτονται από άμμο, έχουν βρεθεί απολιθώματα κροκοδείλων και ιπποποτάμων. Υπόλειμμα αυτής της υγρής περιόδου είναι το υπόγειο νερό που σε πολλές περιοχές βρίσκεται σε μικρό βάθος στο υπόδαφος της ερήμου και τροφοδοτεί τα πηγάδια από τα οποία ξεδιψούν σήμερα άνθρωποι και ζώα. Η χρονολόγηση του νερού των πηγαδιών, που βασίζεται στην χρήση ραδιενεργών ισotόπων, έδειξε ότι η ηλικία τους ξεπερνά τα 10.000 χρόνια.



Βραχογραφία στο Tin Tazarif στην περιοχή Tassili της Αλγερίας.

Πηγή: www.evolv.ho.ua.

Το οροπέδιο Τασιλί στην κεντρική Σαχάρα αποτελεί μέρος της ερήμου. Εκεί, πάνω στις επιφάνειες ψαμμιτικών βράχων προστατευμένων από τα καιρικά φαινόμενα, βρέθηκαν βραχογραφίες που αναπαριστούν ζώα και ανθρώπους μιας εποχής όπου το κλίμα ήταν πολύ πιο υγρό απ' το σημερινό. Οι αγελάδες που φαίνονται στις αναπαραστάσεις αυτές έζησαν πριν από 6.500 χρόνια. Να ση-

μειώσουμε πως μοιάζουν περισσότερο με τις αγελάδες της Ευρώπης παρά με αυτές που συναντάμε σήμερα στην Αφρική. Παρόμοιες βραχογορφίες βρέθηκαν και στο οροπέδιο του Τιμπεστί, 1000 χλμ. νοτιοανατολικά.

Ο μύθος των δασών και του οξυγόνου

Τα ώριμα δάση δεν εμπλουτίζουν την ατμόσφαιρα με οξυγόνο. Για να είμαστε πιο συγκεκριμένοι, εισάγουν τόσο οξυγόνο όσο ακριβώς καταναλώνουν. Για να γίνει αυτό κατανοητό ας εξετάσουμε αυτό που συμβαίνει σε ένα τμήμα ενός δάσους, τον οποίο δεν έχει ακόμα αρχίσει η εκμετάλλευση. Το τμήμα αυτό τον δάσους θεωρούμε πως βρίσκεται σε «στάσιμη κατάσταση», δηλαδή εδώ και αιώνες τα δέντρα φυτρώνουν και πεθαίνουν επιτόπου και το συνολικό βάρος της βιομάζας¹⁶ του δάσους μένει σταθερό. Όταν ένα από τα δέντρα αυτού του δάσους μεγαλώνει, το βάρος του αυξάνει, δηλαδή παράγει οργανική ύλη καταναλώνοντας το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) της ατμόσφαιρας και το νερό που του παρέχει το έδαφος. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας παράγεται οξυγόνο. Το οξυγόνο αυτό χρησιμεύει για την αναπνοή των φυτών και των ζώων του δάσους. Η οξειδωση της οργανικής ύλης συνεχίζεται. Όταν όμως το δέντρο πεθαίνει, τότε θα αποσυντεθεί από τα βακτηρίδια και τα πράγματα εξελίσσονται προς την αντίθετη κατεύθυνση: Τα βακτηρίδια που αποσυνθέτουν την οργανική ύλη καταναλώνουν το ελεύθερο στην ατμόσφαιρα οξυγόνο παράγοντας CO_2 . Το ισοζύγιο λοιπόν του οξυγόνου στη διαδικασία που περιγράψαμε είναι μηδενικό. Έτσι, το δάσος κατά την κανονική λειτουργία του δεν αυξάνει (ούτε μειώνει) το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Αύξηση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο μπορεί όμως να συμβεί κάτω από ειδικές συνθήκες. Αν για παράδειγμα ένα μεγάλο μέρος του δάσους καταπλακωθεί από αρκετά πυκνά στρώματα εδάφους που να μην επιτρέπουν τη διείσδυση του αέρα. Αυτό συνέβη κατά τη διάρκεια της λιθανθρακοφόρου περιόδου. Την εποχή εκείνη, που ξεκίνησε πριν 400 εκ. χρόνια, η Γη είχε μια εκτεταμένη φυτοκάλυψη. Πολλά φυτά εξαιτίας γεωλογικών μεταβολών καταπλακώθηκαν από αργιλικά ιζήματα και παγιδεύτηκαν στο εσωτερικό της Γης. Εκεί, με τη βοήθεια της θερμότητας και την απουσία αέρα, οι οργανική μάζα των φυτών μετετράπη σε λιγνίτη και αργότερα σε λιθάνθρακα. Ένα μέρος επίσης από το πλαγκτόν της θάλασσας μετετράπη με την ίδια διαδικασία σε πετρέλαιο κι φυσικό αέριο. Η δέσμευση αυτή βιομάζας που δεν αποσυντέθηκε, δημιούργησε στην ατμόσφαιρα ένα πλεόνασμα οξυγόνου. Σήμερα, το οξυγόνο αυτό υπολογίζεται ότι αποτελεί το 21% (κατά βάρος) του συνόλου των αερίων της ατμόσφαιρας, ή αλλιώς 210 γρ. οξυγόνου ανά τετραγωνικό εκατοστό της επιφάνειας του πλανήτη και είναι λίγο ως πολύ σταθερό στην ανθρωπική κλίμακα. Με βάση αυτό το πλεόνασμα του οξυγόνου, μπορούμε να υπολογίσουμε τις ποσότητες άνθρακα και πετρελαίου που βρίσκονται στα κοιτάσματα.

16. Βιομάζα είναι το βάρος της ζωντανής ύλης σε κάθε τροφικό επίπεδο και η υπόθεση που κάνουμε είναι ότι η ενέργεια που περιέχεται στην ζωντανή ύλη είναι ανάλογη προς το βάρος της.

Αν γυρίσουμε το γεωλογικό ρολοί πίσω στην αρχή της δημιουργίας, δισεκατομμύρια χρόνια πριν, θα βρούμε χιλιάδες ηφαίστεια διάσπαρτα στο σώμα του νεογέννητου πλανήτη. Από τα σπλάχνα τους εκπέμπονταν τεράστιες ποσότητες υδρατμών, θείου, οξειδίων του άνθρακα, μεθανίου και αμμωνίας, καθώς και άλλων, σε μικρότερες ποσότητες τοξικών θα λέγαμε σήμερα αερίων, που έφτιαχναν ένα πέπλο σ' έναν χωρίς ζωή πλανήτη. Με την εμφάνιση των ωκεανών, πριν από 4 δισεκατομμύρια χρόνια, οι συνθήκες άλλαξαν. Οι πρώτοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί έκαναν την εμφάνισή τους. Την εποχή εκείνη το διοξείδιο του άνθρακα ήταν εκατοντάδες φορές περισσότερο απ' ότι σήμερα και το οξυγόνο του αέρα σε ελάχιστα ίχνη και δηλητηριώδες για τους πρωτόγονους οργανισμούς. Σιγά-σιγά όμως και καθώς η φωτοσυνθετικές διαδικασίες γενικεύθηκαν, η φυσική επιλογή παρήγαγε οργανισμούς ικανούς να ζήσουν και να αναπτυχθούν σε ένα πλούσιο σε οξυγόνο περιβάλλον. Η ύπαρξη οξυγόνου είχε και ένα άλλο παράπλευρο αποτέλεσμα: δημιούργησε τις συνθήκες για την παραγωγή του όζοντος στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (*στρατοσφαιρικό όζον*). Το αέριο αυτό, έχοντας την ιδιότητα να απορροφά την μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία, επέτρεψε την εμφάνιση ανώτερων μορφών ζωής και κυρίως την αποδέσμευσή τους από την προστασία της θάλασσας – όπου οι οργανισμοί έβρισκαν καταφύγιο για να αποφύγουν το καταστροφικό για το κύτταρά τους υπεριώδες φως. Σήμερα, η μείωση του πάχους του όζοντος στην στρατόσφαιρα (τρύπα του όζοντος) επαναφέρει στην επικαιρότητα το ζήτημα της διαταραχής της δομής της γήινης ατμόσφαιρας και καθιστά τον βιομηχανικό πολιτισμό υπεύθυνο για το πριόνισμα του δέντρου της ζωής.

Έκτοτε και επί περίπου 500 εκ. χρόνια, η ατμόσφαιρα της Γης (και η χημεία της) διατηρούν μια αξιοσημείωτη σταθερότητα και η συγκέντρωση των κύριων αερίων (άζωτο και οξυγόνο) παραμένει ουσιαστικά αναλλοίωτη. Η γενική μέση θερμοκρασία δεν έπεσε ποτέ κάτω από το μηδέν ούτε ποτέ ξεπέρασε τα επίπεδα που συναντάμε σήμερα στις ερήμους της τροπικής ζώνης.

Η μνήμη των πάγων

Από την αρχή του Πλειστόκαινου, πριν από 1,7 εκ. χρόνια, όλες μορφές της χερσαίας ζωής έπρεπε να μετακινούνται ή να προσαρμόζονται στην εξάπλωση ή την υποχώρηση των πάγων. Ήταν ένας ακατάπαυστος κύκλος αλλαγών που άφηνε μικρά μόνο περιθώρια στη βίοςφαιρα να ξεαποστάσει. Είδη που δεν κατόρθωσαν να ακολουθήσουν τις μετατοπίσεις των κλιματικών ζωνών, εξαφανίστηκαν. Από τα απολιθώματα, την σύσταση των πάγων και άλλες μαρτυρίες διαπιστώνουμε μεγάλες διακυμάνσεις των θερμοκρασιών και των κύκλων της υδρόσφαιρας στην εξέλιξη του κλίματος. Αντίστοιχα θεαματικές ήταν και οι μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον. Τα δάση εξαπλώνονταν και εξαφανίζονταν και το ύψος της θάλασσας ανεβοκατέβαινε.

Ένα από τα πιο προσαρμοστικά και εφευρετικά όντα ήταν φυσικά ο άνθρωπος που το πιο γνωστό μέρος της ιστορίας του διαδραματίστηκε στην εποχή του *Πλειστόκαινου*¹⁷. Οι πρώτες ενδείξεις για την χρήση της φωτιάς από τους μακρινούς μας προ-

17. Το Πλειστόκαινο ονομάζεται και Διλούβιο ή περίοδος των Παγετώνων (2.000.000-12.000 πριν από σήμερα) και χαρακτηρίζεται από εναλλαγές θερμών και ψυχρών περιόδων. Το Πλειστό-

Ένας θησαυρός από κόκαλα

Πριν από 6,5 εκ. χρόνια, το Αιγαίο ήταν στεριά που επικοινωνούσε με τη σημερινή Μικρά Ασία. Το κλίμα ήταν παρόμοιο με αυτό της σημερινής Ανατολικής Αφρικής και η βλάστηση θύμιζε σαβάνα και όχι τα σημερινά Μεσογειακά οικοσυστήματα. Από ανασκαφές που έγιναν κυρίως στο Πικέρι της Αττικής από το 1836 μέχρι και σήμερα, βρέθηκαν ομαδικοί τάφοι από ζώα που ανήκουν στην Αφρικανική πανίδα, ενώ μερικά απ' αυτά έχουν σήμερα εξαφανιστεί. Τα οστά που οι παλαιοντολόγοι κατάφεραν να ταξινομήσουν ανήκαν σε γνωστά ζώα όπως αντιλόπες, γαζέλες, στρουθοκάμηλοι, καμηλοπαρδάλεις, ρινόκεροι, αλλά και άλλα άγνωστα όπως ο πεντελικός μεσοπίθηκος, τα δεινοθήρια, το χαλικοθήριο, το ιππάριο και τα μαστόδοντα. Βρέθηκαν επίσης και πολλά ερπετά, με θαυμασιότερο την μεγαλύτερη σε Ευρωπαϊκό έδαφος χερσαία χελώνα, που το μέγεθός της έφτανε τα 2,5 μέτρα. Κάποια απότομη γεωλογική ή περιβαλλοντική μεταβολή (ξηρασία, έλλειψη νερού) οδήγησε πιθανότατα τα ζώα αυτά σε ομαδικό θάνατο στην κοιλάδα του Πικεριού όπου εγκλωβίστηκαν. Πολλά από τα ευρήματα βρίσκονται σήμερα στο Μουσείο Παλαιοντολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών.

γόνους – λίγα καμένα κέρατα αντιλόπης σε μια σπηλιά στην Πραιτόρια της Νότιας Αφρικής – χρονολογούνται εδώ και 1,2 εκ. χρόνια. Όμως η μεγαλύτερη εξάπλωση του ανθρώπινου είδους στην επιφάνεια της Γης έγινε τα τελευταία 30.000 χρόνια, λίγο πριν αρχίσει η τελευταία περίοδος των παγετώνων.

Όλος ο σύγχρονος πολιτισμός άνησε σε μια πολύ σύντομη ανάπαυλα της τελευταίας ψυχρής περιόδου – αυτή που οι γεωλόγοι ονομάζουν *Ολόκαινο*. Μέχρι πριν από 10.000 χρόνια, το μεγαλύτερο μέρος της κεντρικής Ευρώπης ήταν μια παγωμένη τούνδρα. Χρειάστηκε να περάσουν αρκετοί αιώνες σταδιακής ανόδου της θερμοκρασίας, πριν οι πληθυσμοί της γηραιάς ηπείρου να μπορέσουν να εγκατασταθούν μόνιμα και να ξεκινήσουν τη γεωργία. Η ακμή των Σουμερίων στην περιοχή του σημερινού νότιου Ιράκ άρχισε μόλις πριν από 6.000 χρόνια. Λίγο αργότερα, γύρω στο 5.000 π.Χ. δημιουργήθηκαν οι συνθήκες για την ανάπτυξη του Κινεζικού πολιτισμού. Αντίστοιχα, σ' αυτό που ονομάζουμε Μεσολιθική εποχή για το Αιγαίο (6000-3000 π.Χ.), παρατηρείται μια εκτεταμένη ναυσιπλοΐα, ενώ έχουμε και την γενίκευση της χρήσης του οψιδιανού για την κατασκευή εργαλείων με κύρια πηγή τη νήσο Μήλο. Στο τέλος αυτής της περιόδου (εποχή του Χαλκού) ξεκινάει από την Κρήτη η αυτοκρατορία των Μινωιτών.

Παρά το σχετικά θερμό κλίμα της Ολοκαιίνου, απότομες εναλλαγές ψύχους, ξέσπης ή ξηρασίας έσπρωχναν τους πληθυσμούς να μετακινούνται συνεχώς. Υπήρξαν στιγμές όπου μια διαφορά έως και 2° C στη μέση θερμοκρασία ανάγκαζε ολόκληρες κοινωνίες να αλλάξουν τόπο αναζητώντας ένα πιο φιλικό περιβάλλον. Μια θερμή περίοδος, μεταξύ του 950 και του 1250 μ.Χ., επέτρεψε στους Βίκινγκς να αποικίσουν την αφιλόξενη μέχρι τότε Γροιλανδία και να στήσουν εκατοντάδες αγροκτήματα. Την

καινο αντιστοιχεί χρονικά στην Παλαιολιθική εποχή, δηλαδή την πρώτη και χρονικά εκτενέστερη περίοδο της εποχής του Λίθου.

ίδια περίπου εποχή στη Βρετανία ακμάζει η αμπελοκαλλιέργεια, σε τέτοιο μάλιστα βαθμό που αναγκάζει τους Γάλλους να θέσουν περιορισμούς στις εισαγωγές από τη γείτονα χώρα για να προστατεύσουν το εισόδημα των αγροτών τους.

Σταδιακά όμως το κλίμα στο βόρειο ημισφαίριο άρχισε να ψύχεται. Οι αμπελώνες της Αγγλίας πέρασαν στο παρελθόν και η Γροιλανδία ξανάγινε ακατοίκητη. Μεταξύ του 1500 και του 1850 μ.Χ., η Ευρώπη, η βόρεια Αμερική και άλλα μέρη του πλανήτη πέρασαν σ' αυτό που ονομάστηκε «μικρή παγετώδης περίοδος». Οι βαρείς χειμώνες δεν επηρέασαν μόνο την αγροτική παραγωγή, αλλά και τις επικοινωνίες: εξαιτίας του πάγου σταμάτησε τον χειμώνα η ναυσιπλοΐα στα κανάλια του Άμστερνταμ και ο Τάμεσις προσφερόταν την ψυχρή εποχή μόνο για παγοδρομίες. Προφανείς παγετώνες κάλυψαν τις Άλπεις αλλά και τη Νέα Ζηλανδία. Στις μέρες μας, για μια ακόμη φορά, το ανθρώπινο είδος, μαζί με τους υπόλοιπους κατοίκους του πλανήτη, βρίσκονται και πάλι αντιμέτωποι με μια μεγάλη Κλιματική Αλλαγή. Αυτή όμως τη φορά δεν πρόκειται για μια φυσική διακύμανση του κλίματος, αλλά για μια αλλαγή που έχει προκαλέσει ο ίδιος ο άνθρωπος. Τα “αέρια του θερμοκηπίου” που οι βιομηχανίες και τ' αυτοκίνητα εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα, είναι προϊόντα του τεχνικού μας πολιτισμού.

Το διοξείδιο του άνθρακα και η κλιματική ανατροπή

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω, η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα προκαλεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης και αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος. Όμως η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα δεν αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό που αυξάνονται οι εκπομπές. Αυτό συμβαίνει γιατί τόσο τα φυτά όσο και ο ωκεανός λειτουργούν ως αποθήκες CO₂ και απορροφούν μέρος του πλεονάσματος. Ο υπολογισμός του τελικού ισοζυγίου με την βοήθεια μαθηματικών μοντέλων είναι πολύπλοκος. Οι περισσότερες από τις διεργασίες που ρυθμίζουν τον κύκλο του άνθρακα στην ξηρά εξαρτώνται από κλιματικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το φως και η διαθεσιμότητα του νερού για τα φυτά. Από την άλλη μεριά η ικανότητα των ωκεανών για την απορρόφηση του CO₂ της ατμόσφαιρας εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία του νερού, την αλατότητα και τα θαλάσσια ρεύματα. Η μετατροπή των εκτάσεων της φυσικής βλάστησης, όπως είναι το δάσος, σε γεωργική γη, οδηγεί σε απελευθέρωση του άνθρακα που είναι αποθηκευμένος στη βιομάζα των φυτών και μειώνει τον άνθρακα και τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στο έδαφος. Από την άλλη μεριά η αναδάσωση εγκαταλελειμμένων γεωργικών γαιών τείνει να αυξήσει τον δεσμευμένο άνθρακα. Η δέσμευση του άνθρακα στα δάση εξαρτάται από τον τύπο των φυτών και το γεωγραφικό πλάτος. Στους τροπικούς, η σχέση φυλλώματος και ριζών ως προς τη δέσμευση είναι 50-50, ενώ στα βόρεια δάση είναι 30-70 (εξ ου και τα δάση αυτά μεγαλώνουν πιο αργά).

Μεταξύ 1850 και 2000 η αλλαγή χρήσεων γης προσέθεσε στην ατμόσφαιρα 100 περίπου δισ. τόνους CO₂. Αν προσθέσουμε και τις λοιπές ανθρωπογενείς αιτίες (κυρίως καύση πετρελαίου και άνθρακα) η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι της τάξης του 25%¹⁸. Η αύξηση της δασοκάλυψης μπορεί να δράσει θετικά μόνο αν ο άν-

18. Nikolas Sstern. *The Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, 2006.

θρακας που δεσμεύεται στα φύλλα ή στο έδαφος παραμένει εκεί. Αν το δάσος καεί ή μετατραπεί σε ξυλεία αναλώσιμη (και αποσυνθέσιμη), τότε το ισοζύγιο γίνεται μηδενικό. Το ίδιο ισχύει και για τις καλλιέργειες. Έχει υπολογιστεί ότι τα βιοκαύσιμα (καλλιεργούμενα φυτά για παραγωγή ενέργειας) έχουν μικρή θετική επίπτωση στο ισοζύγιο του CO₂ συνολικά.

Η αύξηση του CO₂ σε ένα ορισμένο περιβάλλον (π.χ. σε ένα θερμοκήπιο) θα μπορούσε να έχει και θετικές επιπτώσεις. Πειράματα έδειξαν ότι ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης του CO₂, χωρίς περιορισμούς σε νερό και θρεπτικά, προκαλεί αύξηση της φυτικής παραγωγικότητας μεταξύ 25-50%. Παράλληλα, τα φυτά χρειάζονται λιγότερο νερό ανά μονάδα παραγόμενης βιομάζας. Φυσικά το αποτέλεσμα εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως η ηλικία των φυτών. Παρά ταύτα, η διαθεσιμότητα του αζώτου υπό μορφή νιτρικών αλάτων αφομοιώσιμων από τα φυτά, είναι και ο κυριότερος περιοριστικός παράγων.

Από την άλλη μεριά, η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας στη Γη αναμένεται ότι θα οδηγήσει σε μείωση της δέσμευσης του CO₂ στο έδαφος. Η απώλεια επίσης του επιφανειακού χώματος μέσω της διάβρωσης μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο την αποθηκευτική δυνατότητα του εδάφους. Η λειτουργία των παραπάνω μηχανισμών δεν είναι καλά γνωστή. Ακόμα πιο δύσκολη είναι η ποσοτικοποίηση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι προτεινόμενες αποθήκες CO₂ αμφισβητήθηκαν τόσο έντονα στις διεθνείς διασκέψεις για την εφαρμογή της Σύμβασης για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂ (πρωτόκολλο του Κυότο). Η αμφιλεγόμενη πρόταση ήταν να δοθεί η δυνατότητα στις επιχειρήσεις να μειώσουν την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με CO₂ είτε μειώνοντας τις εκπομπές τους, είτε φυτεύοντας δάση που έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν CO₂. Χώρες με μεγάλες εκτάσεις (ΗΠΑ, Ρωσία, Βραζιλία, Καναδάς) ήταν υπέρμαχοι της απεριόριστης χρήσης του μέτρου. Άλλες (πλούσιες κυρίως) χώρες έβλεπαν σ' αυτό το μηχανισμό μια δυνατότητα να αναποκριθούν στην υποχρέωσή τους με φθηνότερο τρόπο π.χ. με την δημιουργία φυτειών στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Η ποσόστωση (όριο στη χρήση του μέτρου) επελέγη ως συμβιβαστική λύση.

Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην κατώτερη ατμόσφαιρα είναι βέβαιο με όρους συμβατικής φυσικής, ότι οδηγεί στη συσσώρευση θερμότητας στη βιόσφαιρα με το 19% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας να απορροφάται από την ατμόσφαιρα και το 47% από το έδαφος. Το υπόλοιπο 34% ανακλάται πίσω στο διάστημα. Σύμφωνα με τις περισσότερες και συγκλινουσες μελέτες, η μέση θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια του πλανήτη ανεβαίνει συνεχώς και οι εκτιμήσεις προβλέπουν ότι μέσα τον 21ο αιώνα πιθανότατα να αυξηθεί ακόμη περισσότερο: από 1,1 έως 6,4° C. Στις γνωστές επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας περιλαμβάνονται: κατάκλυση παράκτιων περιοχών λόγω αύξησης της στάθμης της θάλασσας, αλλαγή στη συχνότητα και στην εποχικότητα των βροχοπτώσεων, πιθανή εξάπλωση των υποτροπικών ερήμων, αλλαγές στη συχνότητα και στην ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, μείωση της βιοποικιλότητας, εξαφάνιση ειδών, αλλαγές στις αποδόσεις των καλλιεργειών κ.ά. Η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη στην Αρκτική όπου και θα συνεχιστεί η υποχώρηση των παγετώνων, του μονίμως παγωμένου υπεδάφους και του θαλάσσιου πάγου στους πολικούς.

Σε μια πιο λεπτομερειακή ανάλυση, βλέπουμε ότι η τροπική ζώνη των βροχοπτώσεων διευρύνεται. Οι υποτροπικές ξηροθερμικές ζώνες μετατοπίζονται προς τους πόλους, σε περιοχές όπως οι νοτιοδυτικές ΗΠΑ, η νότια Αυστραλία και η νότια

Ευρώπη, ή γίνονται όλο και πιο ευάλωτες σε παρατεταμένες ξηρασίες. Πέρα από τις υποτροπικές περιοχές, στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, οι καταιγίδες μετακινούνται προς τους πόλους, φαινόμενο που ενισχύει τις συνέπειες των ετήσιων κλιματικών διαταραχών τις οποίες επιφέρει η Νότια Διαταραχή, γνωστή ως El Nino. Επίσης, από συστηματικές μετρήσεις προκύπτει ότι από το καλοκαίρι της δεκαετίας του 1980 η επιφάνεια των πάγων του Αρκτικού Ωκεανού έχει μειωθεί κατά 40%. Στην ίδια περιοχή το φθινόπωρο στην ανοιχτή θάλασσα, παρατηρήθηκε αύξηση της θερμοκρασίας από 2 έως 5° C, καθώς τα νερά, όντας πιο σκούρα, απορροφούσαν το ηλιακό φως που άλλοτε οι πάγοι ανακλούσαν στο διάστημα. Από νέα δεδομένα συνάγεται ότι η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση του αεροχειμάρρου του πολικού μετώπου κατά γεωγραφικό ύψος και πλάτος.

Ένα από τα πιο συζητημένα θέματα τόσο στα media όσο και στα επιστημονικά fora είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, το ύψος της μεταβολής και ο χρονικός ορίζοντα που αυτό θα συμβεί. Η Διακυβερνητική Διάσκεψη για το Κλίμα (IPCC) σε μια συντηρητική όπως χαρακτηρίστηκε πρόβλεψη, βάζει τον πήχυ γύρω στο ένα μέτρο στο τέλος αυτού του αιώνα¹⁹. Άλλοι, όπως James Hansen, ο πρώην επικεφαλής της μετεωρολογικής υπηρεσίας της NASA και νυν ακτιβιστής του κλίματος, πιστεύουν ότι οι εκτιμήσεις αυτές είναι πολύ μετριοπαθείς εξαιτίας του γεγονότος ότι τα μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των παγετώνων είναι ανεπαρκή²⁰.

Πάντως η συντριπτικά μεγάλη πλειοψηφία των επιστημόνων συμφωνεί ότι η (θερμική) κλιματική μεταβολή έχει ανιχνευθεί σε ένα μεγάλο αριθμό των λειτουργικών μονάδων του συστήματος της Γης. Έχει αφήσει το αποτύπωμά της στον ωκεανό, στην κρυόσφαιρα (δηλαδή στο σύνολο των πάγων συμπεριλαμβανομένων και των μονίμως παγωμένων εδαφών – permafrost) στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος. Κάθε μια από τις τελευταίες τρεις δεκαετίες ήταν διαδοχικά πολύ θερμότερη από όλες τις προηγούμενες από το 1850 και μετά που έχουμε συστηματικές μετρήσεις. Το διάστημα ανάμεσα στα 1983 και 2012 ήταν πιθανότατα²¹ η πιο θερμή περίοδος που έχει γνωρίσει το βόρειο ημισφαίριο τα τελευταία 1400 χρόνια. Αυτό αποτυπώνεται και στον γραμμικό μέσο όρο των θερμοκρασιών από όλες τις μετρήσεις της επιφανείας, τόσο στη χαμηλή ατμόσφαιρα όσο και στους ωκεανούς και δείχνει μια θετική θερμική μεταβολή που κυμαίνεται ανάμεσα στους 0,65-1,0° C (μέσος όρος 0,85). Το μεγαλύτερο μέρος της επιπλέον αυτής θερμότητας έχει αποθηκευθεί στους ωκεανούς και μόνο το 1% βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Αυτή η επιπλέον ενέργεια έχει οδηγήσει σε θερμική διαστολή της ωκεάνειας μάζας που ξεκινάει από τα νερά της επιφανείας και σταδιακά εξαπλώνεται στα μεγάλα βάθη σε μια διαδικασία που υπεισέρχεται και η αλλαγή της αλατότητας (εξάτμιση, λιώσιμο των πάγων). Καθώς όμως η κατακόρυφη ανάμιξη των νερών χρειάζεται από 800 έως 1000 χρόνια να ολοκληρωθεί, είναι προφανές ότι

19. IPCC: *Fifth Report on Climate Change*, 2014.

20. Τα κλιματικά μοντέλα χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους για την προσομοίωση της εξέλιξης, της δυναμικής και της θερμοδυναμικής των παγετώνων όπως της Γροιλανδίας, της Ανταρκτικής και αυτών του βόρειου ημισφαιρίου που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της τελευταίας παγετώδους περιόδου.

21. Η Διακυβερνητική Διάσκεψη για το Κλίμα (IPCC) χρησιμοποιεί στις εκθέσεις τρεις διαβαθμίσεις σχετικά με την ακρίβεια των διαπιστώσεων: χαμηλός, μέσος και υψηλός βαθμός αξιοπιστίας.

Η θέρμανση που φέρνει ψύχος

Οι διάφορες θαλάσσιες λεκάνες της Γης ανταλλάσσουν διαρκώς υδάτινες μάζες από την επιφάνεια ως τα μεγάλα βάθη μέσα από γιγάντιους κυκλοφοριακούς βρόχους. Με τις κινήσεις αυτές, τα νερά της επιφάνειας της ζώνης των τροπικών, πιο ζεστά και πιο αλμυρά, ανεβαίνουν τον Ατλαντικό. Όταν φτάσουν στη Νορβηγία, τη Γροιλανδία και το Λαμπραντόρ, κρύα πλέον και με μεγαλύτερη πυκνότητα, καταβυθίζονται στις αβύσσους. Η παράμετρος που καθορίζει την γενική αυτή κυκλοφορία είναι η πυκνότητα. Αν η προσθήκη γλυκού νερού από τη βροχή, τους ποταμούς και τον πάγο στην περιοχή αυτή ελαττώσει την πυκνότητα μπορεί να ανατρέψει το σύστημα του κλίματος στον βόρειο Ατλαντικό με βάση αυτό που ονομάζεται βρόχος νοτιώτερης. Μια μικρή αύξηση της παροχής γλυκού νερού σε σχέση με το σημερινό καθεστώς προκαλεί μια ελαφριά μείωση της μεταφερόμενης θερμότητας και ως εκ τούτου μια μείωση της θερμοκρασίας του βόρειου Ατλαντικού. Αν όμως η παροχή του γλυκού νερού αυξηθεί πάνω από μια κρίσιμη τιμή, τότε το σύστημα μπορεί να μεταπέσει σε ένα άλλο καθεστώς, εξίσου σταθερό, που αντιστοιχεί σε μια σχεδόν διακοπή της κυκλοφορίας σε βάθος και σε μια μείωση της θερμοκρασίας του βόρειου Ατλαντικού και των γειτονικών του ηπείρων κατά 5° C. Η μετάβαση από την μια κατάσταση στην άλλη είναι ταχύτατη, αρκούν γι αυτό μερικές δεκαετίες. Για να επανέλθει το σύστημα στην προτέρα κατάσταση χρειάζεται πολύ μεγαλύτερη ενέργεια απ' αυτήν που το ανέτρεψε. Πόση ακριβώς; Τα στοχαστικά μοντέλα δεν δίνουν ακριβή απάντηση. Ας ελπίσουμε πως δεν θα χρειαστεί να το διαπιστώσουμε στην πράξη»²².

τόσο η υπερθέρμανση των ωκεανών όσο η άνοδος της στάθμης τους θα συνεχίζονται σε αντίστοιχο βάθος χρόνου, ακόμη κι αν η θερμοκρασία στη Γη σταθεροποιηθεί.

Αρκετοί βέβαια ήταν εκείνοι που αμφισβήτησαν την ορθότητα των μελετών της ICCP και των συνεργαζομένων με αυτήν επιστημόνων και εργαστηρίων. Πολλοί το έκαναν και για λόγους δημοσιότητας. Οι αιρετικές απόψεις έχουν πάντα ακροατήριο. Ένα μεγάλο κεφάλαιο σ' αυτήν την αμφισβήτηση ήταν το αν η αύξηση των συγκεντρώσεων του CO₂ είναι ανθρωπογενούς προέλευσης ή όχι. Η επιχειρηματολογία είναι ότι το κλίμα αλλάζει διαχρονικά και πως η αλλαγή στη σύσταση της ατμόσφαιρας απηρείχεται από εξωγενείς παράγοντες όπως είναι για παράδειγμα η δράση των ηφαιστείων. Μεγάλο μέρος όμως αυτών των απαντήσεων έχει ήδη δοθεί, πολύ πριν ο διάλογος πάρει τις σημερινές διαστάσεις. Ήδη από το 1974, όταν οι Bacastow & Keeling κατασκεύασαν ένα από τα πρώτα μοντέλα για την μελέτη της αύξησης του «βιομηχανικού» CO₂ για την περίοδο ανάμεσα στο 1860 και το 1960, διαπίστωσαν ότι κατά την σχεδόν σταθερή κατά τα άλλα πορεία της αύξησης των συγκεντρώσεων του εν λόγω αερίου του θερμοκηπίου, έχουμε τρεις σημαντικές κάμψεις. Η πρώτη συνδέεται με τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, η δεύτερη με τη Μεγάλη Ύφεση του 1930 και η τρίτη με τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Στο τέλος της κάθε μιας από αυτές τις μεγάλες αναστατώσεις οι τιμές παίρνουν την ανηφόρα. Αυτή είναι βέβαια μια ένδειξη και όχι

22. *Le climat va-t-il basculer? Les dossiers de la Recherche, Novembre 2004.*

μια απόδειξη με την στενή έννοια του όρου, για τις ανθρωπογενείς αιτίες του φαινομένου. Η πρώτη επιστημονική τεκμηρίωση είχε έρθει πολύ νωρίτερα, το 1955 από τον Hans Suess της U.S Geological Survey. Η εργασία του βασίστηκε στις αναλύσεις των συγκεντρώσεων του ισότοπου ^{14}C που περιέχεται στους δακτυλίους των δέντρων κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους. Επειδή ο ^{14}C έχει ημιπερίοδο ζωής 5.730 χρόνων, τα ορυκτά καύσιμα που έχουν αποθηκευθεί σε υπόγεια κοιτάσματα πριν εκατομύρια χρόνια, περιέχουν μικρές ποσότητες απ' αυτό το ισότοπο. Μετρώντας ο Suess τον ^{14}C σε δακτυλίους δέντρων της δεκαετίας του 1800, βρήκε ότι η περιεκτικότητά του ήταν πολύ μεγαλύτερη απ' αυτήν που μέτρησε το 1950. Αυτό δεν θα μπορούσε να συμβεί παρά μέσω της απελευθέρωσης (καύσης) των ορυκτών υδρογονανθράκων και του κάρβουνου κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης²³.

Μεταξύ των διαφόρων ιδεών που διατρέχουν αυτό το κεφάλαιο, ένα πράγμα είναι σίγουρο. Την οριστική απάντηση σε όλα τα ερωτήματα και τις (καλοπροαίρετες) ενστάσεις δεν μπορεί να τις απαντήσει παρά η ίδια η εξέλιξη του κλιματικού φαινομένου. Βέβαια, αν περιμένουμε με σταυρωμένα τα χέρια, θα έχουμε ακέραια την ευθύνη αν το κακό σενάριο επαληθευθεί. Και ασφαλώς, πέραν των περιβαλλοντικών, θα υποστούμε και τις οικονομικές συνέπειες. Σύμφωνα με στοιχεία της Τράπεζας της Ελλάδας στην περίπτωση του σεναρίου της «Μη Δράσης», το ΑΕΠ της χώρας θα μειωθεί, σε ετήσια βάση, κατά 2% το 2050 και κατά 6% το 2100. Το συνολικό σωρευτικό κόστος για την ελληνική οικονομία, για το χρονικό διάστημα έως το 2100, εκφρασμένο ως μείωση του ΑΕΠ του έτους βάσης, ανέρχεται στα 701 δισεκ. € (σε σταθερές τιμές του 2008)²⁴.

Όμως, εκείνο στο οποίο θα έπρεπε να συμφωνήσουμε είναι ότι στις δημοκρατίες, η επιστημονική κοινότητα, όταν δεν είναι χειραγωγούμενη, δεν έχει άλλον τρόπο να υπερασπισθεί την αλήθεια από το να δίνει την δυνατότητα και στις αντίθετες απόψεις να εκφραστούν. Από κει και πέρα, θα λειτουργήσει ο νόμος της φυσικής επιλογής: θα επιβιώσουν εκείνες οι απόψεις που είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα, καθώς και εκείνες που προωθούν τη συλλογική νοημοσύνη.

23. P.P. Tans, A.F. De Jong & W.G. Mook: *Natural atmospheric ^{14}C variation and the Suess effect*, *Nature*, August 1979.

24. Χρήστος Ζερεφός, *στον πρόλογο της έκθεσης της Τράπεζας της Ελλάδας για τις επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στη Ελληνική οικονομία*, 2011.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

«Ο όρος οικολογία αναφέρεται στο γνωστικό πεδίο που αφορά την οικονομία της φύσης – την διερεύνηση του συνόλου των σχέσεων (ενός οργανισμού), τόσο με το ανόργανο, όσο και με το οργανικό του περιβάλλον. Στις σχέσεις αυτές περιλαμβάνονται πάνω απ’ όλα, οι φιλικές ή οι εχθρικές του σχέσεις με τα ζώα και τα φυτά με τα οποία έρχεται άμεσα ή έμμεσα σε επαφή – με άλλα λόγια οικολογία είναι η μελέτη όλων αυτών των αλληλεπιδράσεων που ο Δαρβίνος ονόμαζε συνθήκες του αγώνα για επιβίωση. Αυτή η επιστήμη της οικολογίας, που συχνά αποκαλείται λανθασμένα «βιολογία» υπό την στενή έννοια, αποτελεί σήμερα την κύρια συνιστώσα αυτού που κοινώς ονομάζεται «Φυσική Ιστορία»

Έρνστ Χαίκελ (Ernst Haeckel) 1869.

Η τύχη και η αναγκαιότητα

Κάθε οργανισμός είναι προσαρμοσμένος σε ένα φυσικό περιβάλλον. Ο όρος περιβάλλον υποδηλώνει το σύνολο των φυσικών (εξωτερικών) συνθηκών που επηρεάζουν τον οργανισμό. Ορισμένες από τις συνθήκες αυτές, όπως το κλίμα, η χημική σύσταση του εδάφους, η παρουσία ή η απουσία νερού, δεν εξαρτώνται από βιολογικές διεργασίες. Είναι οι *αβιοτικοί* παράγοντες. Αντίθετα, το σύνολο των ζωντανών οργανισμών που ζουν σε ένα δεδομένο περιβάλλον (απ’ το οποίο εξαρτώνται και με το οποίο αλληλεπιδρούν) συγκροτούν τους *βιοτικούς* παράγοντες. Κανείς δεν περιμένει, για παράδειγμα, να συναντήσει λευκές αρκούδες στην Μεσόγειο. Οι λευκές αρκούδες χρειάζονται το ψυχρό κλίμα της Αρκτικής. Χρειάζονται επίσης τις φώκες και τα ψάρια από τα οποία τρέφονται. Όλοι θα συμφωνούσαμε λοιπόν ότι η Μεσόγειος δεν είναι περιβάλλον για πολικές αρκούδες. Το περιβάλλον της Μεσογείου, δηλαδή το σύνολο των συνθηκών που θα αντιμετώπιζε η λευκή αρκούδα αν αποτολμούσε ένα ταξίδι στα μέρη μας, δεν διαθέτει ούτε τα αβιοτικά χαρακτηριστικά (κλίμα, παγωμένη θάλασσα), ούτε τα βιοτικά χαρακτηριστικά (φώκες, ψάρια) που απαιτώνται στα οποία η λευκή αρκούδα έχει προσαρμοστεί.

Τα παραπάνω μπορούν να διατυπωθούν και διαφορετικά: κάθε τύπος φυσικού περιβάλλοντος φιλοξενεί ορισμένα είδη φυτών και ζώων που αποτελούν μια *βιοκοινότητα*. Η βιοκοινότητα δεν είναι ένα απλό άθροισμα από φυτά και ζώα, αλλά ένα οργανωμένο σύνολο, όπου κάθε είδος έχει έναν συγκεκριμένο ρόλο. Αντίστροφα, κάθε βιοκοινότητα ζει σε στενή σχέση με ένα ορισμένο φυσικό περιβάλλον, που εξαιτίας της ιδιότητάς του να φιλοξενεί διάφορες μορφές ζωής, συνιστά ένα *βίοτοπο*²⁵.

Παράδειγμα: Η λίμνη Πρέσπα στην βόρεια Ελλάδα είναι ένας βίοτοπος που φι-

25. Βίοτοπος είναι ο φυσικός χώρος στον οποίο αναπτύσσεται μια βιοκοινότητα και χαρακτηρίζεται από το σύνολο των αβιοτικών συνθηκών που την επηρεάζουν (κλίμα, σύσταση του εδάφους, γεωμορφολογία, ύπαρξη νερού κτλ).

λοξενεί μια πλούσια ορνιθοπανίδα η οποία περιλαμβάνει μεταξύ άλλων *σπάνια* και *απειλούμενα* είδη πουλιών. Η γεωγραφική της θέση, το κλίμα της περιοχής, η θερμοκρασία, το βάθος, ο χρόνος ανανέωσης και η χημική ποιότητα του νερού (διαλυμένο οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, ασβέστιο, νιτρικά και φωσφορικά άλατα) συνιστούν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του βιοτόπου. Τα πουλιά μαζί με τα υδροφιλά φυτά στις όχθες της λίμνης, τα έντομα, τα βατράχια, τα ψάρια και οι μικροσκοπικοί *πλαγκτονικοί* και οι *βενθικοί* οργανισμοί που ζουν στο νερό αποτελούν την βιοκοινότητα της λίμνης.

Οικοσύστημα: η πολυτιμότερη λέξη

Βιοκοινότητα και βιότοπος έχουν στενή σχέση μεταξύ τους και αποτελούν μια ενότητα. Οι οργανισμοί μιας βιοκοινότητας καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά του βιοτόπου στον οποίο αναπτύσσονται. Αντίστροφα η βιοκοινότητα επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του βιοτόπου της. Για να το καταλάβουμε αυτό καλύτερα, ας θυμηθούμε πως το κλίμα και το έδαφος είναι οι κύριοι αβιοτικοί παράγοντες που καθορίζουν την βλάστηση μιας περιοχής. Η βλάστηση, με την σειρά της επηρεάζει το τοπικό *μικροκλίμα*, την σύσταση του εδάφους, την υγρασία, ακόμη και το ύψος των βροχοπτώσεων. Τα δέντρα σταματούν τον αέρα, τα φυλλώματά τους δημιουργούν δροσερή σκιά, διατηρούν την υγρασία του εδάφους και ευνοούν τις βροχοπτώσεις (**Στην Σαχάρα δεν υπάρχουν δέντρα γιατί δεν βρέχει και ίσως δεν βρέχει γιατί δεν υπάρχουν δέντρα**).

Με την εισαγωγή της έννοιας του *οικοσυστήματος*²⁶ στην επιστήμη της οικολογίας έγινε μια προσπάθεια ριζικής αλλαγής της αντίληψης για τον φυσικό κόσμο. Η βιοκοινότητα προβάλλεται στον περιβαλλοντικό της περίγυρο, τον βιότοπο, και μια νέα οντότητα κάνει την εμφάνισή της. Η αναγωγική – αναλυτική αντίληψη που χαρακτηρίζει την κυρίαρχη μέχρι τότε μεθοδολογία (την πληθυσμιακή οικολογία βλ. πλαισιο) αντικαθίσταται από μια ολιστική προσέγγιση: η φύση είναι ένα δυναμικό σύνολο για τη συγκρότηση, την εξέλιξη και την επιβίωση του οποίου παίζουν καθοριστικό ρόλο οι ροές της ύλης και της ενέργειας.

Το οικοσύστημα είναι μια αφηρημένη έννοια. Είναι ένα θεωρητικό μοντέλο που μας επιτρέπει να κατανοήσουμε τη λειτουργία της φύσης την οποία τη διαιρούμε, για λόγους μεθοδολογικούς, σε διακεκριμένα υποσύνολα. Για παράδειγμα, μιλάμε σήμερα για δασικά, υδροτοπικά ή θαλάσσια οικοσυστήματα (τυπολογική προσέγγιση) ή για αρκτικά, μεσογειακά και τροπικά οικοσυστήματα ή ακόμη και για τα οικοσυστήματα της σαβάνας του Σερεγκέτι (γεωγραφική προσέγγιση). Όπως όμως κάθε θεωρητική κατασκευή, έτσι και το οικοσύστημα δεν ταυτίζεται με την πραγματικότητα. Είναι μια σχηματοποιημένη εκδοχή της. Πολύ συχνά γίνεται ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τα ζητήματα της διαχείρισης, άλλοτε όμως είναι ανεπαρκές. Ας δούμε το πα-

26. *Οικοσύστημα: ένα σχετικά αυτοτελές δυναμικό σύστημα που αποτελείται από τις φυσικές κοινότητες (βιοκοινότητες) και το φυσικό τους περιβάλλον. Η θεωρία των οικοσυστημάτων, που εισήχθη στην επιστήμη της οικολογίας τη δεκαετία του 1920, εξετάζει τις σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οργανισμών – ζώα, φυτά, βακτήρια και μύκητες – που συγκροτούν τη βιοκοινότητα και τις ροές της ενέργειας και των υλικών που την διαπερνούν.*

Πληθυσμιακή οικολογία

Σε αντίθεση με την συστημική προσέγγιση, η πληθυσμιακή οικολογία ενδιαφέρεται για τα επί μέρους άτομα που συγκροτούν τις βιοκοινότητες και τα οικοσυστήματα και μελετά την συμπεριφορά των συνόλων (πληθυσμός). Ενδιαφέρεται όμως και για τις μεταξύ τους σχέσεις, αφού συνήθως οι πληθυσμοί βρίσκονται σε ανταγωνισμό και επωφελούνται από τις αστοχίες των ανταγωνιστών τους στη μάχη για την επιβίωση. Αν για παράδειγμα μια ασθένεια, το κνήγι ή κάποια άλλη ανθρωπογενής παρέμβαση αποδεκατίσει τον πληθυσμό των σαρκοφάγων σε μια δεδομένη περιοχή, τότε τα φυτοφάγα- που αποτελούσαν το θήραμα για τα σαρκοφάγα- αναπτύσσονται υπέρμετρα. Το αποτέλεσμα του μεγάλου πληθυσμού των φυτοφάγων είναι συχνά η υπερβόσκηση της βλάστησης²⁷ και η διαταραχή του οικοσυστήματος. Η πληθυσμιακή οικολογία, μέσα από τη μελέτη των γεννήσεων και των θανάτων που συμβαίνουν σε έναν πληθυσμό προσπαθεί να βρει τα αίτια που τον οδήγησαν στην υπερανάπτυξη ή την κατάρρευση αντίστοιχα και να διατυπώσει προτάσεις για την επάνοδο σε μια προηγούμενη ισορροπία. Συχνά, η διερεύνηση αυτή αφορά πολύ περισσότερο τα παραγωγικά απ' ό τι τα φυσικά οικοσυστήματα. Η έκρηξη για παράδειγμα ενός πληθυσμού των ακριδών μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες για τη γεωργική παραγωγή – η οποία δεν αποκλείεται άλλωστε να την έχει προκαλέσει (με την έννοια της υπεραφθονίας της τροφής). Με την ίδια έννοια, η μελέτη των βλαβερών για τη γεωργία εντόμων ήταν από τα κυριότερα ερεθίσματα για τη μελέτη των πληθυσμών τους, του ελέγχου των γεννήσεων δια της εισαγωγής ανταγωνιστών ή της ανάπτυξης αποτελεσματικών εντομοκτόνων. Τα νεότερα χρόνια – και ιδίως μετά τη δεκαετία του 80- η πληθυσμιακή οικολογία άρχισε να γεννά διαφοροποιημένους απογόνους. Ένας απ' αυτούς ήταν η μετα-πληθυσμιακή οικολογία κατά την οποία ένας πληθυσμός δεν είναι ένα ομοιογενές σύνολο. Αντίθετα, κάθε άτομο έχει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (ετερογένεια) τα οποία δημιουργούν εντός του πληθυσμού διαφοροποιήσεις που είναι αδύνατον να περιγραφούν ή να προβλεφθούν από τις απλές στατιστικές συναρτήσεις. Οι διαφοροποιήσεις αυτές είναι συχνά αποτέλεσμα των διαφοροποιήσεων που συμβαίνουν στα ενδιαιτήματα²⁸. Ένα εξειδικευμένο αλλά πολύ έγκυρο βιβλίο για την πληθυσμιακή οικολογία είναι το Μ. Καρανδεινού «Ποσοτικές Οικολογικοί Μέθοδοι. Από τη θεωρία στην Πράξη». Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο Κρήτης, 2007.

27. Βλάστηση: η χλωρίδα είναι το σύνολο των φυτικών ειδών που υπάρχουν σε μία περιοχή. Κάποια είδη φυτών είναι πολυπληθή, έχουν μεγάλη εποικιστική δύναμη και κυριαρχούν σε μεγάλες επιφάνειες, έτσι ώστε να δίνουν μια χαρακτηριστική εικόνα στο τοπίο. Τα είδη που διαμορφώνουν τη βλάστηση είναι συνήθως τα δενδρώδη και τα θαμνώδη, που συγκροτούν τα δάση και τους θαμνώνες, τα χορτολιβαδικά φυτά των βοσκοτόπων και τα φρύγανα.

28. Το ενδιαιτήμα είναι έννοια ταυτόσημη με τον οικότοπο (habitat) και παραπέμπει στον τόπο που ζει και συνήθως αναπαράγεται ένα είδος, ένας πληθυσμός ή μία βιοκοινότητα.

ράδειγμα μιας λίμνης που παρουσιάζει ευτροφισμό. Αυτό συνήθως συμβαίνει γιατί εισρέουν στη λίμνη μεγάλες ποσότητες θρεπτικών υλικών (λιπάσματα, αστικά λύματα κτλ.). Στην περίπτωση αυτή, η οικο-συστημική προσέγγιση βοηθάει γιατί μας επιτρέπει να ερμηνεύσουμε την υπερανάπτυξη ενός οργανισμού, εν προκειμένω του φυτοπλαγκτόν, ως αποτέλεσμα των αυξημένων και παρά φύσιν ροών ύλης και ενέργειας μέσα στο λιμναίο οικοσύστημα. Θα μπορούσε όμως να δει κανείς το ζήτημα και διαφορετικά. Να θεωρήσει δηλαδή ότι το πρόβλημα είναι η διαταραχή στις σχέσεις ισορροπίας ανάμεσα σε ανταγωνιστικούς πληθυσμούς (σαρκοφάγα εναντίον φυτοφάγων) ή στην κατάρρευση για άγνωστους λόγους των υδρόβιων οργανισμών που τρέφονται με φυτοπλαγκτόν. Στην περίπτωση αυτή, η μελέτη των δια-πληθυσμιακών σχέσεων μπορεί να αποδειχθεί πολυτιμότερη για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Οικοσύστημα και τοπίο

Η σταθερότητα και η διατήρηση της φυσιολογίας ενός φυσικού τοπίου εξαρτάται από την δυναμική ισορροπία του οικοσυστήματος που αποτελεί την βάση του. Όταν το οικοσύστημα βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας (βλ. παρακάτω), το τοπίο διατηρείται αναλλοίωτο. Όταν το οικοσύστημα δεχθεί βίαιες, μεγάλης κλίμακας και μη αντιστρεπτές παρεμβάσεις που καταστρέφουν τη συνέχεια και τη συνοχή του, π.χ. με το άνοιγμα δρόμων, την κατασκευή κατοικιών, την αποψίλωση του δάσους, είναι βέβαιο ότι διαταράσσεται η δυναμική του ισορροπία. Η διαταραχή αυτή γίνεται αντιληπτή και ως υποβάθμιση του τοπίου.

Το τοπίο και το οικοσύστημα αποτελούν μια ενότητα. Το τοπίο είναι η ορατή πλευρά της ενότητας αυτής, το οικοσύστημα η αθέατη. Όπως από την όψη ενός ανθρώπου καταλαβαίνουμε αν είναι καλά ή άρρωστος, έτσι και από την γενική εικόνα ενός τοπίου διαπιστώνουμε αν το οικοσύστημα λειτουργεί καλά ή όχι. Μια ιδιαιτερότητα των μεγάλων και αρχέγονων οικοσυστημάτων και των τοπίων που αντιστοιχούν σε αυτά είναι ότι διατηρούνται σχεδόν αναλλοίωτα παρά τις διαταραχές που έχουν υποστεί.

Για να καταλάβουμε καλύτερα την έννοια της ισορροπίας, ας φαντασθούμε ένα πολύ απλό οικοσύστημα: ένα νησί στο οποίο φυτρώνει χορτάρι. Πάνω σε αυτό το νησί αφήνουμε ένα ζευγάρι πρόβατα. Τα πρόβατα βοσκούν το άφθονο χορτάρι και αρχίζουν να πολλαπλασιάζονται. Τα νεαρά πρόβατα βρίσκουν και αυτά άφθονο χορτάρι, τρώνε, μεγαλώνουν και αρχίζουν να πολλαπλασιάζονται κι αυτά. Ο πληθυσμός των προβάτων στο νησί συνεχίζει να αυξάνεται, έως ότου τα πρόβατα ανακαλύψουν ξαφνικά ότι δεν υπάρχει πια χορτάρι. Αρχίζουν τότε να πεθαίνουν από την πείνα. Και επειδή το νέο χορτάρι θα αρχίσει να ξαναβγεί στο αποψιλωμένο και ποδοπατημένο έδαφος, είναι πολύ πιθανόν όλα τα πρόβατα του νησιού θα αποδημήσουν πριν προλάβουν να το γεντούν.

Ας δούμε τώρα τι θα συμβεί αν κάποια στιγμή, όταν ο πληθυσμός των προβάτων έχει αρκετά αυξηθεί, μεταφέρουμε στο νησί ένα ζευγάρι λύκων. Οι λύκοι (θηρευτές) βρίσκουν και αυτοί άφθονη τροφή (θηράματα) και χορτάτοι και ικανοποιημένοι αρχίζουν να αναπαράγονται. Ο πληθυσμός τους αυξάνει ενώ ο πληθυσμός των προβάτων αρχίζει να μειώνεται. Οι λύκοι αρχίζουν τότε να ανταγωνίζονται μεταξύ τους και τελικά μόνον τα ισχυρότερα άτομα κατορθώνουν να επιβιώσουν. Ο πληθυσμός των

λύκων μειώνεται δραστικά και τα λίγα πρόβατα που βρίσκουν άφθονο χορτάρι αρχίζουν και πάλι να πολλαπλασιάζονται. Οι λύκοι που απέμειναν βρίσκουν και πάλι άφθονη τροφή και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Βλέπουμε λοιπόν δύο πράγματα: Όσο υπάρχει άφθονη τροφή ένας πληθυσμός έχει την τάση να αυξάνεται πέρα από κάθε όριο. Όταν η τροφή λείπει ο πληθυσμός μειώνεται και οδηγείται σε καταστροφή. Στο δεύτερο παράδειγμα, η συνύπαρξη των προβάτων με τους λύκους οδηγεί σε μια κατάσταση όπου οι δύο πληθυσμοί αυξομειώνονται με ίδιους ρυθμούς, αλλά με κάποια χρονική διαφορά. Πάντα όμως υπάρχει χορτάρι για τα πρόβατα και πάντα υπάρχουν πρόβατα για τους λύκους. Κάποτε ο λύκος ζούσε σε όλες τις χώρες της Ευρώπης. Σήμερα έχει σχεδόν εξαφανισθεί. Στην Ελλάδα εξακολουθεί να επιζεί σε απρόσιτες περιοχές των βουνών στο βόρειο τμήμα της χώρας. Μέχρι πρόσφατα, όποιος έφερνε κομμένα αυτιά λύκου έπαιρνε επιδότηση και το δασαρχείο έβαζε φόδες στα δάση για την εξόντωση του «επιβλαβούς» θηρίου που επειδή το αντιπαθούσαν οι μεγάλοι, τρώμαζαν και τα παιδιά στα παραμύθια.

Σύστημα, μηχανή ή οργανισμός;

Όλοι ξέρουμε λίγο ως πολύ τι είναι (αλλά και τι δεν είναι) ένα σύστημα. Ας αρχίσουμε λοιπόν από αυτά που γνωρίζουμε και ας κοιτάξουμε τα πράγματα γύρω μας. Τα ρολόγια ή τα αυτοκίνητα είναι, για παράδειγμα, μηχανικά συστήματα. Ο ίδιος ο ανθρώπινος οργανισμός είναι ένα βιολογικό σύστημα. Και βέβαια, όλοι ξέρουμε σε γενικές γραμμές τι είναι ρολόι, αυτοκίνητο ή άνθρωπος. Λίγοι όμως θα ήταν σε θέση να απαριθμήσουν τους ιστούς και τα κόκαλα από τα οποία αποτελείται το ανθρώπινο σώμα ή τα γρανάζια ενός ρολογιού και τα εξαρτήματα ενός αυτοκινήτου.

Η ιδέα του συστήματος είναι εξαιρετικά βολική: Επιτρέπει να βλέπουμε το σύνολο, όσο πολύπλοκο και να είναι, και να επικεντρώνουμε το ενδιαφέρον μας σε ορισμένα χαρακτηριστικά της μορφής ή της συμπεριφοράς του (την ακρίβεια του ρολογιού, την ισχύ, την κατανάλωση και την τελική ταχύτητα του αυτοκινήτου). Σκεφθείτε να αγοράζαμε ένα ρολόι ή ένα αυτοκίνητο αγοράζοντας ένα-ένα τα μέρη που τα αποτελούν! Και το κυριότερο: Το σύνολο των εξαρτημάτων για να αποτελέσει ρολόι ή αυτοκίνητο θα πρέπει πρώτα να συναρμολογηθεί. Στην περίπτωση του ανθρώπου η συναρμολόγηση των μερών του θα οδηγούσε στην κατασκευή ενός πλάσματος που θα έμοιαζε με αυτό που κατασκεύασε ο Δρ. Φρανκενστάιν.

Το ίδιο ισχύει για τα οικοσυστήματα. Δεν αποτελούνται βέβαια από μηχανικά εξαρτήματα, αλλά από ζωντανούς οργανισμούς που γεννιούνται, αναπτύσσονται και πεθαίνουν. Επιπλέον, τα οικοσυστήματα έχουν μια ιδιότητα που δεν διαθέτουν τα μηχανικά συστήματα: Αυτο-οργανώνονται, αλλάζουν μορφή, προσαρμόζονται στις συνθήκες του περιβάλλοντος και επιδρούν στο περιβάλλον για να το προσαρμόσουν στις ανάγκες τους. Η εξέλιξη των οικοσυστημάτων άρχισε πριν από 4 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια, όταν εμφανίσθηκαν στην Γη οι πρώτοι μικροοργανισμοί και συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

Τα όρια ενός οικοσυστήματος είναι λίγο ως πολύ αυθαίρετα. Υπάρχουν περιπτώσεις που μας είναι εύκολο να καθοριστούν με βάση γεωγραφικά ή μορφολογικά στοιχεία. Τα οικοσυστήματα ενός νησιού, μιας λίμνης ή ενός ποταμού έχουν λίγο ως πολύ σαφείς απολήξεις οι οποίες τα ξεχωρίζουν απ' τα γειτονικά τους. Τα όρια

αυτά δεν είναι ποτέ στεγανά και τα οικοσυστήματα δέχονται επιδράσεις από την γύρω περιοχή και οτιδήποτε τα περιβάλλει. Είναι με άλλα λόγια *ανοικτά συστήματα*²⁹. Μια λίμνη, για παράδειγμα, δέχεται τα νερά της λεκάνης απορροής που την περιβάλλει. Με τα νερά μεταφέρονται στην λίμνη διαλυμένες θρεπτικές ουσίες που προέρχονται από την πεθαιμένη οργανική ύλη της γύρω περιοχής ή από τα κατάλοιπα της γεωργίας. Ένα νησί δέχεται πουλιά από απόμακρες περιοχές που μεταφέρουν σπόρους ενώ σπανιότερα δέχεται και ζώα της ηπειρωτικής περιοχής τα οποία φθάνουν στο νησί κολυμπώντας ή πάνω σε κορμούς δένδρων που παρασύρονται από τα ρεύματα. Κάθε οικοσύστημα επομένως είναι ενταγμένο σε ένα ευρύτερο περιβάλλον το οποίο αποτελεί κατά κάποιο τρόπο ένα υπερκείμενο οικοσύστημα. Σε τελική ανάλυση όλα τα οικοσυστήματα εντάσσονται στο πλανητικό υπερ-οικοσύστημα της βιόσφαιρας. Αντίστροφα, κάθε οικοσύστημα αποτελείται από ενότητες που αποτελούν υπο-οικοσυστήματα. Στο παράδειγμα της λίμνης έχουμε, εκτός από την κυρίως υδάτινη μάζα, από τα υποσυστήματα της λεκάνης απορροής με τις ελώδεις περιοχές και τα υγρά λιβάδια που την περιβάλλουν. Εκεί γεννούν τα ψάρια και φωλιάζουν τα πουλιά, μια και υπάρχει φυσική προστασία και άφθονη τροφή. Στο εσωτερικό της λίμνης υπάρχει το ανώτερο στρώμα του νερού όπου ζουν και αναπτύσσονται οι πλαγκτονικοί οργανισμοί, καθώς και το υποσύστημα του βυθού με την ιδιαίτερη βιοκοινότητα των βενθικών οργανισμών την οποία φιλοξενεί.

Τρεις αντίπαλες θεωρήσεις

Οι φυτικές κοινότητες που αποτελούν την χλωρίδα ενός τόπου συγκροτούν μια ξεχωριστή οντότητα που ναι μεν αποτελείται από επί μέρους οργανισμούς αλλά συμπεριφέρεται ως ένας υπερ-οργανισμός. Μια κοινωνία φυτών εξελίσσεται νομοτελειακά, μέσα από τη διαδικασία της φυσικής διαδοχής (βλ. κεφάλαιο ΤΟ ΤΟΠΙΟ), προς μια «τελική» ή «ώριμη» κατάσταση που βρίσκεται σε σταθερή ισορροπία και σε αρμονία με το κλίμα της περιοχής. Μετά από κάθε διαταραχή, η βλάστηση επανέρχεται και ακολουθώντας τα στάδια της φυσικής διαδοχής φθάνει και πάλι στην αρχική ώριμη κατάσταση. Η θεωρία της φυσικής διαδοχής, που διατυπώθηκε από τον αμερικανό βοτανολόγο Άρθουρ Κλέμεντς (Arthur Clements, 1916) εισάγει το στοιχείο μιας τελεολογίας (ντετερμινισμός) στην ιστορία της φύσης, προσέγγιση την οποία κάποιοι δεν δίστασαν να μεταφέρουν και στις ανθρώπινες κοινωνίες.

Για τον Άρθουρ Τάνσλεϋ (Arthur Tansley, 1935), οι βιοκοινότητες μοιάζουν μάλλον με μηχανικά συστήματα παρά με βιολογικούς υπερ-οργανισμούς. Η βλάστηση συμπεριφέρεται ως ένα οργανωμένο σύνολο μόνο σε συνδυασμό με το αβιοτικό περιβάλλον με το οποίο αποτελεί ένα «οικοσύστημα» («οικοσύστημα = βιοκοινότητα + βίοτοπος»). Παρά την απροσδιοριστία των ορίων, κάθε οικοσύστημα είναι μια δια-

29. *Ανοικτά συστήματα: είναι αυτά που δια των ορίων τους μπορούν να ανταλλάσσουν ενέργεια και ύλη με το περιβάλλον τους. Αντίθετα, τα κλειστά συστήματα μπορούν να ανταλλάσσουν μόνο ενέργεια, ενώ τέλος τα μονωμένα συστήματα είναι τελείως στεγανά και δεν πραγματοποιούν καμία ανταλλαγή. Μια πόλη ή ένας οργανισμός είναι ανοικτά συστήματα. Το νερό μέσα σ' ένα σφραγισμένο δοχείο είναι ένα κλειστό σύστημα. Τα μονωμένα όμως συστήματα είναι μαθηματικές κατασκευές και δεν υπάρχουν στη φύση.*

κριτή ενότητα στον βαθμό που οι ισχυρότερες εσωτερικές αλληλεπιδράσεις δημιουργούν την διαφορά μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Στην «συστημική» προσέγγιση του Τάνσλεϋ, το όλο διαφέρει από το άθροισμα των μερών του, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι είναι δυνατόν αυτό το όλον να εξομοιωθεί με έναν ενιαίο υπερ-οργανισμό.

Το όλον δεν είναι τίποτε περισσότερο από το άθροισμα των μερών του, αντέτεινε ο Χένρυ Γκλήσον (Henry Gleason, 1939). Βιοκοινότητες υπάρχουν μόνο στο μυαλό μας. Ένας συνδυασμός φυτών δεν παραμένει αναγκαστικά σταθερός και δεν υπάρχει νομοτέλεια στην διαδοχή που να τον οδηγεί σε μόνιμη ισορροπία. Η εμφάνισή, η δομή, η εξέλιξη και η εξαφάνισή ενός συνδυασμού φυτών εξαρτώνται από την φυσική επιλογή που ασκεί το περιβάλλον, από την βλάστηση της γύρω περιοχής και από τυχαίους παράγοντες. Οι ίδιοι οι οργανισμοί και οι σχέσεις μεταξύ τους και με το φυσικό περιβάλλον πρέπει να αποτελέσουν την βασική οντότητα που εξετάζει η επιστήμη της οικολογίας. Η στροφή στους οργανισμούς απετέλεσε την βάση για την επανάκαμψη της πληθυσμιακής οικολογίας και των κλάδων που ασχολούνται με τη δυναμική των πληθυσμών.

Ποια απ' τις τρεις θεωρίες είναι σήμερα η πιο αποδεκτή; Όλες και καμία είναι η απάντηση. **Ο ανθρώπινος νους έφτιαχνε πάντα εργαλεία με βάση τα προβλήματα που έπρεπε να λύσει.** Η επιστήμη όμως έφτιαχνε θεωρητικές κατασκευές που πέθαναν

Φύση σε ισορροπία και φύση σε κίνηση

«Η περισσότερη διαδεδομένη αντίληψη λέει ότι στη φύση κυριαρχεί η 'ισορροπία' και η 'αρμονία'. Πράγματι, αυτή η αντίληψη ήταν κοινή κάποτε σε όλες σχεδόν τις οικολογικές θεωρίες, οι οποίες αντιμετώπιζαν τα φυσικά συστήματα ως ομοιογενή, προβλέψιμα και με εσωτερική δυναμική που τα οδηγούσε σε καταστάσεις ισορροπίας. Αντίθετα, οι πιο πρόσφατες οικολογικές θεωρίες ενδιαφέρονται περισσότερο για τη μελέτη των φαινομένων που προκαλούν αλλαγές και διαταραχές στα οικοσυστήματα, δίνοντας περισσότερη έμφαση σε φαινόμενα όπως η ετερογένεια και η μη-προβλεπτικότητα των φυσικών συστημάτων. Σήμερα, στο εσωτερικό της επιστημονικής κοινότητας, το πρότυπο της 'ισορροπίας της φύσης' τείνει πλέον να αντικατασταθεί με αυτό που θα το ονομάζαμε πρότυπο της 'κίνησης της φύσης', το οποίο, μεταξύ των άλλων, επιφέρει σημαντικές αλλαγές και στις αντιλήψεις μας για τη διαχείριση και προστασία του περιβάλλοντος (Primack 1993). Αυτό το νέο πρότυπο μας λέει ότι δεν υπάρχει κάποιο απλό σημείο ισορροπίας στη φύση. Οι πληθυσμοί, οι βιοκοινότητες, τα οικοσυστήματα, βρίσκονται σε συνεχείς ανταλλαγές με το βιοτικό και αβιοτικό τους περιβάλλον. Απρόβλεπτοι παράγοντες έχουν ιστορικά διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην αλλαγή της χλωρίδας και της πανίδας της Γης. Αυτό που τελικά συναντάμε στη φύση είναι μια διαβάθμιση καταστάσεων στις οποίες μπορεί να βρεθεί ένα φυσικό σύστημα, ανάλογα με την εσωτερική του δυναμική, την ιστορία του και τους παράγοντες που θα το επηρεάσουν».

Κώστας Κορφιάτης, Πανεπιστήμιο Κύπρου

αυτού (της επίλυσης δηλαδή συγκεκριμένων προβλημάτων) αντανακλούσαν τα γενικότερα κοινωνικά πρότυπα ή τις κατά καιρούς κοσμοθεωρίες. Σήμερα δεχόμαστε αυτό που χαρακτηριστικά διατυπώνει D. Worster (1994): **η επιστήμη είναι ένα σπίτι με πολλές πόρτες, καθεμιά από τις οποίες οδηγεί σε διαφορετική εικόνα της φύσης.**

Κάθε είδος που ανήκει σε μια βιοκοινότητα έχει κάποιον χώρο στον οποίο κατοικεί και μια λειτουργία την οποία επιτελεί. Ο ερωδιός για παράδειγμα φωλιάζει στους καλαμιώνες μιας λίμνης (ο χώρος που κατοικεί) και είναι ένας ανώτερος θηρευτής που τρώει ψάρια (η λειτουργία του στην βιοκοινότητα της λίμνης). Οι καλαμιώνες της λίμνης είναι επίσης το ενδιαίτημα του είδους *Egretta garzetta* (Λευκοσιγκνιάς). Ο χώρος αυτός διαθέτει ορισμένα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά στα οποία το συγκεκριμένο είδος έχει προσαρμοστεί. Η εξειδίκευση όμως του είδους και ο ιδιαίτερος ρόλος του στο πλαίσιο της βιοκοινότητας, του επιφυλάσσουν μια «θέση στον ήλιο» για την οποία ο όρος που επικράτησε είναι *οικοθέση ή (οικολογικός) θώκος*³⁰. Με απλά λόγια, το ενδιαίτημα ενός είδους αντιστοιχεί στην «κατοικία» του, και ο θώκος που καταλαμβάνει, στο «επάγγελμά» του, σύμφωνα με την αναλογία που χρησιμοποίησε ο αμερικανός οικολόγος R.P. Odum.

Πρέπει όμως να τονίσουμε, ότι ενώ το ενδιαίτημα ταυτίζεται με το φυσικό και το βιολογικό περιβάλλον ενός οργανισμού, ο θώκος είναι ιδιότητα του ίδιου του οργανισμού και όχι του περιβάλλοντος στο οποίο ζει. Υπό αυτή την έννοια θώκος είναι το σύνολο των φυσικών και βιολογικών συνθηκών που απαιτεί ένας οργανισμός για να επιβιώσει. Όταν μια γεωγραφική περιοχή διαθέτει αυτές τις συνθήκες, αποτελεί ενδιαίτημα για τον οργανισμό αυτόν.

Για να προσδιοριστεί ο θώκος ενός είδους πρέπει να γνωρίζουμε τις σχέσεις του με το σύνολο των οργανισμών με τους οποίους έρχεται σε επαφή, τα χαρακτηριστικά του ενδιαιτήματός του, τις διατροφικές του συνήθειες, τις συνθήκες στις οποίες αναπαράγεται, τον τρόπο με τον οποίο αμύνεται και αποφεύγει τους θηρευτές του. Ας φαντασθούμε ένα είδος ποντικίου που δεν αντέχει το μεγάλο ψύχος ή την μεγάλη ζέση. Το ποντίκι αυτό ζει σε μια εύκρατη περιοχή γιατί περνά τους δύσκολους μήνες του χειμώνα και του θέρους στην υπόγεια φωλιά του. Ας υποθέσουμε ότι η δίαιτά του αποτελείται από καρπούς, τρυφερούς βλαστούς και σπόρους. Στο εύκρατο κλίμα το ποντίκι βρίσκει τρυφερούς βλαστούς τη άνοιξη, έντομα το καλοκαίρι, καρπούς το φθινόπωρο και σπόρους τον χειμώνα. Ενδεχομένως χρειάζεται και πυκνή βλάστηση για να κρύβεται από τους θηρευτές του. Όλες αυτές οι απαιτήσεις καθορίζουν τον θώκο του υποθετικού ποντικού μας. Μια περιοχή με έδαφος όπου το ζώο μπορεί να σκάψει την φωλιά του και που προσφέρει όλο το χρόνο τροφή και κάλυψη προσφέρουν ενδιαίτημα για το ποντίκι που εξετάζουμε. Αν πράγματι ένα ενδιαίτημα κατοικείται ή όχι από το ποντίκι που μας ενδιαφέρει, εξαρτάται και από τυχαίους παράγοντες: μια ενδημική ασθένεια ή το ποντικοφάρμακο που έβαλε ο άνθρωπος ενδέχεται να έχουν εξολοθρεύσει τον πληθυσμό και το ενδιαίτημα να είναι άδειο.

Οι φυσικές και βιολογικές απαιτήσεις ενός είδους μεταβάλλονται με τον χρόνο καθώς και η βιοκοινότητα στην οποία ζει και εξελίσσεται. Όπως και η εξειδίκευση

30. *Οικοθέση ή οικολογικός θώκος (niche)*: ο ρόλος ενός οργανισμού στο οικοσύστημα. Περιλαμβάνει όλες τις φυσικές, χημικές και βιολογικές συνθήκες που χρειάζεται ένα είδος για να ζήσει και να αναπαράγεται καθώς και τις αλληλεπιδράσεις με το ενδιαίτημά του και τους άλλους οργανισμούς.

των επαγγελματιών ακολουθεί την εξέλιξη μιας κοινωνίας και των ατόμων που την αποτελούν, έτσι και θώκοι πληθαίνουν και εξελίσσονται καθώς αναπτύσσονται και εξειδικεύονται τα είδη που αποτελούν την βιοκοινότητα. Για να προεκτείνουμε ακόμη περισσότερο την αναλογία του Odum, η εξειδίκευση εξασφαλίζει σε κάθε είδος την ελαχιστοποίηση του ανταγωνισμού, όπως γίνεται και στην ανθρώπινη κοινωνία, όπου όταν κάποιος έχει ένα εξειδικευμένο επάγγελμα δεν έχει ανταγωνιστές. Ταυτόχρονα, όπως η ύπαρξη εξειδικευμένων επαγγελματιών ωφελεί το σύνολο της κοινωνίας, έτσι και η εξειδίκευση των θώκων και των ειδών που τις καταλαμβάνουν αποβαίνει προς όφελος του συνόλου της βιοκοινότητας. Ένα πολύπλοκο ενδιαίτημα, όπως ένα τροπικό δάσος, που προσφέρει μια μεγάλη ποικιλία θώκων, είναι συνεπώς αναμενόμενο να κατοικείται από έναν μεγαλύτερο αριθμό ειδών, π.χ. πουλιών, απ' ό,τι ένα σχετικά απλούστερο, όπως ένα δάσος της εύκρατης ζώνης.

Κάθε είδος έχει τον οικολογικό του θώκο. Στην περίπτωση που δύο ή περισσότερα είδη μοιράζονται τον ίδιο θώκο, η κατάσταση αυτή δεν είναι σταθερή. Αγριος ανταγωνισμός θα ξεσπάσει ανάμεσά τους και τελικά θα επικρατήσει το είδος που είναι καλύτερα προσαρμοσμένο και διαθέτει συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι του άλλου. Τα είδη που χάνουν στον ανταγωνισμό αυτόν είναι καταδικασμένα να εξαφανιστούν, εκτός αν προφθάσουν να προσαρμοστούν και να εξειδικευτούν σε έναν νέο θώκο. Αυτή είναι η *αρχή του αποκλεισμού*³¹.

Συνέπεια της αρχής αυτής είναι ότι περισσότερα από ένα είδη είναι δυνατόν να μοιράζονται το ίδιο ενδιαίτημα. Για παράδειγμα το όρνιο και ο γυπαετός είναι διαφορετικά είδη γύπα που μοιράζονται το ίδιο ενδιαίτημα στους βραχώδεις γκρεμνούς των βουνών της Κρήτης. Συνυπάρχουν ειρηνικά γιατί το όρνιο τρέφεται από τις σάρκες των νεκρών ζώων ενώ ο γυπαετός από τα κόκαλα που έχει μάθει να τα σπάει στις πέτρες (Γι αυτό τον λεν στην Κρήτη “κοκαλά”).

Φωτοσύνθεση και βιοχημικές ροές

Τα κατσίκια βόσκουν το χορτάρι και τα κατσίκια – όσα δεν τα τρώει ο λύκος – τα τρώμε εμείς. Εμάς και τους λύκους δεν μας τρώει κανείς, τουλάχιστον όσο είμαστε ζωντανοί. Όταν όμως πεθαίνουμε μια σειρά από μικροοργανισμούς και σκουλήκια αναλαμβάνουν να καθαρίσουν τον σκελετό μας από κάθε φθαρτή σάρκα. Αυτός είναι ο κύκλος της ζωής που αποτελεί την βάση κάθε οικοσυστήματος.

Ας προσπαθήσουμε τώρα να ξετυλίξουμε το κουβάρι ξεκινώντας από την αρχή, δηλ. από το χορτάρι που όπως όλοι οι φυτικοί οργανισμοί έχει μια θαυμαστή ικανότητα: Την ικανότητα να φωτοσυνθέτει. Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά παράγουν τις οργανικές ουσίες που χρειάζονται για την ανάπτυξη και τις λειτουργίες τους σχεδόν από το τίποτε. Όχι ακριβώς! Χρειάζονται το διοξείδιο του άνθρακα που παίρνουν από τον αέρα και το νερό που απορροφούν με τις ρίζες τους από το χώμα μαζί με το άζωτο, τον φώσφορο και τις άλλες θρεπτικές (που συχνά τις λέμε

31. *Αρχή του αποκλεισμού*: Κάθε είδος καταλαμβάνει έναν οικολογικό θώκο. Η κατάληψη ενός θώκου από δύο ή περισσότερα είδη δεν είναι δυνατή παρά μόνον αν οι πληθυσμοί τους είναι γεωγραφικά διαχωρισμένοι.

ιχνοστοιχεία). Η παραγωγή των οργανικών ουσιών γίνεται στα πράσινα φύλλα των φυτών που λειτουργούν ως πραγματικά χημικά εργοστάσια. Εκεί, με την βοήθεια του ηλιακού φωτός και της χλωροφύλλης που δίνει στα φύλλα το πράσινο χρώμα τους, πραγματοποιούνται οι χημικές αντιδράσεις. Και τα απόβλητα που όλοι περιμένουμε από ένα χημικό εργοστάσιο; Στην φύση απόβλητα δεν υπάρχουν. Τα φύλλα αποβάλλουν μόνο το οξυγόνο που τα φυτά και ζώα χρειάζονται για την αναπνοή τους. Με την αναπνοή τα φυτά και τα ζώα διασπούν τους υδατάνθρακες και ανακτούν την ενέργεια που είχε αποθηκευθεί στους χημικούς δεσμούς. Αυτό που μένει είναι διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Οι βασικές ενώσεις που παράγονται με την φωτοσύνθεση είναι οι υδατάνθρακες με τον γενικό τύπο $C_n(H_2O)_n$. Η γλυκόζη είναι ένας ένας από τους απλούστερους γνωστούς υδατάνθρακες που στα φυτά προκύπτει από την χημική αντίδραση του διοξειδίου του άνθρακα με το νερό με τη μεσολάβηση του ηλιακού φωτός και της χλωροφύλλης. Στη συνέχεια, η γλυκόζη «καίγεται» από το οξυγόνο και απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Αυτή είναι η αντίστροφη διεργασία της *αναπνοής* που δίνει στο φυτό (ή τον καταναλωτή οργανισμό) την ενέργεια που χρειάζεται. Το νερό που παράγεται εξατμίζεται από τα φύλλα. Το φαινόμενο ονομάζεται *διαπνοή*.

Τίποτε δεν χάνεται στην φύση

Κανείς άλλος οργανισμός, εκτός από τα φυτά και το φυτοπλαγκτόν (τους φυτικούς μικροοργανισμούς που ζουν στις θάλασσες και τα γλυκά νερά), δεν έχει την ικανότητα να φωτοσυνθέτει. Οι ζωικοί οργανισμοί εξαρτώνται για την τροφή τους από τα φυτά ή από άλλους ζωικούς οργανισμούς που με την σειρά τους τρέφονται κι αυτοί από τα φυτά. Για να κλείσουμε τον κύκλο πρέπει να συμπεριλάβουμε και τους οργανισμούς που τρέφονται από τα περιττώματα και από την νεκρή φυτική ή ζωική ύλη. Ανάλογα λοιπόν με τη λειτουργία που οι οργανισμοί επιτελούν σε κάθε οικοσύστημα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες συντεχνίες: τους *παραγωγούς* τους *καταναλωτές* και τους *αποσυνθέτες*. Στους παραγωγούς ανήκουν τα φυτά, τα οποία με την φωτοσύνθεση παράγουν από ανόργανα υλικά τις οργανικές ουσίες. Στους καταναλωτές ανήκουν τα φυτοφάγα ζώα που τρέφονται από τα φυτά και τα σαρκοφάγα ζώα που τρέφονται από άλλα ζώα (κυρίως φυτοφάγα). Αποσυνθέτες είναι κυρίως μικροοργανισμοί (σκαθάρια, σκουλήκια βακτηρίδια και μύκητες), αλλά και σπονδυλωτά (γύπες, ύαινες, τρωκτικά) που τρέφονται από τα περιττώματα και τους νεκρούς οργανισμούς.

Οι αποσυνθέτες κλείνουν πράγματι τον κύκλο γιατί δρουν αντίστροφα από τους παραγωγούς: Μετατρέπουν τις οργανικές ουσίες – οι οποίες περιέχονται στα φύλλα που πέφτουν, στα κλαδιά και τα δέντρα που πεθαίνουν, καθώς και στα περιττώματα και τα πτώματα των νεκρών οργανισμών – σε ανόργανη ύλη που την επιστρέφουν στο έδαφος απ' όπου την είχαν πάρει τα φυτά. Οι οργανικές ουσίες που δεν είναι δυνατόν να διασπασθούν αμέσως, συσσωρεύονται στα ανώτερα στρώματα του εδάφους και παράγουν τον *χούμο*, το οργανικό συστατικό του χώματος. Ο χούμος κάνει το χώμα χαλαρό και αφράτο, όπως το θέλουν τα φυτά για να απλώσουν τις ρίζες τους και να αναπυχθούν και, καθώς διασπάται, προσθέτει στο έδαφος ανόργανα θρεπτικά συστατικά.

Κύκλοι και αποθήκες

Οι ζωντανοί οργανισμοί αποτελούνται από οργανικά μόρια που περιέχουν άνθρακα. Άλλα στοιχεία τα οποία βρίσκονται σε όλα τα μόρια που αποτελούν τους οργανικούς ιστούς είναι το άζωτο, το οξυγόνο, το υδρογόνο και ο φώσφορος. Τίποτε δεν χάνεται στην φύση. Τα στοιχεία που περιέχονται στα συστατικά των ζωντανών οργανισμών τα παίρνουν τα φυτά από το έδαφος και τον αέρα. Από τα φυτά τα στοιχεία αυτά μεταφέρονται, μέσω της *τροφικής αλυσίδας*³² στα φυτοφάγα και από αυτά, στα σαρκοφάγα ζώα. Όταν αυτά πεθαίνουν, οι αποσυνθέτες φροντίζουν να τα επιστρέψουν στο περιβάλλον (το έδαφος, το νερό ή τον αέρα) απ' όπου τα φυτά τα ξαναπαίρνουν κλείνοντας τον κύκλο. Τα φυτά παίρνουν επίσης τον άνθρακα, δηλαδή την ενέργεια που χρειάζονται για την σύνθεση των οργανικών ενώσεων, απ' ευθείας από το διοξείδιο του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Το υδρογόνο το παίρνουν από την διάσπαση του νερού το οποίο απορροφούν με τις ρίζες τους. Το οξυγόνο που περισσεύει το αποβάλλουν στην ατμόσφαιρα. Οι οργανικές ουσίες τις οποίες συνθέτουν τα φυτά μεταφέρονται με την τροφή στα φυτοφάγα ζώα. Τα άτομα του άνθρακα που κάποτε ανήκαν στην χημική δομή ενός φυτού, ανήκουν τώρα στην χημική δομή ενός φυτοφάγου και στην συνέχεια ενός σαρκοφάγου ζώου. Ζώα και φυτά όσο ζουν αναπνέουν, εισπνέοντας οξυγόνο και εκπνέοντας διοξείδιο του άνθρακα. Όταν αυτά πεθαίνουν, οι αποσυνθέτες διασπούν τις οργανικές ενώσεις που περιέχονται στους νεκρούς ιστούς, ώσπου το μόνο που απομένει να είναι διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Ο άνθρακας με την αναπνοή και την αποικοδόμηση των νεκρών φυτών και ζώων επανέρχεται ως διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Είναι ο κύκλος του άνθρακα και του οξυγόνου.

Αντίθετα από το οξυγόνο, η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι πολύ μικρή. Αρκεί όμως όπως είδαμε για να παίξει καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση του κλίματος. Αντίθετα πάλι με το οξυγόνο που η συγκέντρωσή του παραμένει σταθερή, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) δεν έχει πάψει να αυξάνεται μετά την βιομηχανική επανάσταση, προκαλώντας αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης και αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος. Όμως η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα δεν αυξάνεται με τον ρυθμό που αυξάνονται οι εκπομπές. Αυτό συμβαίνει γιατί τόσο τα φυτά όσο και ο ωκεανός λειτουργούν ως *αποθήκες* CO_2 και απορροφούν μέρος του πλεονάσματος. Ο υπολογισμός του τελικού ισοζυγίου με την βοήθεια μαθηματικών μοντέλων είναι πολύπλοκος.

Οι περισσότερες από τις διεργασίες που ρυθμίζουν τον κύκλο του άνθρακα στην ξηρά εξαρτώνται κυρίως από την θερμοκρασία, το φως και την διαθεσιμότητα του νερού για τα φυτά. Από την άλλη μεριά η ικανότητα των ωκεανών να απορροφούν CO_2 από την ατμόσφαιρα εξαρτάται κυρίως από την θερμοκρασία του νερού, την αλατότητα και τα θαλάσσια ρεύματα.

Η μετατροπή των εκτάσεων με φυσική βλάστηση, όπως είναι τα δάση, σε γεωρ-

32. Με τον όρο *τροφική αλυσίδα* χαρακτηρίζεται γενικά η ακολουθία της μεταφοράς ύλης και ενέργειας από οργανισμό σε οργανισμό με τη μορφή τροφής, όπου οι επόμενοι οργανισμοί (ή ανώτεροι) τρέφονται από τους προηγούμενους. Κάθε κρίκος ή στάδιο μιας τροφικής αλυσίδας ονομάζεται *τροφικό επίπεδο*. Στη πράξη όμως τόσο απλά συστήματα σπάνια υπάρχουν και οι τροφικές σχέσεις μεταξύ οργανισμών συνήθως σιμωθούν ένα εκτεταμένο δίκτυο. Για το λόγο αυτό σήμερα προτιμάται να γίνεται λόγος για *τροφικό πλέγμα* παρά για *τροφική αλυσίδα*.

γική γη, οδηγεί σε απελευθέρωση του άνθρακα που είναι αποθηκευμένος στη βιομάζα των φυτών. Μειώνει επίσης τον άνθρακα και τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στο έδαφος. Αντίθετα, η αναδάσωση εγκαταλελειμμένων γεωργικών γαιών τείνει να αυξήσει τον δεσμευμένο άνθρακα. Η δέσμευση του άνθρακα στα δάση εξαρτάται από τον τύπο των φυτών και το γεωγραφικό πλάτος. Στους τροπικούς, η σχέση φυλλώματος και ριζών ως προς τη δέσμευση είναι 50/50, ενώ στα βόρεια δάση είναι 30/70 (εξ ου και τα δάση αυτά μεγαλώνουν πιο αργά).

Περί αζώτου και φωσφόρου

Το άζωτο είναι σημαντικό για την σύνθεση των πρωτεϊνών οι οποίες αποτελούν τα βασικά υλικά από τα οποία συντίθενται οι οργανισμοί και το DNA, που παίζει καθοριστικό ρόλο στην κληρονομικότητα. Το άζωτο βρίσκεται άφθονο στην ατμόσφαιρα (το 78% του αέρα αποτελείται από άζωτο). Όμως είναι λίγοι οι οργανισμοί που είναι ικανοί να χρησιμοποιήσουν το άζωτο της ατμόσφαιρας στη μορφή που βρίσκεται. Τα φυτά, που τοποθετούνται στην βάση κάθε τροφικής αλυσίδας, δεν έχουν αυτή την ικανότητα. Για να απορροφήσουν το άζωτο αυτό πρέπει να είναι δεσμευμένο σε νιτρικές ενώσεις ($-NO_3$) ή αμμωνία. (NH_3). Το ποσό του αζώτου που είναι διαθέσιμο υπό αυτή την μορφή καθορίζει την αύξηση των φυτών: Όταν εξαντληθεί, η αύξηση σταματά. Για τον λόγο αυτό λέμε ότι το άζωτο αποτελεί *περιοριστικό παράγοντα*.

Τα φυτά είναι συνεπώς εξαρτημένα από μικροοργανισμούς που ζουν είτε ελεύθεροι στο έδαφος είτε στις ρίζες ορισμένων φυτών (μιξέλια, φασόλια, τριφύλλι και άλλα ψυχανθή) με τα οποία έχουν *συμβιωτική σχέση*³³. Αυτά δίνουν στα φυτά το άζωτο που χρειάζονται και παίρνουν από τα φυτά τις οργανικές ουσίες που αυτά χρειάζονται για να συνθέτουν. Οι οργανισμοί που δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας και το μετατρέπουν σε νιτρικές ενώσεις είναι τα *αζωτοβακτηρίδια* και ορισμένοι μύκητες. Μια άλλη ομάδα μικροοργανισμών αποικοδομούν τους νεκρούς οργανισμούς και τα περιττώματα, ελευθερώνοντας αμμωνία που χρησιμοποιείται απ' ευθείας από ορισμένα φυτά ή μετατρέπεται από άλλους μικροοργανισμούς σε νιτρικές ενώσεις. Τέλος στο έδαφος υπάρχει και μια άλλη ομάδα μικροοργανισμών οι οποίοι διασπούν τις ενώσεις που περιέχουν άζωτο. Το άζωτο που ελευθερώνεται μετατρέπεται από τα νιτροβακτηρίδια σε νιτρικές ενώσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται από τα φυτά. Στις καλλιέργειες συχνά οι αζωτούχες ενώσεις στο έδαφος εξαντλούνται και όπως είδαμε η έλλειψη αζώτου περιορίζει την αύξηση των φυτών. Για να έχουν καλύτερες αποδόσεις, οι γεωργοί χρησιμοποιούν ζωικά ή ανόργανα αζωτούχα λιπάσματα.

Μια άλλη πανάρχαια πρακτική, που σήμερα χρησιμοποιείται σε περιορισμένη μόνο κλίμακα, είναι η *αμειψισπορά*: Ο αγρότης καλλιεργεί σε ένα χωράφι την μια χρονιά σάρι και την επόμενη φασόλια, τριφύλλι ή κάποιο άλλο ψυχανθές. Το άζωτο που δεσμεύουν τα νιτροβακτηρίδια τα οποία ζουν στις ρίζες τους εμπλουτίζει το έδαφος και βελτιώνει την σοδειά σταριού τον επόμενο χρόνο. Ο φώσφορος είναι άλλο ένα κοινό στοιχείο για όλους στους ζωντανούς οργανισμούς που περιέχεται στις

33. Συμβιωτική σχέση ή συμβίωση είναι η στενή και συχνά μακροχρόνια σχέση μεταξύ διαφορετικών οργανισμών (που ανήκουν σε διαφορετικά είδη).

κυτταρικές μεμβράνες, τα κόκαλα και τα δόντια. Οι υδατοδιαλυτές φωσφορικές ενώσεις που παίρνουν τα φυτά από το έδαφος, προέρχονται από την διάβρωση των πετρωμάτων. Τα ζώα με την σειρά τους παίρνουν τον φώσφορο που χρειάζονται από τα φυτά ή από άλλα ζώα. Οι αποσυνθέτες επιστρέφουν στο έδαφος τις φωσφορούχες ενώσεις που περιέχουν οι νεκροί ιστοί και τα περιττώματα των ζώων. Ο φώσφορος, όπως και το άζωτο είναι περιοριστικοί παράγοντες στην ανάπτυξη των φυτών. Για να αυξήσουν την απόδοση του εδάφους, οι σύγχρονοι καλλιεργητές χρησιμοποιούν ορυκτά φωσφορικά λιπάσματα που ορισμένες φορές περιέχουν και δηλητηριώδη βαριά μέταλλα.

Η ροή της ενέργειας σε ένα οικοσύστημα

Όπως είδαμε, για να διατηρηθεί ένα οικοσύστημα, χρειάζεται την ενέργεια που δεσμεύουν τα φυτά με την φωτοσύνθεση σχηματίζοντας οργανικές ενώσεις, η απλούστερη από τις οποίες είναι η γλυκόζη. Ο σχηματισμός της γλυκόζης και των άλλων υδατανθράκων από τους φυτικούς οργανισμούς ανήκει στο πρώτο *τροφικό επίπεδο*. Η ενέργεια που αποθηκεύεται με την φωτοσύνθεση στους χημικούς δεσμούς των οργανικών ενώσεων μεταβιβάζεται στους φυτοφάγους οργανισμούς που ανήκουν στο δεύτερο τροφικό επίπεδο. Καθώς η ενέργεια μεταβιβάζεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο, μεγάλο μέρος της χάνεται υπό μορφή θερμότητας στο περιβάλλον ενώ ένα άλλο χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς για την διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματός τους. Χονδρικά υπολογίζεται ότι τελικά μόνο το 10% της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου μεταβιβάζεται στο επόμενο τροφικό επίπεδο. Επειδή όμως στην πράξη είναι δύσκολο να μετρήσουμε το ποσό της ενέργειας που μεταφέρεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο, μετράμε την βιομάζα που περιέχεται σε κάθε τροφικό επίπεδο.

Σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε απλά οικοσυστήματα βρέθηκε, όπως άλλωστε αναμενόταν, ότι η βιομάζα που ανήκει σε κάθε επίπεδο είναι περίπου το 10% της βιομάζας του προηγούμενου. Από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο, το 90% της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στην βιομάζα χάνεται. Στο τέταρτο τροφικό επίπεδο στο οποίο ανήκουν οι ανώτεροι θηρευτές- όπως π.χ. τα γεράκια- η διαθέσιμη ενέργεια είναι το 1% της ενέργειας που έχει δεσμευτεί στο χορτάρι.

Πληροφορία και οργάνωση της ύλης

Το 1944, ο διάσημος φυσικός Ε. Σρέντιγκερ δημοσιεύει ένα βιβλίο που έμελλε να γίνει μπεστ-σέλερ για μια μεγάλη περίοδο. Απαντώντας στο ερώτημα του τίτλου Τι είναι η ζωή; (What is life?) συνδυάζει το μεταβολισμό των οργανισμών με τη μάχη ενάντια στην εντροπία, πράγμα που οδηγεί στην «καθυστερήση του αναπόφευκτου βιολογικού θανάτου». Κάθε ζωντανός οργανισμός, λέει ο Σρέντιγκερ, όπως και κάθε βιολογικό σύστημα, δημιουργεί νησίδες μειωμένης εντροπίας, σε βάρος όμως της γενικής εντροπίας του Σύμπαντος.

Οι ζωντανοί οργανισμοί έχουν κατά τον Σρέντιγκερ και ένα άλλο μοναδικό χαρακτηριστικό: κληρονομούν τις ιδιότητές τους από γενιά σε γενιά, δημιουργώντας

έτσι τις προϋποθέσεις για τη συνέχεια και την εξέλιξη. Αυτή η δυνατότητα των ζωντανών οργανισμών να αυτό-οργανώνονται, καταναλώνοντας ανόργανα στοιχεία και ενέργεια, ήταν κατά τον Σρέντιγκερ η εκδήλωση της αρνητικής εντροπίας, κάτι που αργότερα ο Φον Νόϊμαν το θεώρησε και ως ιδιότητα των *σερβομηχανισμών*³⁴. Των συστημάτων δηλαδή που μέσα από τις διαδικασίες της ανάδρασης κατόρθωναν να διορθώνουν την απόκλισή τους ή την ροπή τους προς την αποδιοργάνωση.

Πως όμως πραγματοποιείται η τοπική μείωση της εντροπίας; Ο Μάξγουελ, γνωστός κυρίως για το έργο του στον μαγνητισμό και τον ηλεκτρισμό, για πρώτη φορά συνέλαβε το θεωρητικό πρότυπο, όταν εξέταζε την «συμπεριφορά» των μορίων ενός αερίου μέσα σε ένα κλειστό δοχείο. Αν δεν υπάρχει εξωτερική πηγή ενέργειας ή κάποιο δυναμικό πεδίο, τα μόρια του αερίου κατανέμονται με ομοιόμορφο τρόπο και η πιθανότητά τους να βρεθούν στο α' ή στο β' σημείο είναι ισότιμη. Η θερμοκρασία, που είναι ισοδύναμη με τις ταχύτητες των μορίων, είναι και αυτή ομοιόμορφα κατανεμημένη, υπακούοντας στους νόμους της στατιστικής μηχανικής. Για να διαταράξει αυτή την ισορροπία, ο Μάξγουελ έβαλε ένα πορτάκι στη μέση του δοχείου όπου και τοποθέτησε τον υποθετικό του δαίμονα (Maxwell, 1921). Αυτός, εν είδει τροχονόμου, άφηνε τα μόρια με τις μικρές ταχύτητες να περνούν από τη μια μεριά και εκείνα με τις μεγάλες από την άλλη. Δημιούργησε έτσι μια ανισοτροπία στο χώρο, μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο μερών, μια κατάσταση οργάνωσης. Τι είναι εκείνο που διέθετε ο δαίμονας του Μάξγουελ και που δεν διαθέτει από μόνη της η ανόργανη ύλη; Είναι ακριβώς η γνώση για το πιο μόριο έχει μικρή και πιο μεγάλη ταχύτητα. Δηλαδή η πληροφορία. Κατ' αναλογία, η πληροφορία που μπορεί να διαθέτει ένας οργανισμός – π.χ. μέσω του γενετικού του κώδικα – μπορεί να αποτελέσει παράγοντα οργάνωσης και μείωσης της εντροπίας. Αυτή ακριβώς ήταν η σκέψη που οδήγησε τον μεγάλο μαθηματικό C.E. Shannon (1916-2001) αρκετά χρόνια αργότερα να εισηγηθεί την ισοδυναμία της πληροφορίας με την αρνητική εντροπία, θέτοντας τις βάσεις για την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης και στη συνέχεια της ρομποτικής. Το βασικό πρόβλημα στην επικοινωνία είναι ποιος κώδικας έχει τη μεγαλύτερη χωρητικότητα για να 'μεταφέρει πληροφορία'. Ο Shannon γράφει ότι «ο αριθμός των μηνυμάτων... ή κάθε μονοτονική συνάρτηση αυτού του αριθμού μπορεί να θεωρηθεί ως μέτρο της πληροφορίας που γεννιέται όταν ένα μήνυμα επιλέγεται ανάμεσα σε όλα τα μηνύματα με το ίδιο μέγεθος». Λίγο μετά τη δημοσίευση της εργασίας των Shannon και Weaver, ο τελευταίος σημείωσε ότι «όταν κάποιος συναντά την έννοια της εντροπίας στην θεωρία της πληροφορίας έχει το δικαίωμα να υποπτευτεί ότι κρατά κάτι που μπορεί να αποδειχθεί βασικό και πρωταρχικό».

Η οργάνωση της ύλης που μπορεί να πετύχει ο Δαίμονας ή μια εξωτερική δύναμη, π.χ. ένα μαγνητικό πεδίο, οδηγεί και σε μια οργάνωση της ενέργειας που μέτρο της είναι η εντροπία. Όταν η εντροπία παίρνει τη μέγιστη τιμή της – ομοιόμορφη κατανομή των μορίων του αερίου στο δοχείο – τότε το σύστημα δεν μπορεί να παράξει κανένα μηχανικό έργο, παρόλο που διαθέτει ενέργεια. Η ικανότητα ή όχι του συστήματος να παράξει έργο εξαρτάται από την *ελεύθερη ενέργεια*³⁵ (ή *ελεύθερη ενθαλπία*)

34. *Η λογική τους βασίζεται στην αρνητική ανάδραση με την οποία ο ανιχνευτής ενός σφάλματος στέλνει ένα σήμα στον μηχανισμό που το παρήγαγε προκειμένου να το διορθώσει (ή να τροποποιήσει τη λειτουργία του). Ένας πολύ απλός σερβομηχανισμός είναι ο θερμοστάτης.*

35. *Στη θερμοδυναμική η ελεύθερη ενέργεια προσδιορίζει επίσης το αν ένα σύστημα (π.χ. μια*

που διαθέτει. Όταν η εντροπία είναι μέγιστη, η ελεύθερη ενέργεια είναι μηδέν. Όταν το σύστημα αρχίζει να αποκτά δομή, η εντροπία μειώνεται και αυξάνει η ελεύθερη ενέργεια. Ο διαχωρισμός των μορίων του αερίου ή η διάταξή τους στο δοχείο με τον τρόπο του Δαίμονα, δημιουργεί μια διαφορά θερμοκρασίας και επομένως μία πηγή θερμότητας που με τη σειρά της μπορεί να δώσει χρήσιμο έργο. Κάτι ανάλογο μπορεί να συμβεί στην υδροσφαίρα όταν η συμπύκνωση των υδρατμών οδηγήσει σε βροχή και η βροχή με τη σειρά της τροφοδοτήσει με νερό μια πηγή σε μεγάλο υψόμετρο. Αυτή η διάταξη δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού (ανάμεσα στο υψηλό σημείο και τη στάθμη της θάλασσας) που μπορεί να αξιοποιηθεί σε μία υδατόπτωση για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Αντίθετα, όταν το νερό φτάσει στη θάλασσα, η ικανότητά του να δώσει έργο είναι μηδέν, όπως μηδέν είναι και η ελεύθερη ενέργεια που διαθέτει. Η εντροπία του επίσης έχει τη μέγιστη τιμή.

Εκείνο λοιπόν που έχει σημασία για τη μελέτη των δυνατών μετασχηματισμών σε ένα σύστημα, δεν είναι πόση ενέργεια διαθέτει, αλλά πώς αυτή είναι οργανωμένη και πώς διατάσσεται ενσωματώνοντας την εξωτερική πληροφορία. Με άλλα λόγια η ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί το όχημα μέσω του οποίου η οργάνωση της ύλης δια της πληροφορίας μπορεί να δώσει χρήσιμο έργο (π.χ. κινητική ενέργεια στο έμβολο μιας μηχανής).

Θερμοδυναμική του χάους

Η νέα θερμοδυναμική της οποίας ο κύριος θεμελιωτής ήταν ο Ilya Prigozine, έχει πολλά ονόματα: «θερμοδυναμική του χάους», «θερμοδυναμική των καταστάσεων της μη-ισορροπίας», «θερμοδυναμική των ενεργοβόρων δομών». Οι ερευνητές του κλάδου απέδειξαν – θεωρητικά και πειραματικά – ότι τα συστήματα που απομακρύνονται από την ισορροπία μπορούν να παρουσιάσουν μορφές τάξης και οργάνωσης καινοφανείς, τέτοιες που πιθανόν να σχετίζονται ακόμα και με τη δημιουργία της ζωής. Η απομάκρυνση από την ισορροπία δρα όπως περίπου η πτώση της θερμοκρασίας ενός ρευστού που το οδηγεί – αφού περάσει το σημείο πήξης- από την υγρή μορφή στην στερεά κατάσταση. Η νέα φάση στην οποία περιήλθε το ρευστό, έχει κρυσταλλική δομή και συνιστά μια πιο οργανωμένη κατάσταση της ύλης από την άποψη της σταθερότητας, της διάταξης και της κινητικότητας των μορίων. Ο κρύσταλλος είναι μια νέα θέση ισορροπίας. Ανάμεσα όμως στον κρύσταλλο και τη δομή που σχηματίζεται από την κατάσταση της μη-ισορροπίας, υπάρχει μια θεμελιώδης διαφορά: Στην περίπτωση του κρυστάλλου, η δομή δεν καταστρέφεται αφ'ής στιγμής σχηματισθεί και είναι εν πολλοίς (εντός ορισμένων ορίων) ανεξάρτητη από τις θερμικές ανταλλαγές του σώματος με το περιβάλλον. Αντίθετα, οι δομές της μη-ισορροπίας, δεν μπορούν να διατηρηθούν εάν δεν τροφοδοτούνται από ένα συνεχές ρεύμα ύλης και ενέργειας. Εάν τις απομονώσουμε καταστρέφονται, όπως ακριβώς θα συμβεί σε μια πόλη αν την αποκόψουμε από τον περίγυρό της.

Ο Ilya Prigozine άφησε την τελευταία του πνοή στις 28 Μαΐου 2003 στις Βρυξέλ-

χημική αντίδραση) εξελίσσεται αυθόρμητα. Στις ψευτοεπιστήμες χρησιμοποιείται για να διαφημίσει συσκευές που έχουν ως βάση το «αεϊκίνητο» δηλαδή έργο εκ του μηδενός.

Το κύτταρο – μηχανή

Η αποτελεσματική αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας από τους ζωντανούς οργανισμούς αποτελεί ένα από τα θαύματα της φύσης. Το όλο σύστημα προσομοιάζει με μια πολύπλοκη και αυτορρυθμιζόμενη μηχανή. Το αρχικό καύσιμο είναι οι τροφές (γλυκόζη, αμινοξέα, λιπίδια). Με την βοήθεια των ενζύμων (καταλύτες) η ενέργεια των τροφών μεταφράζεται σε ένα «ρεύμα ηλεκτρονίων» το οποίο με τη συνδρομή του οξυγόνου της αναπνοής – που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως το δευτερεύον καύσιμο- αποθηκεύεται στο κύτταρο με τη μορφή χημικού δεσμού. Στη συνέχεια, η αποθηκευμένη ενέργεια του κυττάρου αποδίδεται στα όργανα του σώματος μέσω ενός μεταφορέα ενέργειας, την τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP). Η ATP είναι παρούσα σε όλα τα ζωντανά κύτταρα. Προμηθεύει την ενέργεια στην πλειονότητα των χημικών συνθέσεων που εξασφαλίζουν την κίνηση του μυϊκού συστήματος των οργανισμών ή την εκπομπή φωτεινής ενέργειας (βιοφωταύγεια). Η ATP αποτελεί την πιο πρόσφορη μορφή ενέργειας στο κυτταρικό επίπεδο, γι αυτό και αρκετοί βιοχημικοί την ονόμασαν μικρο-χρήμα της ενέργειας, θέλοντας να δηλώσουν τον αποφασιστικό της ρόλο στις ενεργειακές ανταλλαγές, όπως ακριβώς το χρήμα ρυθμίζει τις συναλλαγές στο επίπεδο της οικονομίας. Στο πρώτο μέρος του κύκλου, η παραγωγή ηλεκτρονίων από τα χημικά καύσιμα (τροφές) θυμίζει τις σύγχρονες «κνψέλες καυσίμων» όπου η χημική ενέργεια των συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) ή νέων καυσίμων (π.χ. του υδρογόνου) μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια ικανή π.χ. να τροφοδοτήσει έναν κινητήρα αυτοκινήτου. Οι κνψέλες καυσίμων υπόσχονται πιο καθαρές ενεργειακές μετατροπές και καλύτερες αποδόσεις.

λες. Μας άφησε κληρονομιά ένα τεράστιο έργο και κυρίως μια σημαντική επανάσταση στη θεωρία της φυσικής. Θεμελιωτής της μη γραμμικής θερμοδυναμικής και της οντογένεσης μέσα από το χάος, παίρνει τη θέση του στο πάνθεον των επιστημών δίπλα στον Μπορ και τον Αϊνστάιν. Μετά τον Prigozine, ο κόσμος μας δεν είναι πια ο ίδιος. Τόσο το σύμπαν όσο και ο μικρόκοσμος διέπονται από έναν αφάνταστο πλουραλισμό και εμφανίζουν διαδικασίες που ήταν άγνωστες στην κλασική μηχανική. Οι μη αντιστρεπτές μεταβολές κυριαρχούν πάνω στην ανόργανη ύλη, παράγουν νέες οντότητες και δίνουν ένα διαφορετικό νόημα στην έννοια του χρόνου. Ο χρόνος δεν είναι μια αφηρημένη έννοια, έχει κατεύθυνση και προορισμό. Για ορισμένα συστήματα, ο προορισμός είναι η ομογενοποίηση και ο θερμικός θάνατος. Για άλλα, είναι ένα νέο επίπεδο οργάνωσης, μια μεγαλύτερη πολυπλοκότητα, εμφάνιση της τάξης μέσα από την αταξία και εντέλει δημιουργία των προϋποθέσεων για τη γέννηση της ζωής. Σύμφωνα με τον Prigozine, το χάος αποτελεί την πιθανότερη κατάσταση της ύλης. Σε ορισμένες όμως εξαιρετικές περιπτώσεις, στις θέσεις «μακράν της ισορροπίας», τα φαινόμενα απαλλάσσονται από τη γραμμικότητα που χαρακτηρίζει μέχρι τότε τη συμπεριφορά τους και παράγουν νέες δομές. Στις περιοχές αυτές, ένα χημικό άτομο μπορεί να προκαλέσει αναστάτωση και μια διαταραχή που σπάει την αδιάφορη ομοιομορφία. Εδώ έχουμε να κάνουμε και με μια νέα θεώρηση της ύλης. Η ύλη δεν είναι πια παθητική, όπως την ήθελε η κλασική μηχανική, αλλά κρύβει μέσα της δυνάμεις που προδιαθέτουν για μια αυθόρμητη δράση.

Έτσι άλλωστε μπορούν να εξηγηθούν μέσα σ' ένα κόσμο που διέπεται από το γενικό νόμο της αυξανόμενης εντροπίας, τα φαινόμενα της ζωής και της γένεσης του σύμπαντος. Η νέα αυτή θεώρηση της ύλης μας εισάγει αυτομάτως σ' ένα νέο φιλοσοφικό πεδίο και εγκαινιάζει μια νέα σχέση του υποκειμένου της ιστορίας με τη φύση. Στη νέα αυτή θεώρηση, ο άνθρωπος είναι ταυτόχρονα ηθοποιός και θεατής. Η περιγραφή του κόσμου δεν είναι παρά μια διαρκής επικοινωνία με ανατροπές. Αυτή όμως η περιγραφή υπόκειται σε περιορισμούς που αποδεικνύουν ότι κι εμείς είμαστε ένα μόνο μέρος του φυσικού κόσμου και όχι οι απόλυτοι εξουσιαστές του. Για τον Prigozine και την «σχολή των Βρυξελλών», το όνειρο των παλιότερων φυσικών *μια επιστήμη έξω και πέρα από τον άνθρωπο* – άποψη την οποία συμμεριζόταν ακόμα κι ο Αϊνστάιν – δεν είναι πια δυνατό να πραγματοποιηθεί. Στις κοινωνίες μας, με την εξαιρετική ανάπτυξη της τεχνολογίας, η επιστήμη – τουλάχιστον στις προοδευτικές της εκδοχές – κατέχει τη θέση του «ποιητικού» ερωτηματολογίου προς τη φύση. Όπου ποιητής είναι αυτός που ερευνά, δρα και χειρίζεται την πραγματικότητα. Ο διάλογος της επιστήμης με μια φύση – ρομπότ ανήκει οριστικά στο παρελθόν. Η προσωπική μας ευθύνη απέναντι στη φύση και τον κόσμο είναι γι αυτό μεγαλύτερη. Ο Ilya Prigozine μας άνοιξε το δρόμο.

Όμως ακόμη η απάντηση στο ερώτημα τί είναι η ζωή δεν είχε δοθεί. Μπορεί η αρνητική εντροπία να οδηγεί σε αυτοοργάνωση, όμως δεν ξέρουμε αν αυτό παράγει ζωή. Η μετάβαση από τη θερμοδυναμική στην βιολογία έγινε με μεταγενέστερες εργασίες όπως αυτές του Eigen και του Nikolis. Ας δούμε τις βασικές υποθέσεις. Κατ' αρχήν, κάθε μακροσκοπικό σύστημα (π.χ. ένας οργανισμός που αποτελείται από μεγάλο αριθμό μακρομορίων) είναι συνδεδεμένο με το περιβάλλον του, αυτό που αποκαλούμε «εξωτερικό κόσμο», μέσω δυνάμεων που επιδρούν σε κάθε εσωτερικό σημείο του συστήματος (π.χ. οι δυνάμεις της βαρύτητας) ή μέσω δυνάμεων που δρουν στην επιφάνειά του (δυνάμεις τριβής για παράδειγμα). Είναι επιπλέον ένα *ανοιχτό σύστημα* με την έννοια ότι ανταλλάσσει με το περιβάλλον αυτό ύλη και ενέργεια. Το κύτταρο ενός βακτηριδίου όπως είναι το *Escherichia coli* μέσα σε ένα διάλυμα γλυκόζης, είναι ένα ανοιχτό σύστημα. Αντίθετα, η Γη στο σύνολό της είναι ένα κλειστό σύστημα, με την έννοια ότι η βασική της συναλλαγή με το περιβάλλον γίνεται δια της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής λέει ότι η διατήρηση της ενέργειας ισχύει για όλα τα συστήματα. Η αύξηση της ενέργειας στο εσωτερικό του συστήματος είναι ίση με την ενέργεια που φτάνει σε αυτό απ' έξω.

Μοριακή αταξία μέχρι ενός ορίου

Η δεύτερη θερμοδυναμική αρχή εισήγαγε ένα νέο χαρακτηριστικό της “κατάστασης συστήματος”, την εντροπία, η οποία σχετίζεται με τις ανταλλαγές θερμότητας με τον εξωτερικό κόσμο. Αλλά σε αντίθεση με την ενέργεια, η εντροπία δεν διατηρείται. Αυτό σημαίνει ότι οι αναστρέψιμες διαδικασίες που συμβαίνουν εντός του συστήματος (π.χ. μεταφορά θερμότητας μέσω ενός στερεού, τυρβώδης ροή, κ.λπ.) δεν μπορεί παρά να αυξάνουν την εντροπία. Ο νόμος αυτός εισάγει μια καθολική αρχή στην μακροσκοπική εξέλιξη. Αλλά τι συμβαίνει στα μικροσκοπικά συστήματα; Τι συμβαίνει με την αύξηση της εντροπίας στην κλίμακα των μορίων; Αυτό το θέμα έχει βέβαια διευκρινιστεί σε μεγάλο βαθμό από τις κλασσικές έρευνες του Boltzmann κατά τον οποίο η εντροπία είναι ένα μέτρο της «μοριακής διαταραχής». Ο νόμος της εντρο-

πίας είναι επομένως ένας νόμος της προοδευτικής αποδιοργάνωσης και της απώλειας της μνήμης των αρχικών συνθηκών. Η μαθηματική διατύπωση του νόμου του Boltzmann $S = k \log P$ όπου το S είναι η εντροπία του συστήματος, k η σταθερά του Boltzmann και P ο αριθμός των ενδεχομένων ή των συνδυασμών των συστατικών του συστήματος (π.χ. των μορίων μέσα σε ένα κλειστό δοχείο) μας επιτρέπει να διαπιστώσουμε ότι η εντροπία αυξάνει με την αύξηση της μοριακής αταξίας, μέτρο της οποίας είναι ο αριθμός των δυνατών συνδυασμών των μορίων σε ομάδες N_1, N_2, N_3 κτλ. Αν κάνουμε μια αντίστοιχη εφαρμογή σε ένα «κλειστό» σύστημα το οποίο το υποβάλλουμε σε μια διαδοχή σταθερών θερμοκρασιών (π.χ. με τη βοήθεια ενός θερμοστάτη) τότε θα βρούμε ότι στις χαμηλές θερμοκρασίες δημιουργούνται δομές χαμηλής εντροπίας ενώ στις υψηλές θερμοκρασίες έχουμε δομές με μεγάλη εντροπία. Αυτό δείχνει άλλωστε και η εμπειρία, αφού στις χαμηλές θερμοκρασίες τα υλικά σώματα γίνονται στερεά – άρα αποκτούν σταθερές δομές – ενώ στις υψηλές θερμοκρασίες περνάμε διαδοχικά από την υγρή στην αέρια κατάσταση, άρα από *φάση* σε *φάση* μεγαλώνει η αταξία. Με μια άλλη διατύπωση μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η δημιουργία οργάνωσης και δομής στη φυσική είναι μια συνέπεια των νόμων της εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής ενός απομονωμένου συστήματος³⁶ σε κατάσταση ισορροπίας³⁷.

Σε ένα απομονωμένο σύστημα, όπως είδαμε, η δεύτερη αρχή συνεπάγεται ότι η εντροπία αυξάνει μέχρι να φτάσει στο μέγιστο σημείο της συνάρτησης που την περιγράφει. Το σύστημα τείνει, μετά από ένα μεταβατικό καθεστώς, αργά ή γρήγορα, σε μια μονόδρομη σταθερή κατάσταση ισορροπίας: είναι η θερμοδυναμική ισορροπία. Αν θεωρήσουμε τώρα, αντί ενός απομονωμένου συστήματος, ένα ανοικτό σύστημα που θα μπορεί να ανταλλάσσει ενέργεια και ύλη με το εξωτερικό περιβάλλον. Σε αυτή την περίπτωση, και υπό την προϋπόθεση ότι οι εξωτερικές πηγές της ενέργειας και της ύλης είναι αρκετά μεγάλες, μεταβαίνουμε σε ένα άλλο καθεστώς, αυτό που ονομάζουμε *στατική κατάσταση εκτός ισορροπίας*³⁸. Τότε η αρχή του Boltzmann η οποία δίνει μια καλή περιγραφή των καταστάσεων ισορροπίας παύει πλέον να ισχύει αφού θα έδινε μια σχεδόν μηδενική πιθανότητα στο μακροσκοπικό ρεύμα. Οι *δομές διασποράς* όπως λέγονται, σχετίζονται με μια εντελώς διαφορετική αρχή την οποία θα μπορούσαμε να αποκαλέσουμε “οργάνωση από διακύμανση”. Ας δούμε ένα πολύ απλό παράδειγμα απ’ τον τομέα της υδροδυναμικής: την αστάθεια του Bénard. Ζεσταίνουμε μια μάζα υγρού από τα κάτω. Ως αποτέλεσμα της εφαρμογής ενός εξωτερικού παράγοντα (της θερμότητας), το σύστημα αποκλίνει σταδιακά από την κατάσταση ισορροπίας διατηρώντας όμως μια ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλη του τη μάζα. Για μικρές βαθμίδες της θερμοκρασιακής μεταβολής, η θερμότητα διαδίδεται με αγωγή. Μετά όμως από μια κρίσιμη βαθμίδα, έχουμε διάδοση με μεταφορά. Αν το υγρό είναι έγχρωμο θα δούμε πως αρχίζουν να σχηματίζονται στερεοσκοπικά σχήματα με τη μορφή

36. Το απομονωμένο σύστημα, δεν έχει ανταλλαγές ύλης και ενέργειας με το περιβάλλον του και επομένως εξελίσσεται με τις ενδογενείς του δυνάμεις. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν απομονωμένα συστήματα (η βαρύτητα π.χ. μπορεί και τα διαπερνά) αλλά είναι μια προσέγγιση χρήσιμη στη θεωρία.

37. Ένα σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας όταν το θερμοδυναμικό δυναμικό του (η ελεύθερη ενέργεια του Helmholtz ή η ελεύθερη ενθαλπία του Gibbs) αποκτά την ελάχιστη τιμή της.

38. Στην στατική κατάσταση ισορροπίας, όλες οι σταθερές που χαρακτηρίζουν το σύστημα παραμένουν αμετάβλητες κατά τη διάρκεια του χρόνου. Σε διαφορετική περίπτωση έχουμε ένα μεταβαλλόμενο ή εξελισσόμενο σύστημα.

εξαγώνου. Έχουμε λοιπόν εδώ ένα τυπικό φαινόμενο δημιουργίας δομής που παράγεται από ένα είδος συνεργατικότητας μεταξύ των μορίων. Πριν απ' αυτό που ονομάσαμε αστάθεια του Bénard, η ενέργεια του συστήματος αντιστοιχούσε εξ ολοκλήρου στην θερμική κίνηση των μορίων. Πέραν ενός ορίου, ένα τμήμα του υγρού μεταφέρεται με μακροσκοπικώς διατεταγμένα ρεύματα που περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό μορίων. Σιγά σιγά αυτά πολλαπλασιάζονται, συμβάλλουν (δηλαδή συγκλίνουν) και καταλαμβάνουν ολόκληρη τη μάζα του υγρού. Το αξιοσημείωτο εδώ είναι ότι αυτές οι δομές δημιουργήθηκαν και συντηρούνται μέσω της ανταλλαγής ενέργειας με τον εξωτερικό κόσμο, υπό συνθήκες μη ισορροπίας. Αυτός είναι ο λόγος που ονομάζονται δομές διασποράς. Είναι προφανές ότι στην περίπτωση αυτή δεν έχει πια εφαρμογή η αρχή του Boltzmann αφού θα έδινε μια σχεδόν μηδενική πιθανότητα στο μακροσκοπικό ρεύμα. Η νέα δομή μπορεί να εμφανιστεί επειδή έχουμε έναν εξωτερικό εξαναγκασμό, που εδώ είναι η βαθμίδα της θερμοκρασίας, και λόγω του ότι το σύστημα είναι αρκετά μακριά από την ισορροπία. Είναι η απαρχή της αυτοοργάνωσης της ύλης.

Ο ρόλος των δομών διασποράς

Όπως είδαμε, σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής, σ' ένα απομονωμένο σύστημα (που δεν ανταλλάσσει δηλαδή ύλη και ενέργεια με το περιβάλλον του), η συνολική εντροπία αυξάνει προοδευτικά ενώ η ελεύθερη ενέργεια μειώνεται ώσπου το σύστημα να φτάσει στην κατάσταση ισορροπίας, οπότε η εντροπία του αποκτά τη μέγιστη τιμή της. Στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας το σύστημα είναι ομοιογενές και αδρανές. Αν μάλιστα θεωρήσουμε, όπως έκανε ο Clausius, ολόκληρο το σύμπαν ως ένα απομονωμένο σύστημα γιγαντιαίων διαστάσεων, τότε, σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο, η προοδευτική υποβάθμιση της ενέργειας, δηλαδή η μεγιστοποίηση της εντροπίας, οδηγεί αναπόφευκτα στον «θερμικό θάνατο» του σύμπαντος.

Πώς να εξηγήσουμε όμως την «παράδοξη» συμπεριφορά των ανοιχτών συστημάτων; Τα συστήματα αυτά βρίσκονται μακριά από την κατάσταση ισορροπίας και ανταλλάσσουν αδιάκοπα ύλη και ενέργεια με το περιβάλλον τους. Δεν τείνουν προς μια κατάσταση ελάχιστης ελεύθερης ενέργειας και μέγιστης εντροπίας, αλλά αντίθετα, εκμεταλλεύονται κάποιες ενεργειακές εισροές και διακυμάνσεις όχι μόνο για να διατηρούν τη δομική τους ευστάθεια αλλά και για να εξελίσσονται προς νέες δυναμικές καταστάσεις. Στη φύση, τα ανοιχτά θερμοδυναμικά συστήματα δεν είναι η εξαίρεση αλλά ο κανόνας. Σε αυτά περιλαμβάνονται όχι μόνο οι ζωντανοί οργανισμοί και οι ανθρώπινες κοινωνίες, αλλά και το μεγαλύτερο μέρος των «απλούστερων» φυσικοχημικών συστημάτων. Με τη μελέτη των ανοιχτών θερμοδυναμικών συστημάτων ο Ilya Prigogine απέδειξε ότι σε συνθήκες μακριά από τη θερμοδυναμική ισορροπία η ύλη αποκτά νέες απρόσμενες ιδιότητες, αυτοοργανώνεται και παράγει πολύπλοκες δομές από τυχαίες διακυμάνσεις.

Τις δομές αυτές θα τις ονομάσει *δομές διασποράς* (dissipative structures), χρησιμοποιώντας ένα φαινομενικά οξύμωρο σχήμα. Ο όρος θα μπορούσε να αποδοθεί στα ελληνικά και ως *δομές διασκορπισμού* ή *εκλυτογενείς* ή ακόμη και *καταναλωτικές δομές*. Στην ουσία πρόκειται για συστήματα που καταναλώνουν ενέργεια. Οι δομές διασποράς είναι καταστάσεις που υπάρχουν χάρις στην αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον, με το οποίο ανταλλάσσουν ενέργεια, και διατηρούνται μέσα από μια

ατελείωτη δυναμική ροή. Οι απλούστερες μορφές δομές διασκορπισμού είναι κάποια σχετικά απλά φυσικοχημικά συστήματα στα οποία ελάχιστες διαταραχές και διακυμάνσεις σε μικροσκοπική κλίμακα οδηγούν στην ανάδυση νέων απροσδόκητων μακροσκοπικών δομών.

Τα έμβια συστήματα είναι ανοικτά συστήματα, συμπλέγματα οργάνωσης τα οποία απέχουν πολύ από την ισορροπία και μπορούν να καταταγούν στις δομές διασποράς. Αυτές οι τυχαίες (μη προβλέψιμες) διαδικασίες που συμβαίνουν σ' αυτά φανερώνουν ότι τα ανοικτά συστήματα και επομένως το μεγαλύτερο μέρος του σύμπαντός μας δεν είναι μηχανιστικό αλλά τυχαίο. Ο Prigogine χρησιμοποιεί την ιδέα του τυχαίου αρκετά διαφορετικά από τον τρόπο με τον οποίο το κάνουν οι υπόλοιποι επιστήμονες. Για παράδειγμα, για τον Jacques Monod, συγγραφέα του βιβλίου Τύχη και Αναγκαιότητα, η τύχη συνεπάγεται έναν κόσμο που κυβερνάται τυφλά, ενώ διαμορφώνει ένα σύμπαν που σύμφωνα με τους ανθρώπινους όρους στερείται νοήματος, δηλαδή βρίσκεται πολύ κοντά στον παράλογο κόσμο της υπαρξιστικής φιλοσοφίας, από την οποία ο Monod αντλεί τα επιχειρήματά του.

Ωστόσο, για τον Prigogine η τύχη είναι συνώνυμο του μη ντετερμινισμού, του αυθόρμητου, της καινοτομίας και της δημιουργικότητας. Το σύμπαν δεν απέχει πολύ από το να είναι έμβιος οργανισμός, ακριβώς γιατί έχει χώρο για την τυχαία συμπεριφορά. Έτσι, επιτρέπει στις δομές διασποράς -που είναι σιδηρή, από ένα χημικό διάλυμα μέχρι ένα σύννεφο, έναν εγκέφαλο ή έναν άνθρωπο -να αναδημιουργήσουν τον εαυτό τους σύμφωνα με απρόβλεπτα πρότυπα. Αυτά τα καινούργια πρότυπα συχνά προκαλούνται από μικρές μεταβολές ή διαταράξεις, των οποίων η παρουσία μπορεί να εκτρέψει το όλο σύστημα από τη συνηθισμένη συμπεριφορά προς ένα νέο και απρόβλεπτο καθεστώς που δεν «σέβεται» την μηχανιστική εκδοχή της εντροπίας, όσο και τη συμβατική ανάγνωση του βέλους του χρόνου³⁹.

Έτσι, οι δομές διασκορπισμού εισάγουν τη διαρκή δημιουργικότητα μέσα στη φύση. Ως αποτέλεσμα, η φύση δεν μπορεί πλέον να ειδικωθεί ως κάτι στατικό, ως ένα σύνολο από αδρανή μόρια που κυβερνώνται μόνο από ωθήσεις και έλξεις, αλλά ως κάτι ενεργητικό και ζωντανό. Σε αυτά τα ανοικτά συστήματα ή ύλη δεν είναι απομονωμένη και μοναχική αλλά αντίθετα είναι ανταποκριτική, συσχετιστική και αυτοτροποποιούμενη.

Στα «ανισόρροπα» συστήματα, η ελάχιστη αλλαγή μπορεί να «αποσταθεροποιήσει» το ισχύον καθεστώς και να επιφέρει ένα αποτέλεσμα που δεν είχε προβλεφθεί από τη λογική των γραμμικών εξισώσεων. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι δυνατό να εμφανισθούν διαδικασίες αυτοοργάνωσης, καθώς και δομές διασποράς. Για να κατανοήσουμε αυτήν την έννοια, ας αναφερθούμε αρχικώς σε ένα σύστημα, το οποίο βρίσκεται κοντά στην ισορροπία, π.χ., ένα εκκρεμές με τριβές. Εάν το απομακρύνουμε από την θέση ισορροπίας, τότε αυτό, μετά από την πάροδο κάποιου χρόνου, θα επανέλθει σ' αυτήν. Σε συστήματα, όμως, μακρινά από την ισορροπία υπάρχουν δε-

39. Το βέλος του χρόνου υποδεικνύει την κατεύθυνση προς την οποία εξελίσσονται τα γεγονότα: το μέλλον ακολουθεί το παρελθόν κτλ. Στη σύγχρονη φυσική ο χρόνος συνδυάστηκε με την αύξηση της εντροπίας, αν και υπήρξαν πολλές ενστάσεις. Τον Μάρτιο του 1955 με αφορμή τον θάνατο ενός φίλου του ο Αϊνστάιν έγραφε: Ο φίλος μου εγκατέλειψε τον μάταιο αυτό κόσμο λίγο πριν από μένα. Όμως εμείς οι φυσικοί ξέρουμε η διάκριση ανάμεσα στο παρελθόν, το παρόν και το μέλλον δεν είναι παρά μια ψευδαίσθηση πεισματικά ανθεκτική.

σμοί, οι οποίοι δεν τους επιτρέπουν να επανέλθουν στην κατάσταση ισορροπίας. Ως ένα τέτοιο παράδειγμα αναφέρεται το οικοσύστημα πάνω στην επιφάνεια της Γης: καθώς αυτό δέχεται την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, απομακρύνεται από την ισορροπία και οδηγείται στην δημιουργία πολύπλοκων δομών. Το σημαντικό έγκειται στο ότι, μακρινά από την ισορροπία, όταν το σύστημα διαταραχθεί, δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι θα επιστρέψει και πάλι στην αρχική του κατάσταση. Αντιθέτως, το σύστημα αρχίζει να διερευνά νέες δομές και νέα είδη οργάνωσης στον χωρόχρονο. Τα παραδείγματα δομών που προκύπτουν από τυχαίες διακυμάνσεις είναι πολυάριθμα: η αστάθεια του Benard στην υδροδυναμική (βλ. παραπάνω), οι ταλαντούμενες χημικές αντιδράσεις και τα χημικά ρολόγια, η διάσημη *αντίδραση Belousov-Zhabotinsky*⁴⁰ στη χημεία, οι περισσότερες βιοχημικές αντιδράσεις στη βιολογία, κ.ά.

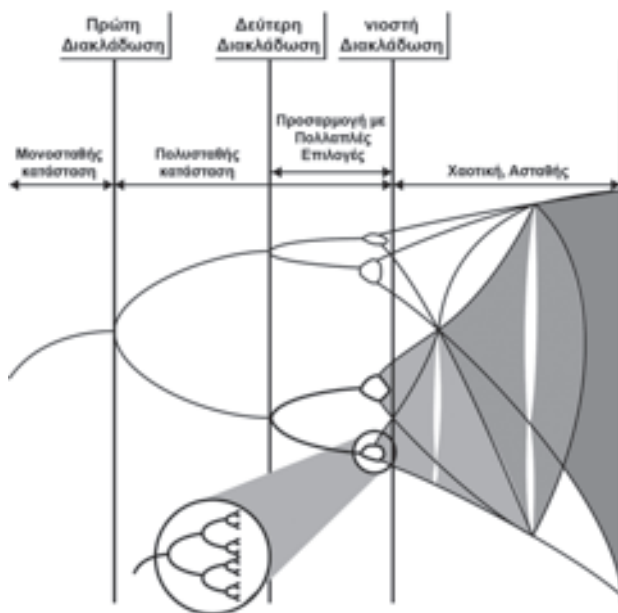
Το παράθυρο των διχαζομένων διαδρομών

Ενας σπουδαίος παράγοντας στην εμφάνιση νέων δομών είναι η συνεισφορά των διακυμάνσεων ή διαταράξεων, δηλαδή των ξαφνικών αλλαγών που επιτρέπουν κάτι καινούργιο να εμφανιστεί, ακόμη και εκεί που η ύπαρξη της εντροπίας θα το απέκλειε. Αυτό συμβαίνει επειδή οι δομές διασποράς είναι μη γραμμικά συστήματα, η τάξη των οποίων αναδύεται από το χάος. Μια και μόνο διακύμανση προστιθέμενη σε άλλες θα μπορούσε να γίνει αρκετά ισχυρή ώστε να επαναοργανώσει το όλο σύστημα σε ένα νέο πρότυπο. Τα σημεία αυτά, τα ονομάζουμε *σημεία διακλάδωσης* και είναι σημεία στα οποία καταρρέει η ντετερμινιστική περιγραφή και το σύστημα τότε ακολουθεί μία από τις πολλές πιθανές διαδρομές κατά την εξέλιξή του.

Σαν στιγμιαίο παράθυρο στο όλον, η ενίσχυση των διακλαδώσεων οδηγεί σε τάξη ή σε χάος. Στην αντίληψη του Prigogine για τα πράγματα, η διακλάδωση –λέξη που σημαίνει το σημείο διχασμού ή διαίρεσης– αποτελεί βασική έννοια. Η διακλάδωση σε ένα σύστημα είναι μια στιγμή ζωτικής σημασίας όταν κάτι τόσο μικρό όσο ένα μεμονωμένο φωτόνιο, μια ελαφρά διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας, μια αλλαγή της πυκνότητας, ή το φτερούγισμα μιας πεταλούδας, διογκώνεται τόσο πολύ με την επανάληψη ώστε δημιουργείται μια διχάλα, και το σύστημα παίρνει νέα κατεύθυνση. Με το πέρασμα του χρόνου, ο χείμαρρος των σημείων διακλάδωσης κάνει το σύστημα είτε να κατακερματιστεί καταλήγοντας στο χάος, είτε να σταθεροποιηθεί σε μια νέα συμπεριφορά μέσω σειράς βρόχων ανάδρασης (όπως η *αυτοκατάλυση*, η *σταυροειδής κατάλυση* και η *αυτοπαρεμπόδιση*).

Εφόσον σταθεροποιηθεί από την ανάδρασή του ένα σύστημα που έχει περάσει μέσα από μια διακλάδωση, μπορεί να αντισταθεί σε άλλες μεταβολές για εκατομμύρια χρόνια, ώσπου κάποια κρίσιμη νέα διαταραχή να ενισχύσει την ανάδραση και να δημιουργήσει ένα νέο σημείο διακλάδωσης. Στα σημεία διακλάδωσής του, προσφέρεται πραγματικά στο σύστημα μια άλλη πορεία, ή καλύτερα η δυνατότητα «επιλογής» ανάμεσα σε διάφορα είδη τάξης. Η εσωτερική ανάδραση μερικών επιλογών είναι τό-

40. Το 1950 ο Belousov διαπίστωσε ότι αναμιγνύοντας διάφορα αντιδραστήρια (ενώσεις του Βρωμίου, οξέα και ιόντα) δεν παρήχθη ένα ομοιογενές μίγμα αλλά αντίθετα μια πολυχρωμία που άλλαζε μορφή με το χρόνο (χημική ταλάντωση).



Ένα σύστημα μπορεί κατά τη διάρκεια της εξέλιξής του να βρεθεί μπροστά σε διλημματικές επιλογές (διακλαδώσεις). Ξεκινώντας από ένα περιορισμένο αρχικό αριθμό διακλαδώσεων με δυνατότητες προσαρμογής, μπορεί να περιέλθει σε μια ασταθή χαοτική κατάσταση.

Αυτήν ακριβώς την ύφανση βρόχων ανάδρασης εννοεί ο Prigogine με τον όρο «επικοινωνία». Μέσω τέτοιας επικοινωνίας το σύστημα διατηρείται άθικτο. Τα σημεία διακλάδωσης είναι ορόσημα στην εξέλιξη του συστήματος και αποκρυσταλλώνουν την ιστορία του. Η ιστορική καταγραφή των ανθρώπινων διακλαδώσεων βρίσκεται χαραγμένη στα ανθρώπινα έμβρυα. Αυτά περνούν μέσα από στάδια όπου μοιάζουν με ψάρια, έπειτα με αμφίβια και τέλος με ερπετά. Αποτυπωμένα σε όλες τις μορφές και τις διαδικασίες που μας κάνουν μοναδικούς -στις χημικές αντιδράσεις των κυττάρων μας και τη μορφή των νευρικών μας δικτύων- βρίσκονται χιλιάδες χιλιάδων σημεία διακλάδωσης που συνθέτουν μια ζωντανή εξιστόρηση των επιλογών μέσω των οποίων εξελιχθήκαμε ως σύστημα από το αρχικό απλό κύτταρο στη σημερινή μας μορφή. Σε κάθε σημείο διακλάδωσης κατά το παρελθόν, είχαμε μια πορεία στην οποία συνυπήρχαν πολλά μέλλοντα. Με την επανάληψη και την ενίσχυση του συστήματος, επιλεγόταν το ένα μέλλον και οι άλλες δυνατότητες εξαφανίζονταν για πάντα. Έτσι τα σημεία διακλάδωσης συνθέτουν έναν χάρτη της μη αντιστρεπτότητας του χρόνου. Έπιπλέον, η δυναμική των διακλαδώσεων αποκαλύπτει ότι ο χρόνος είναι μεν μη αντιστρεπτός αλλά μπορεί να πραγματοποιεί ανακεφαλαιώσεις. Επίσης αποκαλύπτει ότι η κίνηση του χρόνου δεν είναι μετρήσιμη. Κάθε απόφαση που λαμβάνεται σε ένα σημείο διακλάδωσης περιλαμβάνει μια ενίσχυση σε κάτι μικρό το οποίο όμως προϋπήρχε. Αν και η αιτιότητα λειτουργεί κάθε στιγμή, η διακλάδωση συμβαίνει απόβλεπτα.

σο σύνθετη ώστε υπάρχει ουσιαστικά άπειρο πλήθος βαθμών ελευθερίας. Με άλλα λόγια, η τάξη της επιλογής είναι τόσο υψηλή ώστε προκύπτει για χάος. Μερικά όμως σημεία διακλάδωσης προσφέρουν επιλογές όπου η ανάδραση σύζευξης παράγει λιγότερους βαθμούς ελευθερίας. Αυτές οι επιλογές μπορεί να κάνουν το σύστημα να φαίνεται απλό και κανονικό.

Το καθαρό αποτέλεσμα των διακλαδώσεων στην εξέλιξη των ζωντανών οργανισμών ήταν να δημιουργηθούν οργανικές χημικές αντιδράσεις που έχουν υφασθεί με πολύπλοκο και σταθερό τρόπο στο περιβάλλον του κυττάρου.

Ο Prigogine επισημαίνει: «Αυτό το μείγμα αναγκαιότητας και τύχης συνθέτει την ιστορία του συστήματος». Συνθέτει επίσης τη δημιουργικότητα του συστήματος: Η ικανότητά του να ενισχύει μια μικρή μεταβολή αποτελεί τον δημιουργικό μοχλό. Μία μόνη μέλισσα εισερχόμενη σε μια κυψέλη με χιλιάδες αλληλεπιδρώσες μέλισσες μπορεί να σύρει όλη την κυψέλη στον αέρα κάνοντας μικρές κινήσεις που δείχνουν την τοποθεσία πλούσιων σε γύρη λουλουδιών. Τα συστήματα είναι επίσης πολύ ευαίσθητα κοντά σε εκείνα τα μέρη που αποτελούν την αποκρυσταλλωμένη «μνήμη» διακλαδώσεων του παρελθόντος. Τα έθνη εξελίχθηκαν κυρίως μέσω διακλαδώσεων που περιλάμβαναν έντονες συγκρούσεις. Επομένως, είναι πολύ ευαίσθητα σε ορισμένα είδη πληροφοριών που αναπαράγουν εκείνες τις διακλαδώσεις. Ένας μόνο τίτλος εφημερίδας μπορεί να κινητοποιήσει για πόλεμο ολόκληρο το έθνος.

Διακλαδώσεις και εξέλιξη

Οι δομές διασκορπισμού προκύπτουν ως αποτέλεσμα διεργασιών σε συστήματα τα οποία χαρακτηρίζονται ως εκλυτικά συστήματα, επειδή εμφανίζουν απώλειες ενέργειας. Σε τέτοια συστήματα, όταν βρίσκονται μακρινά από την ισορροπία, λαμβάνουν χώραν αλληλεπιδράσεις (συσχετισμοί, long-range correlations), που έχουν μεγάλη εμβέλεια και οι οποίοι παίζουν κρίσιμο ρόλο στην δημιουργία νέων δομών. Μέσα από τέτοιες φυσικές διαδικασίες έγινε δυνατή η εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη μας. Επισημονες της ερευνητικής ομάδας του Prigogine εργάστηκαν σε πειράματα για την εξέλιξη του πολύπλοκου κώδικα στα νουκλεοτίδια του DNA. Το DNA είναι ένα πολυμερές, μία αλυσίδα μορίων με επαναλαμβανόμενους συνδετικούς κρίκους. Το πρόβλημα όπως το θέτει ο Prigogine, είναι: «Πώς μπορείτε να βάλετε ένα κείμενο πάνω σ' ένα πολυμερές;» Ή, πιο σωστά, πώς μπορείτε να μετατρέψετε ένα πολυμερές σε κείμενο; «Αν συζεύξετε ένα πολυμερές με μία αντίδραση οριακού κύκλου δεν θα πετύχετε πάρα πολλά. Αν όμως το συζεύξετε με μια χαοτική αντίδραση, παίρνετε πολύπλοκες αλληλουχίες. Παίρνετε μια συμβολική δυναμική -με άλλα λόγια, μια καταγραφή της γέννησης διαφορετικών διακλαδώσεων των δομών διασποράς, την τάξη μέσα από το χάος».

Είδαμε προηγουμένως (Belousov-Zhabotinsky) ότι υπάρχουν οι ταλαντούμενες χημικές αντιδράσεις, στις οποίες όλα τα μόρια μαζί γίνονται μπλε, μετά όλα μαζί γίνονται κόκκινα, και ούτω καθεξής. Αυτό είναι πράγματι εκπληκτικό γιατί η αλλαγή χρώματος απαιτεί σύμφωνα φαινόμενα⁴¹ (coherent), στα οποία εμπλέκονται δισεκατομμύρια μόρια. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η εμφάνιση ρευμάτων και δινών σε ρευστά, επίσης μακρινά από την ισορροπία, όπου βλέπουμε δισεκατομμύρια σωματίδια να συνεργάζονται, εάν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτήν την έκφραση. Αυτήν την συμπεριφορά την περιγράφουμε λέγοντας ότι η ύλη κοντά στην κατάσταση ισορροπίας είναι τυφλή. Κάθε μόριο μπορεί να δει μόνον τα γειτονικά του. Όμως, μακριά από την ισορροπία έχουμε συσχετίσεις μεγάλης εμβέλειας, που είναι ουσιώδεις για την δημιουργία νέων δομών. Η έρευνα στις δομές διασκορπισμού είναι σήμερα

41. Παράδειγμα σύμφωνων φαινομένων στην οπτική είναι μια φωτεινή πηγή που εκπέμπει μια δέσμη φωτός της οποίας τα φωτόνια έχουν την ίδια φάση και συχνότητα και την ίδια κατεύθυνση. Τότε η ακτινοβολία ενισχύεται (laser).

πολύ δημοφιλής και με αυτήν ασχολούνται πολλά εργαστήρια σε όλο τον κόσμο. Νέες δομές, δομές χώρου (spatial structures), ακόμη και αυτοπαραγόμενες δομές ανακαλύπτονται συνέχεια. Η ιδέα της αυτοοργάνωσης έχει γίνει επίσης πολύ δημοφιλής. Η αυτοοργάνωση συμβαίνει, επειδή, όταν είμαστε μακριά από την ισορροπία, το σύστημα έχει πολλές επιλογές, από τις οποίες, ανθρωπικά μιλώντας, επιλέγει μόνο μία.

Ένα σύστημα που διαθέτει αυτές τις ιδιότητες έχει αυτομάτως την ικανότητα συμμετοχής στο «παιχνίδι» της φυσικής επιλογής και της εξέλιξης. Η φυσική επιλογή οδηγεί σε μορφές οργάνωσης που είναι πιο αποτελεσματικές, αφήνοντας τις λιγότερο αποτελεσματικές στο έλεος της εξαφάνισης. Έτσι, μια μορφή οργάνωσης, που σταθεροποιείται δυναμικά σε ένα σύστημα εκτός ισορροπίας, θα εξαφανισθεί, εφόσον εμφανισθεί μία βελτιωμένη εκδοχή της. Με την έννοια αυτή εξέλιξη είναι συνώνυμη με τη διαρκή βελτιστοποίηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας των βιολογικών συστημάτων.

Ένα άλλο ακόμη πρόβλημα, το οποίο συνδέεται με την βιολογική τάξη, είναι το πώς γίνεται η μετάβαση από την μοριακή δραστηριότητα στην υπερμοριακή τάξη του κυττάρου. Η βιολογική τάξη θεωρήθηκε συχνά ως μία φυσική κατάσταση, που δημιουργήθηκε από ένζυμα τα οποία παίζουν ρόλο παρόμοιο με του δαίμονα του Maxwell, διατηρώντας χημικές διαφορές στο σύστημα. Όμως σήμερα γίνεται κατανοητό ότι τον ρόλο αυτόν τον εξασφαλίζουν οι γενετικές πληροφορίες που περιέχονται στα νουκλεϊνικά οξέα και δια του σχηματισμό ενζύμων, επιτυγχάνεται η διαιώνιση της ζωής. Τα ένζυμα συμβάλλουν στην παράταση της ζωής και την αναβολή του θανάτου. Η ζωή λοιπόν δεν βρίσκεται έξω από την φυσική τάξη, αλλά εμφανίζεται ως η ανώτερη μορφή και έκφραση των διαδικασιών αυτοοργάνωσης. Με άλλα λόγια, η ζωή είναι εκδήλωση των αυτοοργανούμενων συστημάτων σε κάποιο ιεραρχικό επίπεδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η ΖΩΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

Στις 13 Απριλίου του 2001, ο Δρ. Cindy Van Dover, κάνοντας ελιγμούς με το ρομποτικό του σκάφος σε βάθος 2000 μέτρων υπό την επιφάνεια της θάλασσας, ανακάλυψε κάποιους παράξενους οργανισμούς μήκους ενός περίπου μέτρου, χωρίς στόμα, μάτια και έντερα. Ήταν προφανές, ότι αντίθετα με τα μέχρι σήμερα παραδεδομένα για τη ζωή στη θάλασσα, τα παράξενα αυτά όντα δεν ζούσαν από την ηλιακή ενέργεια όπως όλα τα άλλα ζώα στο ηλιακό μας σύστημα. Δεν θα ήταν άλλωστε δυνατόν αφού σε τέτοιο βάθος, το μόνο φως που έφτανε για πρώτη φορά στο βραχώδες αυτό τοπίο, ήταν το φως του βαθυσκάφους των ερευνητών.

Μήπως η ανακάλυψη του Van Dover ήταν προϊόν επιστημονικής φαντασίας; Σίγουρα όχι, αφού τα σωληνωτά αυτά πλάσματα μεταφέρθηκαν αμέσως στο εργαστήριο κι από κει στο μουσείο του Williamsburg της Βιρτζίνια όπου και εκτέθηκαν στα έκπληκτα μάτια των ανθρώπων της θαλάσσιας βιολογίας. Ένα μήνα αργότερα, το ερευνητικό σκάφος Knorr με 60 επιστήμονες στο πλήρωμά του, πραγματοποιούσε την επόμενη αποστολή με σκοπό να εξερευνήσει τον παράξενο κόσμο ενός άφωτου βυθού και τις υδροθερμικές πηγές απ' όπου εικαζόταν ότι προέρχεται η ενέργεια του μοναδικού αυτού περιβάλλοντος.

Οι υδροθερμικοί πίδακες στον πυθμένα της θάλασσας, είναι πράγματι η πηγή της ζωής για τα εξωτικά αυτά οικοσυστήματα. Μερικοί μάλιστα επιστήμονες πιστεύουν ότι είναι οι σύγχρονοι μάρτυρες της ζωής όπως αυτή εκδηλώθηκε στον πλανήτη Γη πριν εκατομμύρια χρόνια. Και ίσως παρόμοιοι πίδακες σε άλλους πλανήτες να συντηρούν παρόμοιες πρωτόγονες μορφές ζωής, αφού υποθέτουμε ότι σε κάποιους από αυτούς, όπως για παράδειγμα στον δορυφόρο *Ευρώπη* του πλανήτη Δία, επικρατούν ανάλογες συνθήκες. Αυτές οι υποθέσεις οδήγησαν και στην ενηλικίωση μιας καινούργιας επιστήμης, της *αστροβιολογίας*. Ένα μάλιστα από τα βασικά ζητήματα που απασχολούσε τους αστροβιολόγους ήταν να προσδιορίσουν το εύρος των συνθηκών (πίεση, θερμοκρασία, ραδιενέργεια, χημική σύνθεση κτλ.) υπό τις οποίες είναι δυνατόν να υπάρξει ζωή. Με τις αποστολές του είδους, τα περισσότερα από αυτά τα ερωτήματα απαντήθηκαν.

Η ύπαρξη των υδροθερμικών πηγών στα αβυσσαλέα βάθη των ωκεανών ήταν γνωστή ήδη από το 1977. Πριν απ' την ημερομηνία αυτή, οι επιστήμονες πίστευαν ότι όλες οι μορφές ζωής εξαρτώνται από τον ήλιο. Στα μέχρι τότε γνωστά οικοσυστήματα, τα φυτά και οι φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί ήταν η βάση της διατροφικής αλυσίδας. Σε αντίθεση μ' αυτό, τα υδροθερμικά οικοσυστήματα αντλούν την ενέργειά τους από το εσωτερικό της Γης.

Οι υδροθερμικές ρογμές των ωκεανών δημιουργούνται από τη μετατόπιση των λιθοσφαιρικών πλακών (6 έως 8 εκατοστά το χρόνο) και την ανύψωση του μάγματος που προκαλεί η διάρρηξη της συνέχειας του φλοιού της Γης. Όταν το ψυχρό θαλάσσιο νερό φτάσει στον πυθμένα και έρθει σε επαφή με τις θερμές αυτές οπές, τότε ξεπετάγεται ένα ζεματιστό ζουμί, πλούσιο σε θειούχα μέταλλα (σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό κ.α.) και στη συνέχεια καθιζάνει αφήνοντας πίσω του ένα μαύρο σύννεφο, χαρκτηριστικό στις φωτογραφίες που φέρνουν έκτοτε μαζί τους τα βαθυσκάφη.

Η ζωή χωρίς το φως

Όλες οι μορφές της ζωής απαιτούν ενέργεια. Ο άνθρωπος και τα άλλα ζώα αντλούν την ενέργεια από την τροφή. Είναι ετερότροφοι οργανισμοί. Για τα φυτά τα πράγματα είναι κάπως διαφορετικά. Με μια έννοια παράγουν μόνα τους την τροφή τους. Χρησιμοποιούν την ενέργεια από τον ήλιο για να σχηματίσουν σάκχαρα μέσα από τη φωτοσύνθεση. Αυτή η επιλογή δεν είναι διαθέσιμη στα μικρόβια που ζουν γύρω από υδροθερμικές πηγές. Στα σκοτεινά βάθη των ωκεανών δεν υπάρχει φως. Έτσι, έχουν ειδικευθεί να παράγουν την ενέργεια που απαιτείται για την διατήρησή τους από τις χημικές ουσίες των υδροθερμικών ρευστών. Η διαδικασία καλείται χημιοσύνθεση. Το υδροθερμικό υγρό που βγαίνει από τον βενθικό πυθμένα περιέχει υδρόθειο. Τα μικρόβια που ζουν σ' αυτό το περιβάλλον απορροφούν το υδρόθειο όπως και οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα από το νερό. Στο εσωτερικό του οργανισμού τους, το υδρόθειο διασπάται με εξώθερμη αντίδραση απελευθερώνοντας ενέργεια. Με τη βοήθεια της ενέργειας αυτής, το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα συνθέτουν τα σάκχαρα. Στο τέλος της διαδικασίας τα μικρόβια απελευθερώνουν θετικά ιόντα στο νερό.

Μια σημαντική συνεπώς διάκριση για το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ανάμεσα στην ζώνη που φωτίζεται από το φως του ήλιου και την ζώνη που παραμένει στο παντοτινό σκοτάδι. Η *εύφωτη ζώνη*⁴² είναι εκεί που αναπαράγεται η κύρια μορφή της ζωής στην θάλασσα μέσω της φωτοσύνθεσης. Η φωτοσύνθεση, όπως την γνωρίζουμε στην ξηρά, είναι η δουλειά των φυτών με πράσινα φύλλα. Αντίθετα, στην θάλασσα το μεγαλύτερο μέρος της πρωτογενούς βιομάζας παράγεται από το *φυτοπλαγκτόν*⁴³, τα μικροσκοπικά φύκη και τους άλλους *αυτότροφους*⁴⁴ φυτικούς μικρο-οργανισμούς που ζουν στην εύφωτη ζώνη και είναι ικανοί να φωτοσυνθέτουν. Το φυτοπλαγκτόν αποτελεί τροφή για τους *ετερότροφους* μικροοργανισμούς, το φυτοφάγο *ζωοπλαγκτόν*, που αποτελείται από μικροσκοπικά οστρακόδερμα και μικροσκοπικές γαρίδες, όπως το krill των ψυχρών θαλασσών, από το οποίο τρέφονται μεγάλα κοπάδια ψαριών και οι φάλαινες. Η δευτερογενής παραγωγή βιομάζας βασίζεται συνεπώς στην κατανάλωση φυτοπλαγκτού.

42. Το ανώτερο στρώμα του νερού ως το βάθος που φθάνει το φως ονομάζεται *εύφωτη ζώνη*. Η τεράστια σκοτεινή μάζα του νερού ανήκει στην *δύσφωτη ζώνη* που εκτείνεται από τα κατώτερα επιφανειακά στρώματα ως τα αβυσσαλέα βάθη των ωκεανών.

43. Ο όρος *φυτοπλαγκτόν* προέρχεται από τις λέξεις «φυτό» και «πλαγκτός» που σημαίνει ταξιδευτής-περιπλανώμενος. Περιλαμβάνει όλους τους φωτοσυνθετικούς μικροοργανισμούς (τόσο προκαρυωτικούς – κυανοβακτήρια- όσο και ευκαρυωτικούς) που είναι προσαρμοσμένοι να ζουν αιωρούμενοι σε επιφανειακά ύδατα λιμνών, ποταμών και ωκεανών. Δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός ανάμεσα σε φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν καθώς υπάρχουν οργανισμοί που άλλοτε τρέφονται ως φυτά και άλλοτε ως ζώα.

44. Στην Βιολογία, αυτότροφος οργανισμός χαρακτηρίζεται εκείνος που μπορεί ο ίδιος να κατασκεύασει τις οργανικές ουσίες τις οποίες χρειάζεται για να τραφεί, χρησιμοποιώντας ανόργανα υλικά και ανεξάρτητα από τυχόν άλλες πηγές οργανικών υποστρωμάτων. Από την διάσπαση των οργανικών ενώσεων εξασφαλίζεται η απαραίτητη ενέργεια. Όταν παράγει (δίνει) τροφή σε ένα ετερότροφο οργανισμό, αποκαλείται παραγωγός.

Η νηρητική και η ωκεάνια περιοχή

Γύρω στα τρία τέταρτα της γήινης επιφάνειας καλύπτονται από τον παγκόσμιο ωκεανό με μέσο βάθος 3.800 μέτρων και όγκο 1 εκατομμύριο κυβικά χιλιόμετρα. Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι το πιο εκτεταμένο τμήμα της βιόσφαιρας, αλλά και το πιο άγνωστο και δυσπρόσιτο: ο άνθρωπος δεν ζει στο νερό και ως τα μέσα του δεκάτου ενάτου αιώνα, τα υποβρύχια υπήρχαν μόνο στην επιστημονική φαντασία προικισμένων συγγραφέων, όπως ο Ιούλιος Βερν.

Οι ωκεανοί και οι θάλασσες συνιστούν ένα ιδιαίτερο περιβάλλον που διαφέρει ουσιαστικά από το χερσαίο. Το υγρό περιβάλλον παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιογένεια απ' ό τι το περιβάλλον της ξηράς. Στην θάλασσα δεν υπάρχουν ανυπέρβλητα εμπόδια, όπως βουνά, φαράγγια, ποταμοί, νησιά που να χωρίζουν και να απομονώνουν τους πληθυσμούς. Οι διαφορές θερμοκρασίας από περιοχή σε περιοχή και από εποχή σε εποχή είναι πολύ πιο ήπιες απ' ό τι στην στεριά. Εξίσου μικρές είναι οι διακυμάνσεις της αλατότητας και των άλλων φυσικο-χημικών παραμέτρων. Τα θαλάσσια ρεύματα, η οριζόντια διάχυση των διαλυτών ουσιών και η κατακόρυφη ανάμιξη των νερών, συντελούν στην ομοιογένεια του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι το θαλάσσιο σύστημα είναι λίγο ως πολύ ενιαίο και οι συνθήκες διαφέρουν περισσότερο ανάλογα με το βάθος και την απόσταση από την ξηρά, παρά ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος.

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ψαριών παρατηρούνται στα αβαθή νερά της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας⁴⁵, στην λεγόμενη νηρητική ζώνη (από τον Νηρέα, τον θεό της θάλασσας), που αλληλεπιδρά έντονα τόσο με τη ξηρά, όσο και με την ανοικτή θάλασσα. Οι εκβολές μάλιστα των ποταμών ανήκουν στα παραγωγικότερα οικοσυστήματα της Γης. Αντίθετα η ωκεάνια περιοχή, που εκτείνεται στα βαθιά νερά, πέρα από τα όρια της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας, είναι σχεδόν μια ημιέρημος, φτωχή σε θαλάσσια ζωή.

Γιατί συμβαίνει αυτό; Η απάντηση είναι ότι στο υδάτινο περιβάλλον, η πρωτογενής παραγωγή βιομάζας εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από την διαθεσιμότητα διαλυμένων θρεπτικών ουσιών και κυρίως αζώτου και φωσφόρου. Όσο τα συστατικά αυτά υπάρχουν σε αφθονία το φυτοπλαγκτόν και κατά δεύτερο λόγο το ζωοπλαγκτόν αυξάνονται εκθετικά. Η διαδικασία αυτή ανακόπτεται μόλις ένα από τα απαραίτητα συστατικά εξαντληθεί. Το συστατικό αυτό όπως είδαμε αποτελεί περιοριστικό παράγοντα που καθορίζει τον ρυθμό αναπαραγωγής του φυτοπλαγκτού, όπως τον ρυθμό μιας ομάδας πεζοπόρων καθορίζει αυτός που βαδίζει με πιο αργό βήμα. Στην νηρητική ζώνη, οι θρεπτικές ουσίες είναι άφθονες καθώς παρασύρονται εκεί από τα ποτάμια, την επιφανειακή απορροή, τους ανέμους και τα ωκεάνια ρεύματα που σαρώνουν τις ακτές.

45. Η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα ή απλώς κρηπίδα (continental shelf), αποτελεί το τμήμα εκείνο του ηπειρωτικού περιθωρίου που καλύπτεται από ρηχή θάλασσα, όπου αποτίθεντα ιζήματα νηρητικής φύσης, συνήθως ανθρακικά.

Η θάλασσα λιπαίνει την ξηρά

Είδαμε ότι οι θρεπτικές ουσίες μεταφέρονται από την ξηρά στην θάλασσα. Συμβαίνει όμως και το αντίθετο. Η θάλασσα εμπλουτίζει την ξηρά. Να πώς γίνεται αυτό: η κίνηση που προκαλείται στο νερό της θάλασσας από τα κύματα, εγκλωβίζει σε αυτό σημαντικές ποσότητες αέρα, που σιγά-σιγά, λόγω του ότι είναι ελαφρύτερος, ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Αυτό γίνεται κυρίως με τις φυσαλίδες που όταν φτάσουν στο ανώτατο σημείο της διαδρομής τους σπάνε εκτοξεύοντας στην ατμόσφαιρα μικροσκοπικά σταγονίδια νερού. Τα σταγονίδια εξατμίζονται ακαριαία, αφήνοντας στη θέση τους μικροσκοπικούς κρυστάλλους αλάτων που ήταν διαλυμένοι στο θαλασσινό νερό. Τα σωματίδια των μικροσκοπικών κρυστάλλων μεταφέρονται από τον άνεμο και παρασύρονται από το νερό της βροχής στο έδαφος των ηπείρων. Το μέγεθος των κρυστάλλων είναι τόσο μικρό που χρειάζεται ηλεκτρονικό μικροσκόπιο για να τους δούμε. Όμως οι ποσότητες θρεπτικών αλάτων που μεταφέρονται από την θάλασσα στο έδαφος των ηπείρων είναι τεράστιο: ένα τρισεκατομμύριο τόνοι κάθε χρόνο. Μια απλή χημική ανάλυση αρκεί αποκαλύπτει τον πλούτο των θρεπτικών ουσιών που περιέχονται σ' αυτά: ενώσεις του χλωρίου και του αζώτου, φωσφορικά και θειούχα άλατα, αλλά και μέταλλα όπως ασβέστιο, νάτριο, μαγνήσιο, χαλκός, βόριο, σίδηρος, κοβάλτιο. Η θάλασσα συνεπώς λιπαίνει το έδαφος της ξηράς με τα συστατικά αυτά και αυξάνει την παραγωγικότητά του.

Πλαγκτόν, νηκτόν και βένθος

Σε όλες τις θάλασσες διακρίνουμε τους πελαγικούς οργανισμούς και τους οργανισμούς του βένθους. Οι πρώτοι ζουν στην κυρίως μάζα του νερού, ενώ οι δεύτεροι στο στρώμα του βυθού, στο θαλάσσιο έδαφος. Στη νηριτική ζώνη, η πρωτογενής παραγωγή στο βένθος εξαρτάται από τα μακροφύκη – κυριότερο από τα οποία είναι η ποσειδωνία⁴⁶ – που σχηματίζουν μεγάλα υποβρύχια λιβάδια. Στην Μεσόγειο, τα λιβάδια ποσειδωνίας είναι ένας σημαντικός βιότοπος όπου ζουν, βρίσκουν καταφύγιο, διατρέφονται και αναπαράγονται πολλά είδη ψαριών.

Οι πελαγικοί οργανισμοί, ανάλογα με το βαθμό ελευθερίας που χαρακτηρίζει την κίνησή τους στο νερό, χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: το πλαγκτόν και το νηκτόν. Το πλαγκτόν αποτελείται από μικροοργανισμούς διαστάσεων κάτω του 1 mm που δεν διαθέτουν κινητικούς μηχανισμούς ή οι μηχανισμοί αυτοί δεν είναι επαρκείς ώστε να υπερνικήσουν τη δύναμη των θαλάσσιων ρευμάτων. Αν εξαίρουμε κανείς ορισμένες κάθετες μετατοπίσεις, που ακολουθούν τον ρυθμό της εναλλαγής νύχτας και μέρας, οι πλαγκτονικοί οργανισμοί μεταφέρονται παθητικά. Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζει κάθε πλαγκτονικός οργανισμός είναι να μείνει στο στρώμα εκείνο της θάλασσας που του προσφέρει τις ευνοϊκότερες συνθήκες για την επι-

46. Το είδος *Posidonia oceanica* δεν ανήκει στα φύκια αλλά στα αγγειόσπερμα που όπως τα φυτά της ξηράς έχουν φύλλα, βλαστούς, ρίζες, σπερματά και άνθη. Είναι ενδημικό είδος της Μεσογείου.

βίωση. Οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί είναι αναγκαίο να παραμένουν στην εύρωτη ζώνη, ώστε να δέχονται ηλιακό φως που απαιτείται για την φωτοσύνθεση. Οι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί πρέπει να αιωρούνται σε βάθη όπου έχουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες να βρίσκουν άφθονη τροφή και να αποφεύγουν τους θηρευτές τους.

Το νηκτόν, αντίθετα, περιλαμβάνει όλους τους θαλάσσιους οργανισμούς που έχουν την ικανότητα να κινούνται με την βούλησή τους και ανεξάρτητα από τα θαλάσσια ρεύματα (από το νήχομαι που σημαίνει κολυμπώ). Οι νηκτικοί οργανισμοί κινούνται για την αναζήτηση της τροφής τους, την επιλογή τόπου αναπαραγωγής ή την αποφυγή των θηρευτών τους. Το νηκτόν περιλαμβάνει ζωικούς μακρο-οργανισμούς κάθε μεγέθους: *οστρακόδερμα*, *κεφαλόποδα*, ψάρια, έως και κητώδη. Παρά τις σχετικά μεγάλες διαστάσεις των οργανισμών που το αποτελούν, το νηκτόν δεν αντιπροσωπεύει παρά περίπου 10% της θαλάσσιας βιομάζας. Το υπόλοιπο 90% ανήκει στο πλαγκτόν.

Στη θάλασσα, όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, από το πλαγκτόν έως τα ψάρια και τα κήτη, συνδέονται μεταξύ τους με μία περίπλοκη ιεραρχική τροφική σχέση που μοιάζει περισσότερο με ένα τεράστιο δίκτυο με πολλά τροφικά επίπεδα, παρά με μια αλυσίδα, όπως στα απλούστερα χερσαία οικοσυστήματα. Χονδρικά, ωστόσο, διακρίνουμε τρία ιεραρχημένα τροφικά επίπεδα καθ' ένα από τα οποία χρησιμεύει ως τροφή για το επόμενο. Στο κατώτερο βρίσκονται, όπως είδαμε, οι παραγωγοί που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να συνθέσουν οργανική ύλη από την ανόργανα συστατικά. Το φυτοπλαγκτόν, καταναλώνεται από μικροσκοπικά ζώα, το φυτοφάγο ζωοπλαγκτόν. Αυτό είναι το δεύτερο επίπεδο. Στο τρίτο ανήκουν τα ψάρια που τρέφονται από πλαγκτονικούς οργανισμούς ή άλλα μικρότερα ψάρια.

Μετά το θάνατό τους, όλοι οι οργανισμοί αποσυντίθενται με την βοήθεια σαπροφάγων οργανισμών και τα οργανικά συστατικά τους διασπώνται σε πιο απλά μόρια, οργανικά ή ανόργανα, που με τη σειρά τους θα γίνουν τροφή νέων οργανισμών. Πολλά από τα συστατικά αυτά, είτε γιατί έχουν μικρότερη πυκνότητα από το νερό, είτε γιατί μεταφέρονται προς τα πάνω από τις φυσαλίδες του αέρα, έχουν την τάση να συσσωρεύονται στην επιφάνεια της θάλασσας. Εκεί σχηματίζουν ένα λεπτότατο στρώμα, αθέατο με το μάτι, πλουσιότατο όμως σε συστατικά χρήσιμα για την ζωή στην θάλασσα. Μεταξύ των πολύτιμων αυτών ουσιών αναφέρονται το μαγνήσιο, ο φώσφορος και τα νιτρικά άλατα, αλλά και βαριά μέταλλα όπως χαλκός, κοβάλτιο, ψευδάργυρος, μόλυβδος κτλ.

Στο θαλάσσιο περιβάλλον διακρίνουμε τρεις ζώνες στις οποίες ο αριθμός των τροφικών επιπέδων ποικίλει ανάλογα τη διαθεσιμότητα του φυτοπλαγκτόν. Στην ωκεάνια περιοχή, το φυτοπλαγκτόν χρησιμεύει ως τροφή για το φυτοφάγο ζωοπλαγκτόν που με τη σειρά του τρέφει το σαρκοφάγο ζωοπλαγκτόν, το οποίο περνάει στη συνέχεια σε ένα ή δύο επίπεδα ασπόνδυλων και ψαριών για να καταλήξει τέλος στην κορυφή όπου οι βασικοί θηρευτές είναι ο τόνος και η σουπιά. Έχουμε επομένως σχεδόν 5 επίπεδα στην τροφική πυραμίδα σε ένα περιβάλλον όμως πολύ πτωχό σε θρεπτικά συστατικά.

Στην νηριτική ζώνη, το φυτοπλαγκτόν που αποτελείται από οργανισμούς μεγαλύτερων διαστάσεων, απ' ότι στην ωκεάνια περιοχή, αποτελεί τροφή για το ζωοπλαγκτόν – με επίσης πιο μεγάλους οργανισμούς – που με τη σειρά του καταναλώνεται από ορισμένα είδη ψαριών, όπως η ρέγγα και η σαρδέλλα. Στην περίπτωση αυτή έχουμε 3 κύρια τροφικά επίπεδα και ως βασική πηγή θρεπτικών συστατικών τα νερά των ποταμών και των χειμάρρων.

Τα ανοδικά ρεύματα

Στους τόπους ισχυρών ανοδικών ρευμάτων «upwelling», που συχνά βρίσκονται στην ζώνη της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας, οι μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών ανέρχονται στην επιφάνεια από μεγάλα βάθη και προκαλούν έξαρση του πλαγκτόν το οποίο, με την σειρά του, καταναλώνεται από μεγάλους πληθυσμούς ψαριών (κυρίως σαρδέλας). Εδώ έχουμε 2 μόνο τροφικά επίπεδα και ένα περιβάλλον πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά. Τα ανοδικά ρεύματα οφείλονται στη δράση του ανέμου, ο οποίος μεταφέρει με βίαιο τρόπο τα νερά της παράκτιας κυρίως ζώνης στα ανοιχτά. Ως συνέπεια και για την αναπλήρωση του υδατικού αυτού ελλείμματος, νερά από μεγαλύτερα βάθη έρχονται στην επιφάνεια.

Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο στις δυτικές ακτές της Αμερικής, όπου η υφαλοκρηπίδα είναι στενή και η ακτή κατηφορίζει απότομα προς τον ωκεάνιο βυθό. Τα ρεύματα και οι άνεμοι του Ειρηνικού που σαρώνουν τις ακτές της Χιλής και του Περού απωθούν το επιφανειακό νερό προς την ανοικτή θάλασσα και προκαλούν την άνοδο νερού από μεγάλα βάθη για να το αναπληρώσει. Το ανερχόμενο νερό μεταφέρει στην επιφάνεια τεράστιες ποσότητες θρεπτικών ουσιών που προκαλούν έξαρση της παραγωγικότητας. Στην περιοχή των ανοδικών ρευμάτων ανοικτά από τις ακτές του Περού και της Χιλής βρίσκονται τα κατά πάσα πιθανότητα πλουσιότερα αλιευτικά πεδία στον κόσμο.

Γιατί η Μεσόγειος δεν κάνει για ψαράδες

Ο φώσφορος που είναι απαραίτητος για την αναπαραγωγή του φυτοπλαγκτού βρίσκεται στο θαλασσινό νερό υπό μορφή αλάτων που μεταφέρονται από την ξηρά. Σημαντικό όμως μέρος του φωσφόρου αυτού καθιζάνει στον βυθό πριν προλάβει να αφομοιωθεί από τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς στην εύφωτη ζώνη. Στον βυθό καταλήγει και η νεκρή οργανική ύλη. Εκεί αποσυντίθεται από τους σαπροφάγους οργανισμούς. Όμως ο φώσφορος που ελευθερώνεται δεσμεύεται στα ιζήματα και δύσκολα ανέρχεται ξανά στα επιφανειακά θαλάσσια στρώματα. Υπάρχει συνεπώς ένα μόνιμο έλλειμμα φωσφόρου στην εύφωτη ζώνη που δεν αναπληρώνεται. Το έλλειμμα αυτό θα ήταν μεγαλύτερο αν ο φώσφορος δεν ανακυκλωνόταν στην τροφική αλυσίδα, ούτως ώστε το ίδιο άτομο φωσφόρου να χρησιμοποιείται στον βιολογικό κύκλο πολλές φορές μέσα σε έναν χρόνο. Το ισοζύγιο του φωσφόρου στην Μεσόγειο είναι ιδιαίτερα ελλειμματικό. Ο φώσφορος που εισέρχεται από τον Ατλαντικό, τα ποτάμια, την επιφανειακή απορροή και τον άνεμο μόλις αναπληρώνει τις απώλειες από την δέσμευση φωσφόρου στα ιζήματα του βυθού και από την αφαίρεση φωσφόρου από την αλιεία. Ο φώσφορος αποτελεί, συνεπώς, περιοριστικό παράγοντα. Η Μεσόγειος είναι για τον λόγο αυτόν μια oligοτροφική θάλασσα, δηλ. μια θάλασσα με χαμηλή πρωτογενή παραγωγή. Τόσο μάλιστα χαμηλή που ορισμένοι την συγκρίνουν με την έρημο. Μειονέκτημα; Όχι απαραίτητως, αν λάβουμε υπόψη ότι η διαύγεια του νερού της κλειστής μας θάλασσας οφείλεται στην έλλειψη πλαγκτού. Αυτό κάνει ορισμένους να λένε ότι η Μεσόγειος είναι καλή για τουρίστες. Όχι για ψαράδες.

Η ζωή σε κοπάδια

Από όλα τα ζώα με αμιγώς θαλασσίνη προέλευση, τα ψάρια είναι οι πιο επιτυχημένες μορφές που εμφανίστηκαν ποτέ στη Γη. Η έξοδος τους στην ξηρά, πριν από 370 εκατομμύρια χρόνια, οδήγησε στην εμφάνιση των αμφιβίων, των ερπετών, των πουλιών και των θηλαστικών. Με εξαίρεση τα δελφίνια, τις φάλαινες, τις φώκιες και τα άλλα θαλάσσια θηλαστικά, που ύστερα από εκατομμύρια χρόνια ζωής στη στεριά επέστρεψαν στο υγρό στοιχείο, τα ψάρια είναι οι πιο εξελιγμένοι θαλάσσιοι οργανισμοί. Η ποικιλία των προσαρμογών τους είναι εκπληκτική, σε όλους τους τομείς. Η συνήθειά τους να συναθροίζονται σε μικρά ή μεγάλα πειθαρχημένα κοπάδια παρουσιάζει ξεχωριστό ενδιαφέρον. Ο απόλυτος συγχρονισμός τους και η κανονικότητα των μεταξύ τους αποστάσεων είχαν προκαλέσει τον θαυμασμό του Αριστοτέλη, ο οποίος έκανε τις πρώτες σχετικές επιστημονικές παρατηρήσεις, πριν από 2.350 χρόνια.

Ο όρος ιχθυοπανίδα περιλαμβάνει την κλάση των σπονδυλωτών που ταξινομούνται σε 4 τάξεις: στους *αγνάθους* (χωρίς μασητήρες, όπου ανήκουν τα χέλια), τους *πλακόδεσμους* (με ένα είδος προστατευτικής πανοπλίας – οι οποίοι έχουν όμως εξελιγμένη οστέινη δομή), τους *χονδριχθείς* (με σκελετό από χόνδρους, όπως οι καρχαρίες) και τους *οστεϊχθείς* (με σκελετό από οστά, όπου ανήκουν τα περισσότερα σημερινά ψάρια). Από οικολογική άποψη θα ήταν δυνατό να κατατάξει κανείς όλες τις παραπάνω κατηγορίες σε μια υπερ-τάξη, με βασικό χαρακτηριστικό τη διαρκή παραμονή τους στο νερό (σε αντιδιαστολή π.χ. με τα αμφίβια). Όμως η κατάταξη αυτή θα περιλάμβανε και τα δελφίνια και τις φάλαινες που, μολοντί είναι μορφολογικά προσαρμοσμένα για να ζουν στην θάλασσα, δεν είναι ψάρια αλλά θηλαστικά.

Τα ψάρια της θάλασσας κατανέμονται σε διάφορες ζώνες ανάλογα με τις διατροφικές τους συνήθειες ή τη συμπεριφορά τους. Τα *πελαγικά* ψάρια βρίσκονται διαρκώς μακριά από την ακτή όπου δεν πλησιάζουν παρά για να γεννήσουν. Τα *βενθικά* ψάρια είναι συνδεδεμένα με το περιβάλλον του βυθού, ενώ τα *παράκτια* βρίσκονται σε μικρά βάθη και τα ψάρια της *αβύσσου* στα μεγάλα βάθη των ωκεανών. Στις θερμές θάλασσες των τροπικών αφθονούν τα πελαγικά ψάρια στα οποία συγκαταλέγονται και τα μεγάλα σαρκοφάγα, όπως ο γαλάζιος καρχαρίας, με φοβερές ικανότητες στην κολύμβηση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και αρκετά είδη που τρέφονται – παρό το μέγεθός τους – μόνο με πλαγκτόν, όπως ο φαλαιοκαρχαρίας, το φεγγαρόψαρο και τα ιπτάμενα χελιδονόψαρα.

Μια ιδιαίτερη κατηγορία αποτελούν τα μεγάλα πελαγικά – μεταναστευτικά ψάρια, όπως οι τόνοι, οι ξιφίες και τα μαγιάτικα. Ζουν κοντά στην επιφάνεια και μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις για να γεννήσουν τα αυγά τους και να βρουν τροφή. Αν και αντιπροσωπεύουν μόνο το 4% της συνολικής αλιευτικής παραγωγής, έχουν ιδιαίτερα μεγάλη εμπορική αξία. Κοπάδια σχηματίζουν και τα μικρότερα πελαγικά ψάρια, όπως είναι ο γαύρος, η σαρδέλα, η γόπα, η παλαμίδα και το σκουμπρί. Το μήκος τους κυμαίνεται από 5-30 εκ. και είναι σχετικά βραχύβια. Κοινό χαρακτηριστικό σε όλα τα πελαγικά ψάρια είναι το πρασινογάλαζο χρώμα τους που πιθανότατα παραπέμπει σε μια προσαρμογή / παραλλαγή για την προστασία από τους ποικίλους θηρευτές (από θαλάσσης και αέρος).

Τα βενθικά ψάρια περιλαμβάνουν κυρίως είδη με πεπλατυσμένο σχήμα, πλάγμα που τα βοηθά να προσαρμόζονται στις ειδικές συνθήκες του βυθού. Χαρακτηριστικός εκπρόσωπος είναι η γλώσσα. Ένας άλλος μορφολογικός τύπος περιλαμβάνει

είδη επιμήκη όπως είναι η σμέρνα και το μουγγρί, τα οποία είναι «άποδα», δηλ. δεν διαθέτουν πτερύγια που θα τους ήταν άλλωστε άχρηστα.

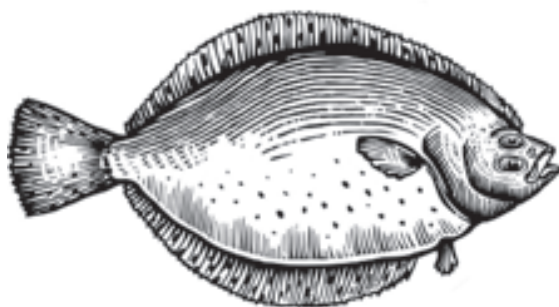
Η ζωή στο βυθό οδηγεί και σε άλλες ειδικές ανατομικές προσαρμογές: το σαλάχι για παράδειγμα και η νάρκη δεν μπορούν να εισπνεύσουν το νερό από το στόμα. Για τον σκοπό αυτό διαθέτουν ραχιαία ρουθούνια που χρησιμεύουν επίσης ως οισοφάγοι. Τα βενθικά ψάρια είναι στην πλειονότητά τους *εδραία* (παραμένουν καθηλωμένα και σχεδόν ακίνητα στο βυθό), και παμφάγα. Τρέφονται τόσο με οργανισμούς που κολυμπούν στο νερό, όσο και με ζώα που έρπουν στον βυθό της θάλασσας. Στην μεγάλη πλειονότητα των σπονδυλωτών, το σώμα τους είναι λίγο ως πολύ συμμετρικό. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο με πολλά πεπλατυσμένα ψάρια του βυθού. Ενώ ως νεοσσοί ακολουθούν τον κανόνα, όταν γίνονται ενήλικα εμφανίζουν μια παράξενη παραμόρφωση: και τα δυο μάτια τους περνούν στην ίδια πλευρά του κεφαλιού τους. Παραξενιά της φυσικής επιλογής; Κάθε άλλο. Η ιδιομορφία αυτή αποδείχθηκε εξαιρετικά πετυχημένη. Τα πεπλατυσμένα ψάρια του βυθού αποτελούν μια ομάδα που περιλαμβάνει 500 είδη κατανεμημένα σε 7 οικογένειες. Και τα δύο τους μάτια τα χρησιμοποιούν για να βλέπουν προς τα πάνω, απ' όπου έρχονται οι πιθανοί κίνδυνοι. Όμως ένα ερωτηματικό παραμένει: γιατί σε άλλα άτομα η ασυμμετρία αυτή είναι δεξιόστροφη (τα μάτια εμφανίζονται στη δεξιά πλευρά) και σε άλλα αριστερόστροφη;

Τα ψάρια της αβύσσου είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένα από τους ιδιαίτερους περιορισμούς του περιβάλλοντος. Στα βαθιά αυτά νερά οι πιο αντιπροσωπευτικές οικογένειες είναι τα *Stomiidae* και τα *Serrivomeridae*. Έχουν μια μεγάλη ποικιλία σχημάτων και μορφών μια και δεν είναι αναγκασμένα να κινούνται. Ένα μικρό ποσοστό απ' αυτά (10%) διαθέτουν φωτεινά όργανα. Πρόκειται περισσότερο για όργανα αναγνώρισης μεταξύ των ειδών παρά για όργανα φωτισμού του χώρου. Ένα ενδιαφέρον επίσης χαρακτηριστικό τους είναι η έντονη οδοντοφυΐα που ισχυροποιεί το ρόλο τους ως θηρευτών.

Από τα 20.000 είδη ψαριών που ζουν σήμερα, τα 15.000 σχηματίζουν κοπάδια σε μία τουλάχιστον φάση της ζωής τους (ιδίως σε νεαρή ηλικία). Από αυτά, 5.000 είδη περνούν ολόκληρη τη ζωή τους σε κοπάδια. Προφανώς, ο ομαδικός τρόπος ζωής τους προσφέρει κάποια πολύ σημαντικά οφέλη. Το κυριότερο από αυτά είναι, χωρίς

αμφιβολία, η προστασία από τους θηρευτές τους. Τα ψάρια που ζουν στο βυθό αποφεύγουν τους εχθρούς τους με διάφορους τρόπους. Κρύβονται ανάμεσα στα φύκη ή στα βράχια, θάβονται κάτω από την άμμο, ή φορούν μια καλοσχεδιασμένη στολή παραλλαγής, που τα καθιστά αόρατα. Μακριά από τον πυθμένα όμως, το περιβάλλον γίνεται ιδιαίτερα αφιλόξενο. Η σωτηρία βρίσκεται μόνο εν τη ενόψει.

Το πρώτο μεγάλο όφε-



Σκίτσο πλατύψαρου (*Pseudopleuronectes americanus*) με ασυμμετρικά μάτια στη δεξιά πλευρά του κεφαλιού

λος της ζωής στο κοπάδι είναι η δυνατότητα έγκαιρου εντοπισμού οποιουδήποτε κινδύνου. Εκατοντάδες ή και χιλιάδες ζευγάρια μάτια καλύπτουν ολόκληρο το οπτικό πεδίο του κοπαδιού και, με κατάλληλες κινήσεις, κρατούν ενήμερα όλα τα μέλη του. Μια απότομη αλλαγή πορείας δύο-τριών ψαριών μεταδίδεται στο υπόλοιπο κοπάδι, μέσα σ' ένα-δύο δέκατα του δευτερολέπτου! Όταν σημάνει συναγερμός, ο θηρευτής έχει πια χάσει το πλεονέκτημα του αιφνιδιασμού. Έτσι, αν η ταχύτητά του δεν είναι σαφώς μεγαλύτερη από αυτή των θηραμάτων του, δεν θα μπορέσει ποτέ να καλύψει την απόσταση ασφαλείας που φροντίζει να διατηρεί το κοπάδι. Μόνο ο γρήγορος και επίμονος θηρευτής, που θα υπερνικήσει αυτά τα πρώτα εμπόδια, καταφέρνει να πλησιάσει το πολυπληθές θήραμα. Σύντομα ωστόσο, βρίσκεται αντιμέτωπος με μια νέα δοκιμασία. Μη μπορώντας να επιτεθεί ταυτόχρονα σε πολλούς στόχους, πρέπει να επικεντρώσει σε ένα και μόνο υποψήφιο θήραμα. Πώς είναι όμως δυνατό να το κατορθώσει καθώς τα υποψήφια θύματα έχουν μια εξαιρετική ικανότητα στον να προκαλούν σύγχυση στο οπτικό πεδίο του κυνηγού τους; Ακριβώς για το λόγο αυτό, πολλά είδη ψαριών που ζουν ομαδικά διαθέτουν κάθετες ή οριζόντιες ραβδώσεις. Με αυτές καταφέρνουν να εξαφανίζουν το περίγραμμά τους και να χάνονται μέσα στο σύνολο του κοπαδιού. Ελαττώνοντας τις μεταξύ τους αποστάσεις, δημιουργούν μια ενιαία, κινούμενη μάζα, με εναλλασσόμενα εσωτερικά σχέδια που προκαλούν ζάλη. Αν ύστερα από όλα αυτά ο θηρευτής δεν έχει αποθαρρυνθεί, το κοπάδι αρχίζει να τον αποφεύγει ενεργητικά.

Μία από τις πιο εντυπωσιακές αμυντικές τακτικές των μικρών ψαριών είναι και η εξής: Το κοπάδι διασπάται σφαιρικά γύρω από το κεφάλι του θηρευτή και αλλάζει γρήγορα κατεύθυνση, κινούμενο αντίθετα προς αυτόν και ξανασιμίζει ακριβώς πίσω από την ουρά του. Αν ο θηρευτής επιμένει, η κίνηση επαναλαμβάνεται μέχρι να απογοητευτεί εξαντλημένος. Τα κοπάδια μοιάζουν άτρωτα. Αναρωτιέται κανείς αν οι θηρευτές κατορθώνουν να τραφούν. Πράγματι, ελάχιστα ανάμεσα τους έχουν τα κατάλληλα όπλα, για να τα βάζουν μόνα τους με ένα ολόκληρο κοπάδι. Ο ξιφίας με το ρύγχος του και ο καρχαρίας φοβερό του στόμα αποτελούν εξαιρέσεις. Επιτίθενται στα τυφλά και επιχειρούν να τραυματίσουν κάποια μέλη του κοπαδιού, ώστε στη συνέχεια να τα καταβροχθίσουν. Οι υπόλοιποι θηρευτές τρέφονται κυρίως με μοναχικά θηράματα ή εντοπίζουν ανάμεσα στα κοπάδια τα αδύναμα, τα ασθενικά και γενικώς τα ψάρια που διαφέρουν σε κάτι από τα υπόλοιπα. Αυτά αποτελούν εύλωτους στόχους και βέβαια εύκολα απομονώνονται και υποκύπτουν. Οι μεγάλοι θηρευτές (καρχαρίες, δελφίνια, φώκιες) επιτελούν με αυτόν τον τρόπο ένα πολύ σημαντικό λειτουργήμα. Τρώγοντας τα άρρωστα και αδύναμα ζώα, διατηρούν τα κοπάδια των θηραμάτων τους υγιή. Εάν εξαφανίζονταν οι θηρευτές, οι επιδημίες θα εξαπλώνονταν ταχύτατα και θα απειλούσαν να αποδεκατίσουν πολλά είδη ψαριών που ζουν ομαδικά.

Ορισμένοι από τους θηρευτές επωφελούνται και αυτοί από τα πλεονεκτήματα της κοινής προσπάθειας. Οι τόνοι, οι λούτσοι, τα μαγιάτικα και άλλα μεγάλα ψάρια συναθροίζονται σε κοπάδια όχι μόνο για να αυτοπροστατεύονται, αλλά και για να κυνηγούν ομαδικά. Εφαρμόζοντας κυκλωτικές τακτικές, κατορθώνουν να διασκορπίζουν τα πανικόβλητα μικρά ψάρια, να απομονώνουν ορισμένα από αυτά και να τα συλλαμβάνουν.

Ζώντας σε κοπάδια, μικρά και μεγάλα ψάρια έχουν πολλά ακόμη οφέλη. Εντοπίζουν πιο εύκολα περιοχές πλούσιες σε τροφή, τρέφονται πιο αποτελεσματικά και με λιγότερο άγχος, διευκολύνονται στην κολύμβησή τους λόγω υδροδυναμικών πλεονεκτημάτων των σχηματισμών και, τέλος, έχουν την βεβαιότητα ότι, στην περίοδο της

Τα μεγάλα σκάφη τρώνε τα μικρά

Κάποτε έλεγαν πως «αν δεν βρέξεις κώλο, ψάρια δεν πιάνεις». Ήταν τότε που το ψάρεμα δεν είχε ακόμα γίνει αυτό που λέμε σήμερα» βιομηχανική αλιεία. Το «τρύγημα της θάλασσας» ήταν μόχθος και οι ψαράδες γνώριζαν καλά τους ψαρότοπους από τους οποίους ζούσαν και φρόντιζαν να μη τους εξαντλούν. Το κάθε ψάρι το ψάρευαν στην εποχή του και τον τόπο του. Όμως η τεχνολογική πρόοδος τους προσέφερε νέες δυνατότητες να πιάνουν γρήγορα και πιο άκοπα περισσότερα ψάρια. Η μηχανότρωτα ήταν μια από αυτές: ένα δίχτυ σε σχήμα σάκον σέρνεται στον βυθό. Με αυτή την μέθοδο, η ψαριά αυξάνεται. Το τίμημα όμως είναι η πλήρης αποψίλωση του θαλάσσιου βυθού, που έτσι μεταβάλλεται σε έρημο. Για να αποσβέσουν τις επενδύσεις τους σε μεγαλύτερα και καλύτερα εξοπλισμένα σκάφη και για να πληρώσουν τα χρέη τους, οι ψαράδες αναγκάστηκαν να ψαρεύουν όλο και περισσότερα ψάρια και να ξανοίγονται σε όλο και πιο απομακρυσμένες αγορές. Σύντομα όμως οι κοντινοί ψαρότοποι εξαντλήθηκαν και οι ψαράδες αναγκάστηκαν να επενδύσουν σε ακόμη μεγαλύτερα σκάφη για να μπορούν να ψαρεύουν σε όλο και μεγαλύτερες αποστάσεις. Στο μεταξύ, οι φτωχοί παραδοσιακοί ψαράδες έγιναν φτωχότεροι. Τα ψάρια στους κοντινούς ψαρότοπους είχαν πια λιγοστέψει και πολλοί από αυτούς εγκατέλειψαν το επάγγελμα γιατί δεν ήταν σε θέση να ανταγωνιστούν τις μεγάλες αλιευτικές επιχειρήσεις.

αναπαραγωγής, θα βρούν όχι μόνο έναν, αλλά χιλιάδες συντροφους για να διαωγίσουν το είδος τους. Το μόνο που δεν κατάφεραν να προβλέψουν τα ψάρια των κοπαδιών ήταν η εμφάνιση του πιο άπληστου, κοντόφθαλμου και προσωρινά παντοδύναμου θηρευτή τους: του ανθρώπου. Σε θάλασσες όπως η Μεσόγειος, όπου υπεραλιεύονται, τα μεγάλα κοπάδια έχουν γίνει πολύ σπάνια στην παράκτια ζώνη.

Τα θηλαστικά της θάλασσας

Η ζωή γεννήθηκε στην θάλασσα και από εκεί αποίκισε και κατακυρίευσε την ξηρά. Τα πρώτα σπονδυλωτά επεχείρησαν την έξοδο τους από το υγρό στοιχείο στο τέλος της Δεβονίου εποχής, πριν από 360 εκατομμύρια χρόνια. Όμως υπήρχε και η αντίθετη μετακίνηση. Θηλαστικά που είχαν αναπτυχθεί στην ξηρά επέστρεψαν στην θάλασσα πριν από 40-50 εκατομμύρια χρόνια. Η μακρόχρονη φυσική επιλογή τους ξανάεδωσε τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ψαριών και τους επέτρεψε να κινούνται εύκολα στο υγρό στοιχείο. Αυτά είναι τα κητώδη (*Cetacea*), στα οποία ανήκουν τα δελφίνια και οι φάλαινες. Αναπνέουν με πνεύμονες και γενούν παιδιά που τα θηλάζουν, όπως όλα τα θηλαστικά. Η σύγκλισή τους με τα ψάρια αφορά απλώς και μόνο την μορφή (ατρακτοειδής, υδροδυναμική, με πτερύγια) που τους επιτρέπει να κολυμπούν άνετα στο υγρό στοιχείο. Τα κητώδη διαιρούνται σε δυο μεγάλες ομάδες, ανάλογα αν το στόμα τους έχει κανονικά δόντια (*οδοντοκητώδη*), ή αν αυτά έχουν εξελιχθεί για να δώσουν τη θέση τους σε μπαλένες (*μυστακοκητώδη*).

Στα οδοντοκητώδη ανήκουν κυρίως τα δελφίνια που τρέφονται με πελαγικά ψάρια, ο Ζιφιός (*Ziphius cavirostris*) που τρέφεται με κεφαλόποδα, η Όρκα (*Orcinus orca*) που τρώει άλλα θηλαστικά (δελφίνια) και τέλος η φάλαινα φυσητήρας (*Physeter macrocephalus*) που διαθέτει δόντια στο εσωτερικό της στοματικής κοιλότητας και είναι αρκετά διαδεδομένη σε όλους τους ωκεανούς, ακόμη και σε μέσα γεωγραφικά πλάτη. Ο φυσητήρας πήρε το όνομά του εξαιτίας μιας ειδικής διαμόρφωσης που του επιτρέπει να εκτοξεύει το νερό που εισπνέει σε μεγάλο ύψος σχηματίζοντας έτσι ένα εντυπωσιακό σιντριβάνι. Αν και είναι προορισμένος να τρώει κυρίως κεφαλόποδα, στην πράξη μπορεί να καταναλώνει οτιδήποτε συναντά, αφού κινείται με μεγάλη ευκολία από την επιφάνεια του νερού ως τα μεγάλα βάθη.

Τα μυστακοκητώδη είναι πλαγκτονοφάγα ζώα και για το λόγο αυτό χρειάζονται τεράστιες ποσότητες νερού προκειμένου να αντλήσουν απ' αυτό ικανές ποσότητες θαλάσσιας βιομάζας για τη διατροφή τους. Αντίθετα με τα οδοντοκητώδη που έχουν περιορισμένη γεωγραφική κατανομή, τα μυστακοκητώδη βρίσκονται σε όλες σχεδόν τις θάλασσες, εξαιτίας του μεταναστευτικού τους χαρακτήρα: κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ταξιδεύουν προς την Αρκτική ή την Ανταρκτική όπου τα νερά

Moby Dick

Στο ομώνυμο βιβλίο του Herman Melville (1851), ο *Moby Dick* είναι μια μικρή λευκή φάλαινα που έρχεται σε αντιπαράθεση με τον Αχάμπ, τον κυβερνήτη ενός φαλαινοθηρικού. Το βιβλίο είχε τεράστια επιτυχία και ενέπνευσε πολλούς κινηματογραφιστές, ανάμεσα στους οποίους και τον J. Huston (1956). Το απόσπασμα που ακολουθεί είναι από το ποίημα του Ανδρέα Εμπειρίκου.

«Ωρες πολλές επέρασαν και ακόμη ψάχναμε εναγωνίως, πριν μπούμε στο καράβι μας (μια σκούνα είχαμε αρματώσει), πριν ξεκινήσουμε για το ταξίδι μας, προς τούτη ή εκείνη την ακτή, προς τούτο ή εκείνο το νησί, που όλοι στον Ειρηνικό το θέλαμε (ίσως γιατί πολύ υποφέραμε απ' τους πολλούς πολέμους) και όπου ποθούσαμε να μας δεχθούν, μεσ' στης ολόχρονης ισημερίας την μαγεία, του Ειρηνικού οι κόρες, του Ειρηνικού – ω Χέρμαν Μέλβιλ! – οι παραδείσιες θυγατέρες, οι εξαίσιες Φαγιαουαίη, ελπίζοντας να συναντήσουμε, όχι σαν φαλινοθήρη, όχι σαν τον Αχάμπ εχθροί, μα τουναντίον, σαν φίλοι θερμοί και αληθινοί, την Άνασσα των ωκεανών με το υγρόν λοφείον, το άσπρο πλεούμενο σπερματικό βοννό (ώ, χαίρε, χαίρε, *Moby Dick!*), την Άσπρη Φάλαινα ελπίζοντας να βρούμε την ρήγισσα των βαθέων βυθών και πάσης φωτεινής επιφανείας, την Άσπρη Φάλαινα, την Άσπρη αφρόεσα Αφροδίτη (Χαίρε, ω Παφλάζονσα, χαίρε, ω, χαίρε, Αναδυομένη!) όραμα θείον, Άνασσα Πρώτη, κόρη της απολύτου αθωότητας, της απολύτου ελευθερίας, της απολύτου ηδονής – κήτος, ω κήτος που μόνον εσύ, ως σήμερα, κρατάς ακόμη κάτι, απ' την αυγή της Υδρογείου, απ' τις αρχές της προϊστορίας, κάτι από την δύναμι, την γνησιότητα και την αλληλεγγύη με την φύσι, κάτι από το μεγαλείον και τους τιτανικούς ρυθμούς της ανυπόκριτης εκείνης εποχής των βροντοσαύρων και τυραννοσαύρων».

Ανδρέας Εμπειρίκος, Οκτάνα, Ίκαρος 1980

είναι πλούσια σε πλαγκτόν (ένας μεγάλπτερος – είδος φάλαινας – μπορεί να καταναλώσει από 1,5 έως 2 τόνους πλαγκτόν την ημέρα, πράγμα που απαιτεί φιλτράρισμα ενός εκ. κυβ. μέτρων νερού). Το δεύτερο και ψυχρότερο εξάμηνο του χρόνου μετακινούνται σε νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη, γύρω από τη ζώνη των τροπικών, προκειμένου να ξεκινήσουν τη διαδικασία της αναπαραγωγής.

Λίγα ίσως ζώα συνδέθηκαν τόσο πολύ με τη λογοτεχνία, τη φωτογραφία, το ντοκυμανταίρ και τη ζωγραφική όσο τα δελφίνια και οι φάλαινες. Η μεγάλη γεωγραφική τους εξάπλωση, το μέγεθός τους, οι μοναδικές τους ικανότητες, αλλά και η ανάδειξη ενός ολόκληρου κινήματος για την προστασία τους, είναι οι κυριότερες αιτίες αυτής της ειδικής προσοχής και της ιδιαίτερης σχέσης των ζώων αυτών με το ευρύ κοινό σε όλα τα μήκη και τα πλάτη του πλανήτη. Φάλαινες, όρκες και δελφίνια θα βρούμε ακόμα και στις Ελληνικές θάλασσες, αφού η Μεσόγειος, λόγω και της επικοινωνίας της με τον Ατλαντικό, φιλοξενεί αρκετούς ακόμα πληθυσμούς (έχει καταγραφεί η παρουσία 20 διαφορετικών ειδών) οι οποίοι συχνά βρίσκονται αντιμέτωποι με αντίπαλα συμφέροντα, κυρίως απ' την πλευρά της εντατικής και βιομηχανικής αλιείας.

Η ρύπανση της θάλασσας και ιδιαίτερα η ρύπανση από οργανοχλωριωμένες ενώσεις, έχει συμβάλει σημαντικά στη μείωση του ανοσοποιητικού συστήματος πολλών κητωδών. Στην ίδια κατεύθυνση ενεργεί και η μείωση των ιχθυαποθεμάτων εξαιτίας της εντατικής αλιείας: τα ζώα βρίσκουν όλο και πιο δύσκολα την τροφή τους σε όλο και δυσμενέστερες συνθήκες. Ο συνδυασμός των δύο αυτών παραγόντων κάνει πολλά είδη ευάλωτα σε ασθένειες. Στις αρχές της δεκαετίας του 90, οι μαζικοί θάνατοι δελφινιών στη Μεσόγειο σήμαναν συναγερό σε οικολογικές οργανώσεις, κρα-

Υψηλές επιδόσεις

Τα κητώδη δεν είναι μόνο οι μεγαλύτεροι νηκτικοί οργανισμοί, αλλά και τα μεγαλύτερα θηλαστικά, όπως επίσης και τα μεγαλύτερα σπονδυλωτά του πλανήτη. Η Rorqual bleu έχει βάρος 120 περίπου τόνων, 30 μέτρα μήκος, η ταχύτητα αιχμής είναι 20 κόμβοι (μίλια ανά ώρα) και η ισχύς της βιολογικής μηχανής της φτάνει τους 500 ίππους. Εκτός όμως από τα εντυπωσιακά μορφολογικά και κινητικά τους χαρακτηριστικά, τα κητώδη έχουν να επιδείξουν και εξαιρετικές επιδόσεις στην κατάδυση. Τα δελφίνια του γένους Tursiops μπορούν να φτάσουν τα 500 μέτρα βάθος και η φάλαινα cachcalot ξεπερνά τα 1000 μέτρα. Η όρκα διαθέτει έναν ηχοβολιστικό μηχανισμό για να εντοπίζει αντικείμενα και να προσανατολίζεται μέσα στην θάλασσα. Όταν όμως κυνηγά φώκιες, είναι σιωπηρή ώστε να μη γίνεται αντιληπτή από το θήραμά της. Για να μη χάνονται τα πανέξυπνα αυτά ζώα που διατρέχουν για την αναζήτηση της τροφής τους χιλιάδες χιλιόμετρα, μπορούν να αποτυπώσουν στη μνήμη τους το περίγραμμα ακόμη και των πιο πολύπλοκων ακτών. Όμως, ένα από τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά των κητωδών είναι η ικανότητά τους να επικοινωνούν με ήχους και φθόγγους που δεν απέχουν πολύ από τη γλώσσα των πρωτόγονων ανθρώπων. Η επικοινωνία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την διατήρηση της συνοχής των κοπαδιών, αλλά και για την προστασία των νεαρών ατόμων που μπορεί εύκολα να χαθούν μέσα στο αχανές υδάτινο περιβάλλον.

τικούς φορείς και επιστήμονες. Η Greenpeace ξεκίνησε τότε μια από τις μεγαλύτερες καμπάνιες στην ιστορία του Μεσογειακού της τμήματος. Το Μεσογειακό Σχέδιο Δράσης (MAP) κατάρτισε πρόγραμμα για τη σωτηρία των κητωδών. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προχώρησε σε σχετική Οδηγία για τα ιχθυοαποθέματα και τα μεγάλα θηλαστικά. Σωστή αντίδραση, αλλά καθυστερημένη.

Πολύ μεγαλύτερες όμως ήταν οι επιπτώσεις από το κυνήγι, ιδιαίτερα των φαλαινών. Αρκετά είδη εξαφανίστηκαν, ενώ άλλα βρίσκονται στα πρόθυρα της εξαφάνισης (οι πληθυσμοί των Μεγαπτέρων χρειάζονται 50-100 χρόνια για να ανακάμψουν). Η Διεθνής Επιτροπή για τη Φαλαινοθηρία και οι συνθήκες για την προστασία των οικοτόπων (ιδιαίτερα της Ανταρκτικής) ανέστειλαν το έργο των μεγάλων στόλων των εφοδιασμένων με υπερσύγχρονο εξοπλισμό. Παρ' όλα αυτά, η φαλινοθηρία συνεχίζεται, έστω και σε περιορισμένη πια κλίμακα, ακόμα κι αν το εμπορικό ενδιαφέρον δείχνει να βρίσκεται σε υποχώρηση.

Η μοναξιά της φώκιας

*«...αμφί δε μιν φώκαι νέποδες καλής Αλοσύνης αθρόαι εύδουσιν
[...] πικρού αποπνέουσαι αλός πολυβένθεος οσμήν»*

(Οδύσσεια, Δ 404)

(«...και γύρω του κοιμούνται πλήθος φώκιες από την γενιά της όμορφης θαλασσογεννημένης [Αφροδίτης]/[...] που την πικρή της θάλασσας απέπνεαν την οσμή»)

Η φώκια πράγματι αφήνει έντονη μυρωδιά σαν από σάπια φύκια στα μέρη όπου αναπαύεται και αυτό δεν πέρασε απαρατήρητο στον Όμηρο, όταν ακόμα οι φώκιες ζούσαν σε πολυάριθμα κοπάδια και μπορούσαν να λιάζονται αμέριμνες στις αμμονδιές της Μεσογείου. Σήμερα, ένα από τα πιο κοινά είδη στο παρελθόν, η «φώκια η μοναχή» (*Monachus monachus*) είναι και ένα από τα πιο απειλούμενα ενδημικά της Μεσογείου. Λιγότερα από πεντακόσια άτομα της μεσογειακής φώκιας έχουν σήμερα απομείνει στην θαλάσσια περιοχή που εκτείνεται από τη Μαύρη Θάλασσα ως τις ακτές του Ατλαντικού. Τουριστική, οικιστική και βιομηχανική ανάπτυξη έχουν περιορίσει τον βιοτόπο της. Οι ψαράδες την κυνηγούν γιατί τους καταστρέφει τα δίχτυα και τους τρώει τα ψάρια. Από την πλευρά της φώκιας τα πράγματα εμφανίζονται διαφορετικά. Οι ψαράδες της στερούν την τροφή, καθώς εντείνεται η υπεραλίευση και τα δίχτυα τους αποτελούν θανάσιμες παγίδες. Η φώκια που παλαιότερα λιαζόταν σε αμμονδερές παραλίες, έχει καταφύγει σήμερα σε δυσπρόσιτες βραχώδεις ακτές. Στις ανήλιαγες σπηλιές, όπου προσπαθεί να κρυφτεί από τον άνθρωπο, οι συνθήκες είναι δύσκολες, κυρίως για τα μικρά της, που συχνά δεν κατορθώνουν να επιζήσουν.

Η χημική ρύπανση της θάλασσας από τα PCBs⁴⁷, το DDT και το πετρέλαιο που συσσωρεύονται στους ιστούς της και εξασθενίζουν το ανοσοποιητικό της σύστημα, έχουν ως αποτέλεσμα την εξάπλωση ασθενειών και αύξηση της θνησιμότητας. Η Με-

47. Πολυχλωριωμένα διφαινύλια. Παράγονται από αρωματικούς υδρογονάνθρακες και χρησιμοποιούνται για βιομηχανικές εφαρμογές. Συνδέονται με καρκινογένεση.

σογειακή φώκια έχει εκλείψει από όλη την βόρεια ακτή της δυτικής Μεσογείου. Τελευταία φορά που την είδαν στην Ισπανία ήταν το 1986, στην Γαλλία το 1990, στην Ιταλία το 1980. Οι μεγαλύτεροι πληθυσμοί της παρατηρούνται στο Αιγαίο και ιδιαίτερα στις Σποράδες, όπου σήμερα έχει δημιουργηθεί ένα θαλάσσιο πάρκο για την προστασία της. Απομονωμένοι πληθυσμοί επιζούν στις Κυκλάδες, το ανατολικό Αιγαίο, το Ιόνιο, την Αδριατική και τα παράλια της Β. Αφρικής.

Μια σειρά ερωτήματα τίθενται συνεπώς όσον αφορά την διατήρηση του είδους. Επαρκεί το θαλάσσιο πάρκο των Σποράδων για την προστασία του μεγαλύτερου πληθυσμού φώκιας στο Αιγαίο; Τι συμβαίνει με τους απομονωμένους πληθυσμούς; Περιλαμβάνουν επαρκή αριθμό ατόμων ώστε να διατηρηθεί η γενετική ποικιλότητα που θα εξασφάλιζε την επιβίωσή τους;

Γιατί ασπρίζουν τα κοράλλια;

«Όποιος ασχολείται με την οικολογία, όποια και να είναι η ειδίκευσή του, πρέπει τουλάχιστον μια φορά στη ζωή του να πάρει μια μάσκα και έναν αναπνευστήρα και να επισκεφθεί μια κοραλλιογενή ύφαλο.» Αυτή την άποψη λέγεται ότι είχε διατυπώσει ο γνωστός οικολόγος E.P. Odum. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι είναι πράγματι ένας από τους πιο όμορφους σχηματισμούς με βιολογική προέλευση. Είναι επίσης μια από τις αρχαιότερες βιοκοινότητες στην Γη. Τα πρώτα κοράλλια εμφανίστηκαν στην εποχή του Καμβρίου πριν από 500 εκατομμύρια χρόνια και εδώ και 200 εκατομμύρια χρόνια έχουν μείνει αμετάβλητα. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι που σχηματίζονται από τον ασβεστούχο σκελετό των κοραλλιών και φιλοξενούν μια απίστευτη ποικιλία ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών, καταλαμβάνουν μόλις το 0,1% της επιφάνειας της θάλασσας. Απ' αυτούς έχουν καταγραφεί κάπου 95.000, όμως ότι ο πραγματικός τους αριθμός είναι δεκαπλάσιος.

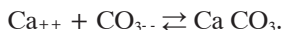
Τα κοράλλια είναι ασπόνδυλα πολύποδα, που σχηματίζουν εκτεταμένες αποικίες. Είναι συγγενή με τις θαλάσσιες ανεμώνες και τις μέδουσες και αντιπροσωπεύονται από πολλά είδη και γένη που ανήκουν στο φύλο Cnidaria. Οι ιστοί τους συνδέονται μεταξύ τους και η αποικία των κοραλλιών μοιάζει σαν ένας τεράστιος ενιαίος οργανισμός. Τρέφονται συλλαμβάνοντας φυτοπλαγκτόν με τα πλοκάμια τους που είναι εφοδιασμένα με νηματοκύστες, και επιδρούν στο θήραμά τους, όπως τα πλοκάμια μιας τσούχτρας. Καθώς στην αποικία των κοραλλιών τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους, η τροφή που συλλαμβάνει ένα άτομο διχοτεύεται και θρέφει όλη την αποικία.

Τα κοράλλια όμως δεν είναι δυνατόν να επιβιώσουν μόνα τους. Στους ιστούς τους έχουν ενσωματώσει μια *συμβιωτική* πράσινη άλγη, του γένους *Zooxanthella* που έχει την ικανότητα να φωτοσυνθέτει και να παράγει το οξυγόνο που έχει ανάγκη η αποικία, καθώς και πρόσθετη τροφή. Δεσμεύοντας το διαλυμένο στο νερό διοξείδιο του άνθρακα, οι άλγες συμβάλλουν επίσης στην σύνθεση του ανθρακικού ασβεστίου που αποτελεί τον σκληρό σκελετό των κοραλλιών. Οι αποικίες σχηματίζουν με την πάροδο του χρόνου κοραλλιογενείς υφάλους καθώς νέα ζωντανά κοράλλια έρχονται να εποικίσουν την επιφάνεια αυτού του σκελετού-υποβάθρου. Ορισμένες αποικίες κοραλλιών έχουν αποκτήσεις τεράστιες διαστάσεις. Το Μεγάλο Φράγμα στις τροπικές θάλασσες της Βόρειας Αυστραλίας είναι ένας κοραλλιογενής ύφαλος μήκους 2.000 χιλιομέτρων και άρχισε να δημιουργείται πριν από 2 έως 3 εκατομμύρια χρόνια.

Η παραγωγικότητα των κοραλλιών οφείλεται στην παραγωγικότητα της συμβιωτικής άλγης και είναι έως και δέκα φορές μεγαλύτερη από την παραγωγικότητα φυτοπλαγκτού στην πελαγική ζώνη των τροπικών θαλασσών ή την παραγωγικότητα των εντατικών καλλιιεργειών. Στις αρχές του καλοκαιριού γίνεται η αναπαραγωγή των κοραλλιών, τα περισσότερα από τα οποία είναι ερμαφρόδιτα και διαθέτουν αρσενικά και θηλυκά όργανα. Οι λάβρες που εκκολάπτονται κολυμπούν ελεύθερα και παρασύρονται μαζί με το πλαγκτόν λίγες ημέρες πριν εγκατασταθούν στον βυθό και ιδρύσουν μια νέα αποικία που αναπτύσσεται με εκβλάστηση, όπως συμβαίνει στα φυτά.

Παρά την μεγάλη τους ηλικία και τα μεγέθη τους, οι αποικίες κοραλλιών είναι πολύ ευαίσθητες στην ρύπανση και τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα προκαλεί άνοδο της μέσης θερμοκρασίας των ωκεανών. Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, έστω για μικρά χρονικά διαστήματα, πάνω από τους 29,5° C επηρεάζει τα κοράλλια γιατί προκαλεί ρήξη στην συμβίωσή τους με τις μικροσκοπικές άλγες οι οποίες αποβάλλονται από τους ιστούς των πολυπόδων. Όσες παραμένουν, χάνουν την χλωροφύλλη τους. Ύστερα από αυτό, οι ιστοί τους γίνονται ημιδιαφανείς, με αποτέλεσμα να διακρίνεται ο λευκός τους σκελετός. Αυτό που εμείς βλέπουμε είναι ότι τα κοράλλια ασπρίζουν.

Ο άλλος τρόπος με τον οποίο η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα επηρεάζει τα κοράλλια, είναι άμεσος. Η διάλυσή του στο θαλασσινό νερό μεταβάλλει την χημική ισορροπία και εμποδίζει την καθίζηση του διαλυμένου ανθρακικού ασβεστίου (CaCO₃) που είναι απαραίτητη για την δημιουργία του σκελετού. Η καθίζηση του CaCO₃ γίνεται σύμφωνα με την αντίδραση



Η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα δεξιά (καθίζηση), όταν υπάρχει περίσσεια CO₂ και προς τα αριστερά (διάλυση), όταν υπάρχει έλλειμμα CO₂ (το Ca⁺⁺ δεν παίζει ρόλο γιατί υπάρχει πάντα σε μεγάλη αφθονία στο νερό). Η προσθήκη CO₂ στο θαλάσσιο περιβάλλον μειώνει την συγκέντρωση του CO₃ γιατί η αντίδρασή του με το νερό ελευθερώνει ιόντα υδρογόνου που αντιδρούν με το CO₃ μειώνοντας την συγκέντρωσή του. Το CaCO₃ διαλύεται αντί να καθιζάνει και τα κοράλλια δυσκολεύονται να φτάξουν τον σκελετό τους.

Μια τρύπα στο νερό

Σίγουρα η Κλιματική Αλλαγή έχει επίπτωση το σύνολο του πλανήτη (ο αγγλικός όρος είναι global) αλλά η αύξηση της θερμοκρασίας θίγει πρωτίστως τους ωκεανούς που απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της πλεονασματικής θερμότητας την οποία εγκλωβίζει το φαινόμενο του θερμοκηπίου (σχεδόν το 90%). Οι οργανισμοί των οποίων η εσωτερική θερμοκρασία ρυθμίζεται από το εξωτερικό περιβάλλον (*εκτοθερμία*) θα είναι τα άμεσα θύματα. Η άμεσως επόμενη απειλή για τα θαλάσσια οικοσυστήματα προέρχεται από τις αλλαγές του κλίματος και της υδρολογίας που θα συμβούν στο τοπικό /περιφερειακό επίπεδο και ιδιαίτερα από την ατμοσφαιρική διακύμανση η οποία με τη σειρά της καθορίζει την κυκλοφορία των ωκεάνιων ρευμάτων. Οι αντι-

δράσεις των οργανισμών ποικίλουν, λόγω της πολυπλοκότητας των μηχανισμών που υπεισέρχονται, αλλά οι απότομες και απρόβλεπτες ανατροπές της οικολογικής ισορροπίας είναι μέσα στα σοβαρά ενδεχόμενα. Πολλά οικοσυστήματα εξασθενημένα ήδη από τη ρύπανση, τον ευτροφισμό και την υπερεκμετάλλευση, θα είναι πιθανότερα τα πιο ευάλωτα και τα λιγότερο ανθεκτικά.

Έχει υπολογιστεί ότι η απορρόφηση από τους ωκεανούς του πλεονάζοντος CO₂ της ατμόσφαιρας προκάλεσε μια μείωση του pH της τάξεως του 0,1 (αύξηση της οξύτητας). Αν και η μεταβολή αυτή φαίνεται μικρή, αντιστοιχεί σε μια αύξηση του 30% των ιόντων υδρογόνου στο νερό, κάτι που αν συνεχιστεί θα προκαλέσει ασβεστοποίηση σε μια σειρά από πλαγκτονικούς οργανισμούς όπως είναι τα *τριμματοφόρα* και τα *πτερόποδα μαλάκια*. Οι οργανισμοί που όμως φαίνεται να απειλούνται περισσότερο είναι αυτοί που αποτελούνται από έναν τύπο ανθρακικού ασβεστίου με το όνομα αραγωνίτης, όπως είναι για παράδειγμα τα κοράλλια (βλ. παραπάνω).

Ο βαθμός ανθεκτικότητας της θαλάσσιας βιοποικιλότητας στις κλιματικές αλλαγές, στην αύξηση της θερμοκρασίας, στην μεταβολή της αλατότητας και του pH δεν μας είναι ακόμη εντελώς γνωστός. Παρ' όλ' αυτά υπάρχουν ενδεικτικά παραδείγματα: Στη Βόρεια Θάλασσα υπάρχει ένα είδος υπο-αρκτικού *κωπήποδου* (*Calanus finmarchicus*) άκρως σημαντικού για την επιβίωση του γόνου της μουρούνας (είδος βακαλάου απ' όπου βγαίνει το μουρουνέλαιο). Σήμερα, έχει υποχωρήσει στο 20% του αρχικού του πληθυσμού και έχει δώσει τον θώκο του σε ένα ανταγωνιστικό του υποείδος (*C. helgolandicus*). Αυτή η υποκατάσταση έχει οδηγήσει σε μια σημαντική – και μετρηθείσα – μείωση της αλιευόμενης βιομάζας των ατόμων της μουρούνας. Εξαιτίας της θερμοκρασιακής αύξησης, ο γόνος αναγκάζεται να εντείνει τον μεταβολισμό του, αλλ' αυτό δεν είναι εφικτό λόγω της μείωσης της διαθέσιμης τροφής και επομένως υποσιτιζόμενος υποχωρεί. Στη συνέχεια έχουμε λιγότερα ενήλικα άτομα και λιγότερα αυγά, άρα υπογεννητικότητα και εντέλει πληθυσμιακή κατάρρευση.

Τα δάση της μαγκρόβιας

Εκτεταμένες περιοχές των ρηχών τροπικών θαλασσών, κυρίως στις εκβολές μεγάλων ποταμών, καλύπτονται από χαμηλά υδρόφιλα δάση μαγκρόβιας. Οι αποικίες τους αναπτύσσονται στην μεταβατική ζώνη, ανάμεσα στο γλυκό και το αλμυρό νερό, όπου και δημιουργούν έναν λαβύρινθο από νησίδες, κανάλια και αβαθείς κόλπους περιτοιχισμένους από βλάστηση η οποία άλλοτε φύεται μέσα στο νερό, άλλοτε σε έδαφος που έχει συγκρατήσει το πλέγμα των ριζών. Τα δάση μαγκρόβιας αποτελούνται από πολλά διαφορετικά φυτά. Ανάμεσά τους κυριαρχούν τα ριζοφόρα (*Rhizophora maritima*) και η αβικέννια (*Avicennia marina*). Ήταν γνωστά από την αρχαιότητα και τα αναφέρουν ο Θεόφραστος, ο Πλίνιος και ο Στράβων. Οι δυσπρόσιτες αυτές εκτάσεις – ούτε ξηρά, ούτε θάλασσα – δημιουργούσαν ανάμικτα συναισθήματα θαυμασμού και φόβου. Οι περισσότεροι ευρωπαίοι ταξιδιώτες τα περιέγραψαν με τα μελάνότερα χρώματα. Για αυτούς τα δάση μαγκρόβιας δεν ήταν παραπάνω από ανθυγιεινοί επικίνδυνοι βάλτοι με κουνούπια και αρρώστιες. Η εξομοίωσή τους με άχρηστα έλη συνοδεύτηκε από έργα για την αποξήρανση, την «εξυγείανση» και την αξιοποίησή τους. Οι προσπάθειες αυτές δεν απέδωσαν γιατί τα εδάφη που προέκυψαν ήταν εξαιρετικά όξινα και αλμυρά.

Όμως, σήμερα είναι γνωστό ότι τα δάση μαγκρόβιας ανήκουν στα παραγωγικότερα οικοσυστήματα. Στα ρηχά υφάλμυρα νερά τους ζουν και αναπαράγονται μεγάλες ποσότητες ψαριών που ανήκουν σε πολυάριθμα είδη, και κυρίως τεράστια κοπάδια από γαρίδες. Οι νύμφες αυτών των καρκινοειδών καθώς και άλλων θαλάσσιων ζώων, βρίσκουν καταφύγιο στο προστατευμένο περιβάλλον που δημιουργούν τα δάση μαγκρόβιας. Στις νησίδες που σχηματίζονται, φωλιάζουν αναρίθμητα παρυδάτια πουλιά και ζώα. Πολλές κοινότητες ιθαγενών ζουν μέσα στην υδροφιλή αφιλόξενη βλάστηση. Η καλλιέργεια όμως του ρυζιού, το ψάρεμα, οι αλυκές, η εκμετάλλευση του ξύλου και της τανίνης που βγαίνει από τους κόκκινους κορμούς των δέντρων, είναι γι αυτούς το πεδίο της επιβίωσης. Είναι ταυτόχρονα δραστηριότητες που έχουν συμβάλει στην διαμόρφωση των εύθραυστων αυτών οικοσυστημάτων.

Η πλούσια παραγωγικότητα καθώς και η ίδια η ύπαρξη των δασών μαγκρόβιας σήμερα κινδυνεύουν. Η μεγαλύτερη απειλή είναι η αλλαγή της ροής των μεγάλων ποταμών από υδροηλεκτρικά φράγματα και αρδευτικά ή στραγγιστικά έργα που γίνονται για την επέκταση των καλλιεργειών. Οι «διευθετήσεις» αυτές εκτός από την άμεση ζημιά που προκαλούν, μειώνουν την μεταφορά ιζημάτων και θρεπτικών συστατικών από τα ανάντι. Με αυτό τον τρόπο διαταράσσεται η δυναμική ισορροπία των μαγκρόβιων με την ανοικτή θάλασσα και το διατροφικό ισοζύγιο του πολύπλοκου οικοσυστήματος. αρχίζει να γέρνει επικίνδυνα. Οι επιπτώσεις είναι διάβρωση και υποβάθμιση. Μεγάλες καταστροφές προκαλεί και η ιχθυοκαλλιέργεια καθώς και η καλλιέργεια γαρίδων.

Ο οικονομικός παραλογισμός αυτών των ενεργειών γίνεται φανερός, αν κανείς αναλογιστεί ότι το 60% των ψαριών που αλιεύονται στις τροπικές θάλασσες, περνούν μέρος του κύκλου της ζωής του στα μαγκρόβια, στην Φλόριδα μάλιστα το ποσοστό είναι 80%. Όμως το γρήγορο κέρδος από την ιχθυοκαλλιέργεια είναι ισχυρότερο από το μακροπρόθεσμο όφελος που θα είχε για το σύνολο της κοινωνίας η διατήρηση των σπάνιων αυτών συμπλεγμάτων στο σύνολο των νερών με τη στεριά.

Τα φύκια της Μεσογείου

Όπως είπαμε και πιο πάνω, τα νεκρά καφέ «φύκια» που σχηματίζουν σωρούς στις παραλίες και ενοχλούν τους λουόμενους, δεν είναι διόλου φύκη. Είναι φυτά, συγγενή με τα καλάμια, που μετανάστευσαν από την ξηρά στην θάλασσα, σχετικά πρόσφατα στον γεωλογικό χρόνο – ίσως πριν από 60 εκατομμύρια χρόνια – όταν στην ξηρά είχε σημάνει το τέλος της κυριαρχίας των δεινοσαύρων. Το επιστημονικό τους όνομα είναι *Posidonia oceanica* και ανήκουν στην οικογένεια των *Ποταμογειτόνων*, που περιλαμβάνει, όπως υποδηλώνει το όνομά της, μια σειρά από υδροφιλή χερσαία είδη που ζουν στις όχθες των ποταμών σε πολλές περιοχές της Γης. Η *ποσειδωνία* ανήκει στα φανερόγαμα, όπως ονομάζονται τα φυτά που ανθίζουν και αναπαράγονται με γονιμοποίηση. Όμως ανθισμένη ποσειδωνία είναι ένα εξαιρετικά σπάνιο θέαμα, καθώς αυτό συμβαίνει μια φορά στα δέκα χρόνια. Συνήθως πολλαπλασιάζεται με εκβλάστηση από τις ρίζες που συμπλέκονται μεταξύ τους και δημιουργούν ένα πυκνό δίχτυ στα ιζήματα.

Τα λιβάδια ποσειδωνίας αποικίζουν τον βυθό στην εύρωτη ζώνη, σε βάθη όχι μεγαλύτερα από 30 μέτρα. Ο ρόλος τους στην διατήρηση της ισορροπίας της θαλάσσι-

ας ζωής της Μεσογείου είναι κρίσιμος, ανάλογος με τον ρόλο των κοραλλιών και των μαγκρόβιων στις τροπικές θάλασσες. Μια από τις σημαντικές τους λειτουργίες είναι η οξυγόνωση του νερού, καθώς, όπως όλα τα φυτά, φωτοσυνθέτουν και εκλύουν οξυγόνο. Οι ρίζες τους σταθεροποιούν τον βυθό όπως ακριβώς η έστω και ισχνή βλάστηση των παραλιών σταθεροποιεί την άμμο και τις αμμοθίνες. Ακόμη όμως και τα νεκρά φύκια που συσσωρεύονται στην ακροθαλασσιά συγκρατούν το κινούμενο έδαφος και εμποδίζουν την διάβρωση της ακτής. Με τα φύλλα τους που κυματίζουν με την κίνηση του νερού, παγιδεύουν τα αιρούμενα σωματίδια και επιταχύνουν την ιζηματοποίηση και τον εμπλουτισμό του βυθού με θρεπτικές ουσίες.

Ο σημαντικότερος όμως ρόλος που παίζουν τα λιβάδια της ποσειδωνίας είναι ότι προσφέρουν τροφή και καταφύγιο σε μια σειρά είδη ψαριών, αλλά και ασπόνδυλων όπως οι αχινοί, οι αστερίες και τα θαλάσσια σαλιγκάρια. Στην φτωχή ολιγοτροφική θάλασσα της Μεσογείου είναι τα παραγωγικότερα οικοσυστήματα και αποτελούν κυριολεκτικά οάσεις ζωής. Η σημασία τους είναι ωστόσο ελάχιστα γνωστή. Το ψάρεμα με τράτα εκχερσώνει τα λιβάδια και επεκτείνει την υποθαλάσσια έρημο, εις βάρος, σε τελική ανάλυση, της ίδια της αλειάς. Εκτός από την γεωγραφικά εντοπισμένη καταστροφή που προκαλούν οι μηχανότρατες, τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μια ανεξήγητη μείωση των λιβαδιών της ποσειδωνίας σε όλη την έκταση της Μεσογείου. Είναι μια απλή διακύμανση, ή ένα φαινόμενο που οφείλεται στην συνέργεια μηχανικής αποψύλωσης και βιοσυσσώρευσης ρύπων και που απειλεί, μακροπρόθεσμα, το είδος με εξαφάνιση;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Η ΧΑΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ

Αντίσταση κατά της αρχής

Η γνωστή εταιρεία εσωρούχων Palco δεν έχει δραστηριότητες μόνο στην υφαντουργία. Οι επιχειρήσεις της εκτείνονται μέχρι την επεξεργασία ξυλείας, αξιοποιώντας, κυρίως, τα δάση της Καλλιφόρνιας. Από τις αρχές όμως της δεκαετίας του 90' όταν η εταιρεία άρχισε «να βάζει χέρι» και στα πιο παλιά κομμάτια των ιδιωτικών της δασών, ξεκίνησε ένα κύμα διαμαρτυρίας κατοίκων της περιοχής, που σιγά-σιγά έγινε κίνημα. Στην κομητεία του Humbolt οι ακτιβιστές βρήκαν έναν πρωτότυπο τρόπο να προστατέψουν τα απειλούμενα δέντρα (σεκόιες), πολλά από τα οποία έχουν ηλικίες εκατονταετιών, το βάρος τους ανέρχεται σε δεκάδες τόνους και η αξία τους κυμαίνεται από 30-40.000 \$ το κομμάτι: σκαρφάζωναν στα δέντρα και έμεναν εκεί μέχρι να απομακρυνθούν τα υλοτομικά μηχανήματα και οι δασεργάτες. Σε αρκετές περιπτώσεις δεν έλειψαν οι συγκρούσεις και οι βιαιότητες μια και τα δυο μέρη ήταν αποφασισμένα. Η εταιρεία να προστατέψει τα δικαιώματά της και να διώξει τους εισβολείς από την ιδιοκτησία της, οι ακτιβιστές να προστατέψουν τους πολύτιμους θύλακες ζωής σε ένα περιβάλλον που γίνεται όλο και φτωχότερο. Όσο όμως οι ένστολοι του κράτους και της εταιρείας χρησιμοποιούσαν βία μέσα για την απομάκρυνση των περιεργων αυτών εισβολέων του δάσους, τόσο οι αντιδράσεις των περιβαλλοντιστών πολλαπλασιάζονταν. Πολλοί εγκαθίσταντο στα δέντρα τόσο ψηλά ώστε ήταν πρακτικά αδύνατον να απομακρυνθούν, άλλοι κατάφεραν να δεθούν και άλλοι χρησιμοποιούσαν τη δύναμη των μέσων ενημέρωσης. Το ρεκόρ κατάληψης ανήκει στην Ζεν Καρτ, μια νεαρή υπάλληλο βιβλιοπωλείου από το Όρεγκον που κατάφερε να μείνει πάνω στο δέντρο 361 μέρες προτού συλληφθεί και οδηγηθεί στο δικαστήριο για προσβολή ιδιοκτησίας και αντίσταση κατά της αρχής. Το συμπέρασμα της ιστορίας: η καταστροφή της βιοποικιλότητας είναι έργο των ανθρώπων, όπως και η προστασία της. Η κοινωνία είναι όμως ακόμα διχασμένη ανάμεσα στα οφέλη από την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων και στο κέρδος από τη διατήρηση.

Στρατηγικές για τη φύση

Κάθε οργανισμός με τις δραστηριότητές του μεταβάλλει το περιβάλλον του. Τα ανθρώπινα όντα δεν αποτελούν εξαίρεση στον κανόνα. Για μια μεγάλη περίοδο της ιστορίας του, το ανθρώπινο είδος «κατάφερε» να συνυπάρχει με τον υπόλοιπο φυσικό κόσμο, δίνοντας παράλληλα την μάχη για τη δική του επιβίωση. Κατά ένα παράξενο τρόπο, όταν αυτή η επιβίωση εξασφαλίστηκε απέναντι στην «εχθρική φύση», τέθηκε εν αμφιβόλω η βιωσιμότητα των υπόλοιπων ειδών. Η ζυγαριά έγειρε μονόπλευρα υπέρ της ανθρωπότητας και εμφανίστηκαν τα πρώτα δείγματα οικολογικών διαταραχών. Η πρώτη περίοδος με τέτοια χαρακτηριστικά συμπίπτει χρονικά με την γενίκευση της γεωργίας. Στη συνέχεια έρχεται η εποχή των μεγάλων αυτοκρατοριών. Τρίτη στη σειρά η εποχή των μεγάλων ανακαλύψεων και τέταρτη η περίοδος της βι-

ομηχανικής επανάστασης. Κοινά χαρακτηριστικά όλων αυτών των περιόδων είναι οι πληθυσμιακές ανακατατάξεις, οι δημογραφικές εκρήξεις και η συστηματική και μαζική εκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Εκείνο βέβαια που κάνει τον εικοστό αιώνα να ξεχωρίζει είναι το εύρος των μεταβολών, η παγκοσμιότητα των φαινομένων και ο θρίαμβος της *τεχνόσφαιρας* πάνω στην *οικόσφαιρα*⁴⁸.

Αν όμως φαίνεται αναπόφευκτο αυτή η τάση να συνεχιστεί, με τελικό αποτέλεσμα την συνολική τροποποίηση της φύσης και την προσαρμογή της στα μέτρα του ανθρώπου, ο παράλληλος στόχος, αυτός της ικανοποίησης των κοινωνικών και οικονομικών αναγκών της ανθρωπότητας δεν φαίνεται να ικανοποιείται. Επειδή ακριβώς οι περισσότερες καταστροφές εναντίον του περιβάλλοντος έγιναν στο όνομα της ανάπτυξης και της ευημερίας, πολλοί προχωρούν αυτό το συλλογισμό ακόμη περισσότερο: συνδέουν τα φαινόμενα της υπανάπτυξης και της πρωϊούσας εκπτώχευσης όλο και μεγαλύτερων τμημάτων του πληθυσμού της Γης με την οικολογική κρίση και την προσπάθεια επέκτασης του καπιταλιστικού τρόπου παραγωγής στο σύνολο των ανθρώπινων κοινωνιών. Έτσι δεν είναι μόνο το περιβάλλον το θύμα της ανάπτυξης αλλά και ο ίδιος ο άνθρωπος, τουλάχιστον στις μη προνομιούχες περιοχές του πλανήτη.

Η έννοια της αιφόρου ανάπτυξης ή καλύτερα της αιφορικής διαχείρισης των πόρων, είναι μια από τις δυνατές απαντήσεις στο σύγχρονο θεωρητικό και πολιτικό αδιέξοδο. Για την επίτευξή της χρειάζεται η επεξεργασία σχεδίων και στρατηγικών με γεωγραφικό προσδιορισμό και με παράμετρο το χρόνο. Χρειάζονται στρατηγικές για την διαχείριση των ζωντανών πόρων, όπως χρειάζονται στρατηγικές για την ειρήνη, τις ανισότητες, τη φτώχεια, τα ανθρώπινα δικαιώματα, την παγκόσμια οικονομική τάξη. Το δίδαγμα από την εμπειρία των τελευταίων δεκαετιών είναι ότι καμιά από τις στρατηγικές αυτές δεν μπορεί να προχωρήσει από μόνη της, χωρίς δηλαδή την διαπλοκή και την συμπόρευσή της με τις υπόλοιπες. Για το λόγο αυτό, η προσπάθεια των οργανώσεων και των διεθνών οργανισμών για την ανάπτυξη και υποστήριξη προγραμμάτων προστασίας της φύσης είναι, σε τελευταία ανάλυση, ένας αγώνας που πρέπει να τίθεται με όρους πολιτικούς, χωρίς να παραγνωρίζεται, για λόγους πρακτικούς και μεθοδολογικούς, η σχετική αυτονομία της περιβαλλοντικής επιστήμης και η επίσης σχετική ανάγκη ανεξαρτησίας των επί μέρους πολιτικών. Η γνώση της κατάστασης του περιβάλλοντος και των τάσεων που παρατηρούνται στην εξέλιξη της βιολογικής ποικιλότητας, καθώς και η συζήτηση γύρω από την καταλληλότητα των εργαλείων για την επίτευξη των στόχων της αειφορίας, αποτελούν συνεισφορά στην γενικότερη αναζήτηση μια τέτοιας πολιτικής, αλλά και αναγκαίο όρο για μια κατ' αρχήν απάντηση στο κρίσιμο ερώτημα: ύστερα από τέσσερις τουλάχιστον δεκαετίες εφαρμογής ολοκληρωμένων προγραμμάτων περιβαλλοντικής προστασίας και διαχείρισης σε παγκόσμιο, εθνικό και τοπικό επίπεδο, υπήρξαν δείγματα ανάσχεσης των τάσεων του παρελθόντος; Ή μήπως αντίθετα, παρά την επιστράτευση υλικών μέσων και ανθρώπινης προσπάθειας, η κατάσταση συνεχίζει να χειροτερεύει και μάλιστα με ρυθμούς που επιταχύνονται;

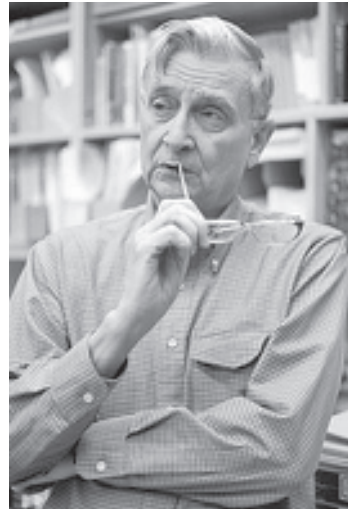
Ένας από τους μεγαλύτερους βιολόγους της εποχής μας, ο Έντουαρτ Ουίλσον γεννήθηκε στο Μπέρμινγχαμ της Αλαμπάμα το 1929. Οι μελέτες του πάνω στα «κοι-

48. Περιλαμβάνει τα φυσικά υποστρώματα και τους ζωντανούς οργανισμούς πάνω στη Γη. Αντίθετα η *τεχνόσφαιρα* περιλαμβάνει τον τεχνητό κόσμο, τα έργα των ανθρώπων.

ωνικά έντομα» και ιδιαίτερα στα μυρμήγκια τον οδήγησαν στην επεξεργασία μιας μεγάλης σύνθεσης που συνδέει την οικολογία, τη γενετική και την ηθολογία. Στο βιβλίο του «η Νέα Σύνθεση» – 1975, θεμελιώνει τον κλάδο της κοινωνιοβιολογίας και βάζει τις βάσεις για μια ολοκληρωμένη θεωρία για τη βιοποικιλότητα. Στη **συνέντευξη** που ακολουθεί και που δόθηκε στο περιοδικό *La Recherche* τον Αύγουστο του 2000, ξεκαθαρίζει αρκετά επιστημολογικά ζητήματα, ενώ συνδέει τη βιολογία με την περιβαλλοντική επιστήμη και τις επιστήμες του ανθρώπου.

Ερ. Πότε ανακαλύφθηκε ο όρος βιοποικιλότητα;

Έντουαρντ Ουίλσον. Τον αποδίδουν σε μένα αλλά έχουν άδικο. Στην πραγματικότητα προήλθε από το πρώτο Αμερικανικό φόρουμ για τη βιολογική ποικιλότητα που έγινε στην Ουάσιγκτον το 1986 από το Εθνικό Κέντρο Έρευνας (National Research Council). Ήμουν μεταξύ αυτών που το συζήτησαν. Ήμουν όμως ο πρώτος που τον χρησιμοποίησε σε έκδοση, η οποία και καθιέρωσε τον όρο. Όταν μιλάμε για βιοποικιλότητα εκείνο που μας έρχεται πρώτο στο μυαλό είναι τα είδη και πολύ λιγότερο τα γονίδια, τα άτομα ή οι πληθυσμοί. Ο καλύτερος τρόπος να ορίσεις τη βιοποικιλότητα είναι να την παρουσιάσεις ως την ποικιλομορφία που χαρακτηρίζει όλες τις μορφές της ζωής. Για τους επιστήμονες, είναι η ποικιλία των ζώντων οργανισμών στα τρία επίπεδα: τα οικοσυστήματα, τα είδη που αποτελούν τα οικοσυστήματα και τα γονίδια που βρίσκουμε σε κάθε είδος. Το γονίδιο είναι η θεμελιώδης μονάδα της φυσικής επιλογής, άρα της εξέλιξης. Όταν όμως μελετούμε τη βιοποικιλότητα στο πεδίο, τότε η πιο προσιτή οντότητα είναι το είδος. Δεν έχουμε τον χρόνο να πάμε μέχρι τα γονίδια. Και, παρά το γεγονός ότι η έννοια του είδους συναντά ορισμένες δυσκολίες, στο πεδίο δουλεύει μια χαρά: προσδιορίζει τους πληθυσμούς εκείνους των ατόμων που είναι σε θέση μεταξύ τους να αναπαράγονται.



Edward Wilson. Πηγή: Wikipedia.

Όμως η πραγματική βιοποικιλότητα βρίσκεται στο επίπεδο των γονιδίων.

Ναι, οι διαφορές μεταξύ των γονιδίων δύο ατόμων του ίδιου είδους, είναι η θεμελιώδης βιολογική διακύμανση.

Δεν υπάρχει εντούτοις μέσα στην έννοια του είδους ένα επίπεδο πολυπλοκότητας που δεν το βρίσκουμε στην έννοια του γονιδίου;

Ναι, κάθε φορά που περνάμε σε ένα ανώτερο επίπεδο οργάνωσης, παρουσιάζονται τελείως νέα φαινόμενα. Καθώς προχωράμε προς τα πάνω, από τα γονίδια μέχρι τα οικοσυστήματα, περνώντας από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ γονιδίων, τα κύτταρα, την επικοινωνία μεταξύ κυττάρων, τους οργανισμούς και εν τέλει τους πληθυσμούς, βρισκόμαστε αντιμέτωποι με καταστάσεις υπαρκτής τελείως διαφορετικές. Κάθε τέτοια

κατάσταση έχει τους δικούς της κανόνες και δεν μπορεί να γίνει κατανοητή παρά μόνο αν κοιτάξουμε το σύνολο των μονάδων που την απαρτίζουν. Με άλλα λόγια, η βιοποικιλότητα δεν είναι μόνο μια πολύ συγκεκριμένη «κατασκευή» εγγεγραμμένη ήδη μέσα στην σφαιρική θέωση του περιβάλλοντος, αλλά σηματοδοτεί και μια πολύ σημαντική τάση στην οικολογία, η οποία, εγκαταλείποντας τις αμιγώς αναγωγικές προσεγγίσεις, ψάχνει για μια σύνθεση ικανή να εκφράσει τις διαδικασίες αυτοοργάνωσης των πολύπλοκων συστημάτων. Πιστεύω ότι η τάση αυτή θα κυριαρχήσει τον 21ο αιώνα.

Έχετε γράψει: αυτό που καταλαβαίνουμε καλύτερα στην εξέλιξη έχει να κάνει κυρίως με τη γενετική. Αυτό που καταλαβαίνουμε λιγότερο έχει να κάνει με την οικολογία. Τι θέλετε να πείτε ακριβώς;

Στο πιο στοιχειώδες επίπεδο, αυτό των γονιδίων, κατανοούμε πολύ καλά τους κανόνες. Οι βιολόγοι καταλαβαίνουν επίσης αρκετά καλά ένα μεγάλο μέρος των κανόνων που διέπουν τη συμπλοκή των κυττάρων και των οργανισμών. Όταν όμως φτάνουμε στο επίπεδο των πληθυσμών και στον τρόπο που συναθροίζονται για να συγκροτήσουν οικοσυστήματα, εκεί καταλαβαίνουμε λιγότερα. Αυτό δεν είναι παράδοξο αφού το επίπεδο της πολυπλοκότητας είναι στο μέγιστο. Όσο αναβαίνουμε προς τα πάνω, τόσο πιο δύσκολο είναι να βρούμε κανόνες βάσης που να διέπουν το σύνολο των παραγόντων.

Σε πιο βαθμό η μείωση της βιοποικιλότητας είναι πραγματικά ανησυχητική; Ο πλανήτης γνώρισε κι άλλοτε καταστροφικές εξαφανίσεις.

Δεν πρέπει να υποτιμούμε τις εξαφανίσεις που έρχονται. Όλοι οι βιολόγοι που εργάζονται πάνω στη βιοποικιλότητα είναι σύμφωνοι πως, αν συνεχίσουμε να καταστρέφουμε ορισμένα τμήματα του φυσικού περιβάλλοντος, πριν από το τέλος του 21ου αιώνα θα έχουμε καταστρέψει το 50% των φυτών και των ζώων του πλανήτη. Πρόκειται λοιπόν για μια μαζική εξαφάνιση που θα συμβεί τις επόμενες δεκαετίες και μάλιστα τόσο μεγάλης κλίμακας όσο και αυτές του παρελθόντος. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων πεντακοσίων εκατομμυρίων ετών, μετά την περίοδο του Καμβρίου, η Γη γνώρισε πέντε μαζικές εξαφανίσεις στις οποίες πρέπει να προσθέσουμε και μια στην αρχή του Καμβρίου (540 εκ. χρόνια). Οι εξαφανίσεις όμως αυτές οφείλονταν σε φυσικές καταστροφές. Αυτή που έρχεται οφείλεται στη δράση ενός μόνο είδους. Η σημαντική παρατήρηση εδώ είναι πως κάθε φορά, η φυσική αποκατάσταση διαμέσου της εξέλιξης κράτησε εκατομμύρια χρόνια. Επομένως η ερώτηση είναι: ανεξάρτητα από τις πρακτικές επιπτώσεις της υποβάθμισης του πλανήτη, είναι ηθικά νόμιμο μέσα σε λίγες δεκαετίες να εξαφανίσουμε μορφές ζωής που η φύση χρειάστηκε εκατομμύρια χρόνια για να τις δημιουργήσει;

Υπερασπιζόσασταν πάντοτε την άποψη ότι υπάρχει μια σταθερή σχέση ανάμεσα στην έκταση ενός οικοσυστήματος και των αριθμό των ειδών μέσα σ' αυτό.

Ναι, αυτή η σχεδόν διαισθητική αρχή εδραιώθηκε τη δεκαετία του 60' από τον Ρόμπερτ Μακ Άρθουρ και μένα μέσα στο πλαίσιο αυτού που ονομάζουμε θεωρία της νησιωτικής βιογεωγραφίας⁴⁹. Για τους μη ειδικούς μπορεί να αποδοθεί ως εξής: ο αριθ-

49. Νησιωτική βιογεωγραφία είναι η μελέτη της κατανομής και της δυναμικής των διαφόρων ειδών στα νησιωτικά περιβάλλοντα. Λόγω της απομόνωσής τους από τα ηπειρωτικά είδη, που παρουσιάζ-

μός των ειδών που μπορούν να διατηρηθούν σε ένα νησί, για παράδειγμα, ή σε μια δεδομένη έκταση του τροπικού δάσους, χοντρικά αυξάνει ως συνάρτηση της επιφάνειας με λογαριθμικό τρόπο. Αν δηλαδή δεκαπλασιάσουμε την επιφάνεια ενός ενδιαιτήματος, τότε θα διπλασιαστεί ο αριθμός των ειδών που μπορεί να διατηρήσει. Ο κανόνας δουλεύει και αντίστροφα: αν μειώσουμε στο 10% την αρχική επιφάνεια, πράγμα που ήδη γίνεται στα τροπικά δάση, τότε βρισκόμαστε ένα βήμα πριν από την εξαφάνιση του μισού και πλέον των ειδών που υπάρχουν στην επιφάνεια αυτή – ίσως ακόμη και των μικροοργανισμών. Αυτό έχει επαληθευθεί πολλές φορές στην πράξη.

Σύμφωνα με δικά σας στοιχεία, τα τελευταία 2000 χρόνια έχει εξαφανιστεί το 1/5 των ειδών, ενώ σήμερα, των 11% των 9400 ειδών που έχουν απογραφεί βρίσκονται σε κίνδυνο. Ας υποθέσουμε ότι αυτό το 11% εξαφανίζεται και ότι σταματάμε εδώ...

Μα δεν θα σταματήσουμε! Όλα δείχνουν το αντίθετο. Το μικρόβιο εξαπλώνεται. Αν κοιτάξουμε τη λίστα της IUCN βλέπουμε πως μέσα σε μια μικρή χρονική περίοδο πολλά είδη γίνονται ευπαθή και περνούν από την κατηγορία «σταθερά» στην κατηγορία «ευπρόσβλητα» και από κει «κινδυνεύοντα», κατόπιν σε «κρίσιμη» κατάσταση και τέλος «εξαφανισμένα». Το ρεύμα αυτό επιταχύνεται. Δεν έχουμε τον τρόπο να μετρήσουμε αυτή την επιτάχυνση, αλλά ξέρουμε χρησιμοποιώντας τρεις ανεξάρτητες μεθοδολογίες, ότι ο ρυθμός εξαφάνισης είναι τουλάχιστον εκατό φορές, πιθανώς χίλιες φορές και ίσως δέκα χιλιάδες φορές μεγαλύτερος απ' αυτόν που είχαμε πριν την εμφάνιση των ανθρώπων. Μπορούμε μάλιστα σήμερα, στο βαθμό που διαθέτουμε τα δεδομένα (ενδιαίτημα, μέγεθος πληθυσμού κτλ.) να προβλέψουμε και την πιθανότητα ενός είδους να εξαφανιστεί τα επόμενα δέκα ή είκοσι χρόνια.

Από πιο σημείο και μετά εκτιμούμε ότι ένα οικοσύστημα απειλείται εξαιτίας της μείωσης του αριθμού των ειδών που περιέχει;

Ξέρουμε ότι όσα περισσότερα είδη περιέχει ένα οικοσύστημα, τόσο πιο παραγωγικό και σταθερό είναι και τόσο πιο γρήγορα ανακάμπτει μετά από ξηρασία ή μια θύελλα για παράδειγμα. Αλλά το κρίσιμο ερώτημα «πού βρίσκεται το σημείο καμψής ύστερα από το οποίο το σύστημα καταρρέει», παραμένει ανοικτό. Ξέρουμε μόνο, από μεμονωμένα παραδείγματα, ότι υπάρχουν είδη κλειδιά, είδη των οποίων η εξαφάνιση ή αντίθετα η εισαγωγή (ξενικά) μπορεί να προκαλέσει μια μέγιστη διαταραχή στο περιβάλλον. Το κλασικό παράδειγμα είναι η θαλάσσια βίδρα της οποίας η εξαφάνιση από τις δυτικές ακτές της βόρειας Αμερικής, προκάλεσε τη δημογραφική έκρηξη των αχιών και, ταυτόχρονα, την υποχώρηση των οικοσυστημάτων από παράκτια φύκη. Όμως, είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβλέψουμε ποια είναι τα είδη κλειδιά σε κάθε περίπτωση.

Η μείωση της βιοποικιλότητας κινδυνεύει να αποσταθεροποιήσει τα οικοσυστήματα, και ίσως το πλανητικό οικοσύστημα. Όμως επιμένετε πολύ σε ένα άλλο επιχείρημα, στην απώλεια της πληροφορίας. Ποιο από τα δύο είναι σημαντικότερο;

Σίγουρα η απώλεια της πληροφορίας. Η μέση διάρκεια ζωής ενός είδους είναι ένα εκα-

ζουν μεγαλύτερη εξάπλωση, τα είδη των απομακρυσμένων νησιών προσφέρουν εξαιρετικές ευκαιρίες για την εμφάνιση νέων μορφών, αλλά ταυτοχρόνως αποτελούν και εστίες εξαφάνισης τους.

τομύριο χρόνια. Κάθε είδος είναι μια βιβλιοθήκη πληροφοριών που αποκτήθηκαν διαμέσου της εξέλιξης κατά τη διάρκεια εκατοντάδων χιλιάδων ή και εκατομμυρίων χρόνων. Είναι σαν να καίμε ολόκληρες βιβλιοθήκες. Επομένως, αν σήμερα ο κόσμος έχει κάποια ιδέα για το είδος της αποσταθεροποίησης που προκαλεί η απώλεια των ειδών (μείωση της παραγωγικότητας, μειωμένη σταθερότητα, κλιματικές αλλαγές κτλ.) ξέρεi πολύ λίγα πράγματα για την αξία που αντιπροσωπεύει για την ανθρωπότητα η απώλεια αυτής της πληροφορίας. Είναι μια πτυχή που δεν έχει τονιστεί, όμως πιστεύω πως γρήγορα οι ΜΚΟ θα ρίξουν κι εκεί το βάρος τους.

Αν ήσασταν υπεύθυνος για την οργάνωση του αγώνα εναντίον της μείωσης της βιοποικιλότητας σε παγκόσμιο επίπεδο, ποιες θα ήταν οι προτεραιότητές σας;

Πρέπει να δημιουργήσουμε μια συμμαχία ανάμεσα στους οικονομικούς υπεύθυνους και τους ειδικούς στα θέματα διατήρησης. Θα προωθούσα για παράδειγμα μελέτες πάνω στις μέχρι τώρα πολιτικές με συνδυασμό βασικών επιστημών, οικονομίας και κοινωνικών επιστημών για να αντιμετωπίσω ταυτόχρονα και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και το πρόβλημα της φτώχειας. Σε ότι αφορά τις μελέτες πάνω στη βιοποικιλότητα, οι διαθέσιμες τεχνολογίες επιτρέπουν να ελπίζουμε σε μια θεαματική επιτάχυνση των εργασιών ανίχνευσης και καταγραφής της πραγματικότητας. Το διαδίκτυο, η ψηφιοποίηση των εικόνων, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών⁵⁰ κτλ. μας επιτρέπουν να ελπίζουμε σε μια πραγματική επανάσταση στη μελέτη των συστημάτων. Αυτές οι τεχνολογίες είναι πολύ χρήσιμες αν θέλουμε να σχεδιάσουμε τη δημιουργία καταφυγίων εστιάζοντας ειδικά σε αυτό που αποκαλούμε «θερμές κηλίδες» όπου ένα μεγάλο μέρος της παγκόσμιας βιοποικιλότητας βρίσκεται σε κίνδυνο. Παράλληλα θα πρέπει να βαθύνουμε την έρευνα πάνω στην παραγωγικότητα της γεωργίας και τα φυσικά προϊόντα, διαμορφώνοντας σχέδια σε επίπεδο περιφέρειας. Για να λέμε την αλήθεια, αυτές οι δράσεις έχουν ήδη ξεκινήσει, όμως σε ανεπαρκή κλίμακα.

Έχετε γράψει «πρέπει να δραματοποιήσουμε αυτά τα θέματα». Πρέπει να υπερβάλλουμε;

Δραματοποίηση δεν σημαίνει αναγκαστικά παραποίηση της πραγματικότητας. Πολλές φορές η ωμή αλήθεια είναι από μόνη της αρκετά δραματική. Δεν είναι υπερβολή να πούμε πως η παρούσα κρίση της βιοποικιλότητας έχει διαστάσεις αποκαλυπτικές.

Στο βιβλίο σας «Consilience» επικαλείστε την θεμελιώδη αρχή της ηθικής. Πως εφαρμόζετε αυτή η αρχή στην περίπτωση της βιοποικιλότητας;

Παρόλο που το ανθρώπινο είδος αποτελείται από άτομα που διατηρούν την ανεξαρτησία τους σε ότι αφορά στην αναπαραγωγή, στο κοινωνικό επίπεδο γνώρισε μια εξαιρετική επιτυχία με διακανονισμούς διαδραστικού τύπου μακράς διάρκειας. Είναι αυτό που αποκαλούμε ηθική. Τα ηθικά επιχειρήματα είναι η βάση της κοινωνικής ζωής των ανθρώπων. Στο ζήτημα της βιοποικιλότητας, η ηθική μας απορρίπτει την προοπτική να αφήσουμε τα υπόλοιπα είδη να εξαφανιστούν από ολιγωρία ή απλώς αδιαφορία. Υπάρχουν λοιπόν όλοι οι λόγοι ώστε να πούμε πως η διατήρηση της βιοποικιλότητας είναι μια καθαρή ηθική αρχή.

50. Ο αγγλικός όρος είναι Geographic Information Systems, GIS.

Αδιάφρεστοι μάρτυρες

Απειλείται πράγματι η ζωή στη Γη; Το ερώτημα είναι πολύ γενικό και δεν διευκολύνει την απάντηση. Εκείνο όμως που πράγματι απειλείται είναι η ποικιλία των ειδών και οι αριθμοί των πληθυσμών τους. Αυτό δηλαδή που ονομάζουμε βιοποικιλότητα. Το 1996, η Παγκόσμια Ένωση για την Διατήρηση της Φύσης (IUCN) έδωσε στη δημοσιότητα την πληρέστερη μέχρι τότε και πιο τεκμηριωμένη επιστημονικά λίστα για την κατάσταση των απειλούμενων ειδών (γνωστή ως Red List). Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της IUCN, το 25% των ειδών των σπονδυλωτών που είναι γνωστά στον πλανήτη, είτε βρίσκονται σε μια έντονα καθοδική πορεία, είτε έχουν περιοριστεί σε μικρούς πληθυσμούς, είτε απειλούνται με εξαφάνιση. Τα πιο γνωστά και καλύτερα μελετημένα σπονδυλωτά (το σύνολο των οποίων αριθμεί περί τα 50.000 είδη) είναι τα πουλιά και τα θηλαστικά, από τα οποία το 10% και το 25% αντίστοιχα απειλούνται με εξαφάνιση. Ακόμη, το 20% από τα ερπετά και τα αμφίβια και το 1/3 των ψαριών κατατάσσονται στα κινδυνεύοντα.

Γενικότερα μιλώντας, **εκείνα εκ των σπονδυλωτών που έχουν μεγαλύτερο μέγεθος, υποχωρούν γρηγορότερα υπό το βάρος των δυσμενών περιβαλλοντικών πιέσεων, σε σχέση με τα πιο μικρόσωμα είδη.** Ο λόγος είναι ότι τα μεγάλα θηλαστικά χρειάζονται πολύ μεγαλύτερες αδιατάρακτες εκτάσεις ως ενδιαιτήματα, ενώ ταυτόχρονα είναι πιο ορατά στους κυνηγούς και θηρευτές τους, με πρώτο και καλύτερο τον άνθρωπο. Από την άποψη αυτή, τα σπονδυλωτά αποτελούν έναν ασφαλή δείκτη για την (ανθρωπογενούς προέλευσης) περιβαλλοντική υποβάθμιση και είναι σίγουρο πως μπορούν να οδηγήσουν σε συμπεράσματα και για την τύχη της μικροπανίδας που συνήθως διαφεύγει της προσοχής μας ή δεν είναι αντικείμενο τόσο συστηματικής μελέτης όσο τα ανώτερα (από την άποψη της θέσης τους στην τροφική πυραμίδα) είδη.

Για παράδειγμα, οικολογικές μελέτες στο Ευρωπαϊκό χώρο έδειξαν πως ένα μικρό ωδικό πουλί που ζει σε ρέματα, ο νεροκότσουφας, είναι ένας πολύ καλός δείκτης της καθαρότητας των νερών, γιατί τρέφεται με τις προνύμφες ενός εντόμου που φωλιάζει στο βυθό και εξαφανίζεται όταν τα νερά είναι ρυπασμένα. Η εξαφάνιση του νεροκότσουφα και του θηράματός του, μπορεί να προκληθεί και από την αλλαγή του pH λόγω της όξινης βροχής ή λόγω της αντικατάστασης αυτόχθονων φυλλοβόλων δασών με φυτείες πεύκων (τα κωνοφόρα συντελούν στην οξίνιση των εδαφών λόγω της ρητίνης που αποβάλλουν). Κάτι αντίστοιχο συνέβη με τον δρυοκολάπη που βρίσκει αποκλειστικά την τροφή του στα έντομα που φωλιάζουν στις φλούδες των δέντρων. Καθώς τα αρχέγονα δάση υποχωρούν, λιγοστεύει η τροφή του δρυοκολάπη και σιγά-σιγά υποχωρεί κι αυτός. Ένα μάλιστα από τα έντομα που αποτελούσαν την τροφή του, το κολεόπτερο *Rhysodes sulcatus*, ήταν άλλοτε αρκετά διαδεδομένο σε ολόκληρη την Ευρώπη. Η τύχη του όμως συνδέθηκε με την υποχώρηση των αρχέγονων δασών (αυτά που δεν βόσκονται και δεν υλοτομούνται) από το Βορρά προς το Νότο. Οι αρχαιολογικές έρευνες έδειξαν ότι πριν από 3.000 χρόνια ανενόχλητο μέχρι και τις ακτές της Νότιας Αγγλίας. Ως τις αρχές του 19ου αιώνα επιβίωνε ακόμη στα δάση της Σκανδιναβίας, ενώ ως και τις αρχές του 20ου το συναντάμε στα ορεινά της Κεντρικής Ευρώπης. Σήμερα, το έντομο αυτό υπάρχει μόνο στα Πυρηναία και στην οροσειρά της Ροδόπης σε πολύ μικρούς πληθυσμούς. Αρκετά άλλα είδη πουλιών χρησιμεύουν ως δείκτες της κατάστασης του περιβάλλοντος και των απειλών που αυτό δέχεται

συμπεριλαμβανομένων ορισμένων μεταδοτικών ασθενειών, διαφόρων μορφών χημικής ρύπανσης ή του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Μεταξύ των ορνιθολόγων που τις τελευταίες δεκαετίες παρακολουθούν συστηματικά τις μεταβολές των πληθυσμών των πουλιών υπάρχει σχεδόν απόλυτη ομοφωνία ότι οι ανθρωπογενείς παράγοντες ευθύνονται για το 99% των κινδύνων που απειλούν τα ευάλωτα είδη. Για τα πουλιά, οι κίνδυνοι είναι συνεχώς ανοδικοί. Τουλάχιστον 128 είδη εξαφανίστηκαν τα τελευταία 500 χρόνια. Αρκετές δεκάδες από αυτά έσβησαν από το χάρτη της ζωής τον αιώνα που μας πέρασε. Στα νησιά, οι ανθρωπογενείς εξαφανίσεις άρχισαν πολύ νωρίς. Ήδη, πριν ακόμη την εποχή των μεγάλων ανακαλύψεων και της αποικιοκρατίας, στα νησιά του Ειρηνικού, 2.000 ενδημικά είδη είχαν εκτοπισθεί από τους αυτόχθονες κατοίκους.

Τα καλά νέα: είδη που ανακάμπτουν

Εκτός από τις εξαφανίσεις και τα είδη που κινδυνεύουν, υπάρχουν ευτυχώς και τα αντίθετα παραδείγματα. Στα περισσότερα, επαληθεύονται οι υποθέσεις για τις ανθρωπογενείς αιτίες καθώς και για το πώς μπορούν τα απειλούμενα είδη να ανακάμψουν.

Στις αρχές της δεκαετίας του 60, ένα είδος χήνας (*Branta Canadensis leucopareia*) στα Αλεούτια νησιά (Αλάσκα) μετρούσε μόλις 800 άτομα. Σήμερα ο πληθυσμός τους φτάνει τα 15.000. Στην ανατροπή της καθοδικής πορείας του είδους συνέβαλαν δύο παράγοντες: απομακρύνθηκαν οι αλεπούδες που είχαν εισαχθεί στην περιοχή και οι οποίες είχαν αποδεκάτισει τα αυγά στις φωλιές, και δεύτερον, τα χορτολίβαδα επανήλθαν στη φυσική τους κατάσταση αφού περιορίστηκαν τα ξενικά είδη. Έτσι, με την αφαίρεση ενός θηρευτή και τη βελτίωση της τροφής, τα εδραία αυτά πουλιά κατάφεραν να βελτιώσουν σημαντικά το δυναμικό τους.

Ο πετρίτης (*Falco peregrinus*) είναι είδος κοινό στην Ευρώπη και στην Ελλάδα. Οι πληθυσμοί του άρχισαν να μειώνονται σταδιακά μετά τον πόλεμο, όταν εισήχθησαν τα φυτοφάρμακα και κυρίως το DDT. Διαμέσου της τροφικής αλυσίδας, τα φυτοφάρμακα κατέληγαν στο σώμα των πουλιών και επηρέασαν τον αναπαραγωγικό τους κύκλο. Στη δεκαετία του 60 ο πληθυσμός τους είχε πέσει στο μισό. Στη συνέχεια, και αφού το DDT σταδιακά απαγορεύτηκε, οι αριθμοί άρχισαν την ανοδική τους πορεία για να φτάσουν σήμερα στο 80% του δυναμικού που είχαν πριν από τον πόλεμο.

Μερικά ακόμη παραδείγματα: Οι θαλάσσιοι ελέφαντες που είχαν μείνει μερικές δεκάδες το 1900, τώρα αριθμούν εκατοντάδες χιλιάδες. Η θαλάσσια βίδρα, από μερικές εκατοντάδες άτομα τον 19ο αιώνα, έφτασε τα 10.000. Εξαιτίας της απαγόρευσης του DDT πολλά είδη πουλιών μεταξύ των οποίων ο μαυροπελεκάνος και ο αργυροπελεκάνος, ο φαλακραιτός και ο ψαραετός άρχισαν να ανακάμπτουν. Ο περιορισμός της φαινοθηρίας πολλαπλασίασε τους πληθυσμούς της γαλάζιας φάλαινας και της γκριζοφάλαινας. Η τελευταία βρισκόταν στα πρόθυρα της εξαφάνισης.

Όμως, η μονοδιάστατη εστίαση στο πρόβλημα των εξαφανίσεων λείπει ένα μόνο μέρος της αλήθειας. Από μια γενικότερη οικολογική οπτική, η εξαφάνιση είναι το τελευταίο στάδιο από μια σπειροειδή διαδικασία υποβάθμισης, ρύπανσης, καταστροφής των βιοτόπων και αλλαγής χρήσεων των εδαφών. Τα περισσότερα είδη παύουν να αποτελούν οργανικά μέλη των οικοσυστημάτων τους πολύ πριν καταγραφούμε και την ολοκληρωτική τους έκλειψη. Όπως μάλιστα συνάγεται από τα διάφορα προγράμ-

Ένα πουλί που δεν μπορεί χωρίς τον άνθρωπο

Είναι γνωστό ότι οι άνθρωποι ανταγωνίζονται τη φύση και τα υπόλοιπα είδη, αλλά καμιά φορά η συνύπαρξη είναι επωφελής και για τις δύο πλευρές. Στην Αφρική για παράδειγμα, τα φυτά και τα ζώα έχουν μια μακρά ιστορία συνεξέλιξης με την ανθρώπινη ιστορία. Θα μπορούσαμε μάλιστα να πούμε ότι ορισμένα είδη αποκαλύπτουν προσαρμογές που απορρέουν από φυσική επιλογή η οποία οφείλεται στον άνθρωπο και έκτοτε εξαρτώνται από την παρουσία των ανθρώπων. Μια τέτοια περίπτωση είναι ο «μανρολαίμης» *Indicator indicator*, ένα μικρό πουλί που τρέφεται με τις προνύμφες των μελισσών και το κερί από τις κατεστραμμένες κυψέλες. Καθώς μάλιστα έχει ένα ιδιαίτερο κελάηδισμα, αναγνωρίσιμο στους κατοίκους των περιοχών στις οποίες ζει, μπορεί να συνεννοηθεί με τους ανθρώπους και να τους οδηγήσει σε μια κυψέλη πετώντας από δέντρο σε δέντρο. Η ανταμοιβή του είναι η εγκαταλελειμμένη κυψέλη και το περιεχόμενό της, μετά την απομάκρυνση του συλλέκτη. Μελετητές που παρακολούθησαν τη συμπεριφορά του πουλιού, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ακόμη κι αν ορισμένα άλλα ζώα, όπως το κουνάβι, μπορούν να απαντήσουν στο κελάηδισμα σε μια προσπάθεια να το παρασύρουν σε παγίδα, αυτό ανταποκρίνεται μόνο στο κάλεσμα του ανθρώπου καθώς «ξέρει» πως μόνο αυτό μπορεί να συνεργαστεί μαζί του για το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η απαγόρευση της ανθρώπινης παρουσίας στις προστατευόμενες περιοχές και το σταμάτημα της συλλογής του άγριου μελιού, έχουν ήδη προδιαγράψει την τύχη του μανρολαίμη, εκτός κι αν μπορέσει να βρει άλλους συνεργάτες στις νέες συνθήκες, πράγμα σχεδόν απίθανο.

ματα διαχείρισης, η προστασία και η διατήρηση των ειδών και των οικοσυστημάτων είναι πολύ πιο αποδοτική υπόθεση από την επανεισαγωγή των ειδών ή την προσπάθεια της εκ των υστέρων αποκατάστασης. Ας δούμε όμως την ιστορία από την αρχή. Από κει δηλαδή που ο άνθρωπος αρχίζει να κάνει αισθητή την παρουσία του και να ανταγωνίζεται τη φύση.

Οι εξαφανίσεις του Πλειστοκαίνου

Εδώ και 11.000 περίπου χρόνια, στο τέλος του Πλειστοκαίνου περιόδου, ένας μεγάλος αριθμός ζώων που είχαν εποίκισι διάφορες περιοχές της Γης, οδηγούνται σε εξαφάνιση. Το 1960, ο Πωλ Μάρτιν, ένας παλαιοντολόγος που ερευνούσε τον αποικισμό της βόρειας Αμερικής, εισάγει τη θεωρία ότι ο υπεύθυνος για την καταστροφή αυτή είναι ο άνθρωπος. Γράφει χαρακτηριστικά: «όλη αυτή η επιχείρηση που καταλήγει στην εικόνα ενός “ευγενούς αγρίου” τέκνου της φύσης που ζει σ’ έναν αδιάτακτο κήπο της Εδέμ, μέχρι την ανακάλυψη του Νέου Κόσμου από τους Ευρωπαίους, είναι ένας μύθος. Ο αποδεκατισμός της πανίδας, αν όχι και των ενδιαιτημάτων ήταν απείρως μεγαλύτερος απ’ ότι στην μετά τον Κολόμβο εποχή».

Δεν είναι καθόλου παράξενο ότι οι «αποκαλύψεις» του Μάρτιν βρίσκουν μεγάλη ανταπόκριση στον συντηρητικό τύπο που αρπάζει την ευκαιρία να αποδόσει την

ευαισθησία των σύγχρονων Αμερικανών για το περιβάλλον, στις τύψεις τους για τις μεγάλες αμαρτίες των προγόνων τους. Οι απόψεις του Μάρτιν ήταν δημοφιλείς για μια τουλάχιστον 30ετία. Σήμερα βρίσκονται σε αναθεώρηση.

Κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου, ο Βερίγγειος πορθμός ενώνει και αποκόπτει διαδοχικά τη βόρεια Αμερική από την Ασία. Στις ψυχρές περιόδους, οι πάγοι υπερτερούν, χαμηλώνει το επίπεδο της θάλασσας και δημιουργούνται εκτεταμένα περάσματα. Αυτό επιτρέπει την μετανάστευση ζώων και ανθρώπων σε μεγάλα, σχεδόν κοσμογονικά κύματα. Η βιογεωγραφία της περιοχής αλλάζει. Αλλάζει όμως και η βλάστηση. Στο τέλος του Πλειστοκαίνου, οι υγρότερες και θερμές συνθήκες ευνοούν το γρήγορο σχηματισμό τύρφης και εκτεταμένων δασών σημύδας στο Βερίγγειο. Καθώς προχωράμε προς το Νότο, διαμορφώνεται ένα μωσαϊκό από διαφορετικά περιβάλλοντα και είδη, με εντυπωσιακότερο αυτό της ανάπτυξης εκτεταμένων λιβαδιών



Αναπαράσταση γλυπτόδοντου από σκελετούς που βρέθηκαν σε απολιθώματα. Το μήκος του ήταν 3-4 μέτρα και έζησε κυρίως στη Βόρειο Αμερική την εποχή του Μειοκαίνου (20-5 εκ. χρόνια πριν).

με πυκνή βλάστηση όπου βρίσκουν τροφή και καταφύγιο μαμούθ, άλογα, και βίσσωνες, αλλά και γλυπτόδοντα όπως τα τεράστια *pampatheres* (σύγχρονοι απόγονοί τους τα πολύ μικρότερα *armadillo*) που δεν μοιάζουν με κανένα από τα σημερινά ζώα της Σαβάνας. Αυτά συμπληρώνονται με μια μεγάλη ποικιλία από μικρότερα ζώα (ερπετά, τρωκτικά και πτηνά) άλλα γνωστά και άλλα εξωτικά και παράξενα. Όλα αυτά εξαφανίστηκαν.

Την ίδια τύχη είχαν και πολλά φυτοφάγα όπως η μονοκάμπουρη καμήλα, τα γεροδεμένα μήκους δύο μέτρων *carybaras*, οι τάπιροι των 300 κιλών, οι γιγάντιοι κάστορες, οι τετρακέρατες αντιλόπες και τα ελάφια με τα πολύχρωμα κέρατα. Χάθηκαν επίσης πολλά σαρκοβόρα μεταξύ των οποίων ένας φοβερός λύκος με μεγάλο κεφάλι και δυνατά σαγόνια που τον έκαναν να μοιάζει με ύαινα, μεγαλόσωμες αρκούδες 800 κιλών – που παρά το βάρος τους ήταν ευκίνητες και δεινοί κολυμβητές – και αγριόγατες με πριονωτά, δόντια ικανές να καταβροχθίσουν ακόμα και νεαρά μαστόδοντα.

Όλα χάθηκαν μέσα σε διάστημα 1.000 περίπου χρόνων. Την ίδια εποχή, οι παλαιοϊνδιάνοι, πρόγονοι των σημερινών, που δεν ξεπερνούσαν τις 100.000, ήταν διασκορπισμένοι σε όλη τη βορειο-αμερικανική ήπειρο, είχαν εξελιγμένα όπλα και ήταν εξαιρετικοί κυνηγοί. Όπως υποστηρίζει ο Μάρτιν, πρέπει σε διάστημα 300 περίπου χρόνων να σκότωσαν πάνω από 10.000.000 μεγάλα ζώα (της μεγα-πανίδας) και πολύ περισσότερα μικρά. Πολλές φορές, και εξαιτίας της αδυναμίας τους να συντηρήσουν το κρέας, κατανάλωναν ένα μόνο μέρος της θηρευόμενης ποσότητας, με αποτέλεσμα βέβαια μια πρωτόγνωρη για τα δικά μας δεδομένα σπατάλη. Σύμφωνα πά-

ντα με την ίδια θεωρία, η ευκολία με την οποία οι παλαιοϊνδιάνοι κατάφεραν να εξοτρώσουν ένα τόσο μεγάλο αριθμό ζώων δεν οφείλεται τόσο στην ικανότητά τους, όσο στην μη-ανάπτυξη μηχανισμών άμυνας από τη μεριά των ζώων για τα οποία ο άνθρωπος – θηρευτής ήταν κάτι άγνωστο, που, όταν το συνειδητοποίησαν, ήταν πια αργά⁵¹.

Η θεωρία του Μάρτιν, όσο κι αν ήταν δημοφιλής – και σε ένα βαθμό συνεχίζει να είναι – στο ευρύ κοινό και σε ορισμένα μέσα ενημέρωσης, έχει πολλές αδυναμίες. Πρώτον και παρά την πρόοδο της παλαιοντολογίας και τα πολυάριθμα ευρήματα, δεν γνωρίζουμε αρκετά για τις συνθήκες των ανθρώπων της εποχής, το διατροφικό τους καθεστώς και τη σχέση τους με την άγρια, απέραντη και παρθένα φύση την οποία «ξαφνικά» ανακάλυψαν. Δεύτερον, διότι δεν εξαφανίστηκαν μόνο τα μεγάλα θηλαστικά – τα οποία θα μπορούσε να πει κανείς ότι λόγω του όγκου τους ήταν και τα πιο ευάλωτα – αλλά και πολύ μικρότερα ζώα, ανάμεσα στα οποία και πολλά πουλιά και μάλιστα στο ίδιο ποσοστό. Αν και οι αριθμοί δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένοι, πρέπει να εξαφανίστηκαν 35 γένη θηλαστικών και 15 γένη πουλιών. Τα είδη είναι προφανώς πολύ περισσότερα.

Σήμερα οι παλαιοντολόγοι, χωρίς να υποτιμούν τη συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα, πιστεύουν πως η κυριότερη αιτία της πλειστοκαινικής εξαφάνισης, ήταν οι κλιματικές αλλαγές. Μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα, οι θερμοκρασίες είχαν μια αύξηση της τάξεως των 10° C και οι ξηρασίες διαδέχονταν η μία την άλλη. Ταυτόχρονα αυξήθηκαν και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι χειμώνες ήταν ψυχρότεροι και θερμότερα τα καλοκαίρια. Ολόκληρα οικοσυστήματα άλλαξαν δραματικά. Στις άνω μεσο-δυτικές περιοχές της βορειο-αμερικανικής ηπείρου τα δάση της ερυθρελάτης έδωσαν τη θέση τους σε εκτεταμένα κωνοφόρα εν μια σχεδόν νυκτί (σε γεωολογικό χρόνο). Για τα ζώα που είχαν στενή σχέση με τις αρктиκές δασικές διαπλάσεις (associations) όπως τα μαστόδοντα, οι μεταβολές αυτές ήταν μοιραίες. Για άλλα ζώα η τροφή γινόταν συνεχώς λιγότερη. Για πολλά τέλος φυτοφάγα, η βλάστηση γινόταν όλο και πιο δύσπεπτη και ακατάλληλη για το σύστημα του μεταβολισμού τους – πολλές φορές και τοξική. Όλα αυτά, μαζί με τις μη ευέλικτες στρατηγικές διατροφής, την υπερεξειδίκευση, τις εξαρτήσεις και τον ανταγωνισμό των ειδών, επηρέασαν εν τέλει και τον αναπαραγωγικό κύκλο με αποτέλεσμα οι πληθυσμοί να οδηγηθούν σε κατάρρευση. Σε κάθε όμως περίπτωση, ο καθοριστικός παράγοντας, όπως άλλωστε και στις προηγούμενες εξαφανίσεις – και βεβαίως αυτές του Πλειστοκαίνου – ήταν το κλίμα.

Είναι επομένως πολύ πιθανό και εξαιρετικά εύλογο να υποθέσουμε ότι, μέσα σ' αυτές τις συνθήκες τα ζώα εξασθενημένα από τους αντίξοους κλιματικούς παράγοντες να έπεσαν πιο εύκολα θύματα της κυνηγετικής δεινότητας των ανθρώπων του Πλειστοκαίνου. Αυτό άλλωστε ενισχύεται και από το γεγονός ότι παρόμοιες εξαφανίσεις έγιναν και σε άλλες πιο μακρινές περιοχές, όπως τα νησιά της Χαβάης. Βέβαια, στα νησιωτικά συστήματα οι ιθαγενείς ήταν πιο εφευρετικοί και μπορούμε να πούμε ότι «έφτιαξαν το περιβάλλον στα μέτρα τους»: αποψίλωσαν μεγάλες εκτάσεις με τη φωτιά, εξέτρεψαν ρέματα για πότισμα, αντικατέστησαν παράκτια δάση με καλλιέργειες, μετέτρεψαν υγροτόπους σε ιχθυοτροφεία. Επιπλέον εισήγαγαν νέα οικόσιτα ζώα όπως τους σκύλους, τα γουρούνια, τα κοτόπουλα και – αναπόφευκτα – τα ποντίκια που ταξίδεψαν ως λαθρεπιβάτες στα κανό των ναυσιπλόων. Ως αποτέλεσμα

51. Επ' αυτού συνιστώ το «*The Ecological Indian: Myth and history*», 2000 του Shepard Krech.

της εισαγωγής των ξενικών αυτών ειδών, πολλά είδη, κυρίως πουλιών, εξαφανίστηκαν. Στη μακρινή Μαδαγασκάρη, την ίδια εποχή, μεγάλα μη πετούμενα πουλιά όπως το διάσημο *dodo*⁵², γιγάντιες χελώνες, ιπποπόταμοι και περισσότερα από 15 είδη πιθηκοειδών πέρασαν στην ιστορία της εξέλιξης. Και στις περιπτώσεις όμως αυτές, αν και η συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα ήταν καθοριστική, δεν παύει να ήταν δευτερεύουσας σημασίας σε σχέση με την αλλαγή του κλίματος.

Η απώλεια των ενδιαιτημάτων

Όπως είδαμε, οι μεγάλες εξαφανίσεις των προηγούμενων γεωλογικών εποχών, συνδέονταν κυρίως με το κλίμα ή και με εντατικές ανθρώπινες πρακτικές (όπως συνέβη σε πολλά νησιωτικά συστήματα ή ακόμη και σε περιοχές λίαν αποτελεσματικών κυνηγών – π.χ. Ινδιάνοι της βόρειας Αμερικής). Σήμερα όμως, η μεγαλύτερη απειλή για την βιοποικιλότητα είναι η απώλεια των ενδιαιτημάτων (*habitats*). Η απώλεια αυτή μπορεί να πάρει πολλές μορφές. Για παράδειγμα, είναι γνωστό πως η εξέλιξη της γεωργίας, της κτηνοτροφίας και των οικισμών έγινε σε βάρος των αρχέγονων δασών του πλανήτη, σε ποσοστό που φτάνει το 50%. Μεταξύ του 1960 και 1990, περίπου 4.5 εκ. τετρ. χλμ. τροπικών δασών (περίπου το 20% της συνολικής έκτασης) κόπηκαν ή κάηκαν. Οι σημαντικές εκτιμήσεις για την αποδάσωση ποικίλουν από 50-170.000 τετρ. χλμ. το χρόνο. Οι απώλειες αυτές αφορούν και θέτουν σε κίνδυνο περίπου 1.000 είδη πτηνών, το 85% του συνόλου των απειλούμενων.

Βέβαια, αρκετοί δασοπόνοι υπερηφανεύονται – και έχουν δίκιο – για τις επιτυχίες μεγάλων προγραμμάτων αναδάσωσης σε εύκρατες κυρίως περιοχές. Τις τελευταίες δεκαετίες, τέτοια πετυχημένα παραδείγματα υπάρχουν σε πολλές χώρες της (βόρειας) κυρίως Ευρώπης, των ΗΠΑ και της Κίνας. Προφανώς, η αύξηση αυτή της δασοκάλυψης έχει ευεργετική επίδραση στο ισοζύγιο της φύσης, όμως οι εικόνες των δορυφόρων, δυστυχώς, δεν μπορούν να μας δώσουν πληροφορίες για το αν τα νέα αυτά δάση έχουν τα ποιοτικά εκείνα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για την αντίστοιχη αύξηση της βιοποικιλότητας. Για παράδειγμα, στις νοτιο- ανατολικές περιοχές των ΗΠΑ κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 90', μεγάλες εκτάσεις φυσικών δασών αποψιλώθηκαν για τις ανάγκες των 150 περίπου βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου. Στη θέση τους φυτεύτηκαν σχεδόν αντίστοιχες εκτάσεις με νεαρά δέντρα που είχαν όλα την ίδια ηλικία και σε κανονική διάταξη. Μπορεί οι νέες αυτές φυτείες να διορθώνουν τα ποσοστά από τις απώλειες της δασοκάλυψης σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο, όμως είναι εξαιρετικά αμφίβολο αν μπορούν να επαναφέρουν τη ζωή στο σύνολό της. Για πολλά ζώα, αυτή η απλουστευμένη φύση με χαρακτηριστικά μονοκαλλιέργειας, δεν μπορεί να υποκαταστήσει το ρόλο και τις λειτουργίες του παλιού δάσους, με τη μεγάλη ποικιλία από μικρά και μεγάλα δέντρα, όρθια και πεθαμένα, φυλλοβόλα και αιειθαλή. Στην παραπάνω διαπίστωση κατέληξαν και συγκεκριμένες μελέτες, μία εκ των οποίων, αφού παρακολούθησε για χρόνια την εξέλιξη του πληθυσμού του «αγριόγαλου» σε δάση της Φινλανδίας με εντατική ξύλευση, βρήκε πως ο πληθυσμός μειωνόταν καθώς οι ξυλοκόποι απομάκρυναν από το δάσος τα παλιά και πεθαμένα δέντρα.

52. Δες: David Quammen, *The Song of Dodo, Islands Biogeography in Age of Extinctions*, Simmons & Schuster, 1997.

Η πιτσιλωτή κουκουβάγια και οι θέσεις εργασίας

Αν βρισκόταν κανείς στην Πολιτεία του Όρεγκον (ΗΠΑ) στη δεκαετία του 80' θα έβλεπε συνθήματα όπως «μη δολοφονείτε τα δάση μας» αλλά και συνθήματα όπως «σκοτώστε τις κουκουβάγιες και όχι τις θέσεις εργασίας» κολλημένα στα παρμπρίζ των αυτοκινήτων. Τα συνθήματα αυτά δεν ήταν παρά μια από τις εκφράσεις που είχε πάρει η διαμάχη μεταξύ οικολόγων και παραγόντων της οικονομίας, για το τι είναι πολυτιμότερο: να σωθούν τα αρχέγονα δάση των ανατολικών ακτών, ή να διατηρηθούν οι υπάρχουσες θέσεις εργασίας μέσα σε ένα καθεστώς κρίσης και ανασφάλειας; Η κουκουβάγια (Northern Spotted Owl) που κατοικούσε στα δάση αυτά έγινε έτσι το σύμβολο μιας διαμάχης που κράτησε για πάνω από 10 χρόνια. Οι οικολογικές οργανώσεις υποστήριζαν από την πλευρά τους ότι τα αρχέγονα δάση ήταν πολύτιμα όχι μόνο για την επιβίωση της κουκουβάγιας, αλλά και για εκατοντάδες άλλα είδη που ήταν εξαρτημένα από τα συγκεκριμένα ενδιαίτηματα. Έλεγαν ακόμη ότι οι θέσεις εργασίας δεν απειλούνται από την προστασία του περιβάλλοντος αλλά από την (εγγενή) τάση της βιομηχανίας να αντικαθιστά την ανθρώπινη εργασία με μηχανές. Πρότειναν μάλιστα εναλλακτικά σενάρια για την ενίσχυση της απασχόλησης μέσα σε ένα καθεστώς «πράσινης οικονομίας». Από την πλευρά τους, οι εκπρόσωποι των εταιρειών ξυλείας, αλλά και οι εκπρόσωποι των συνδικάτων αντέτειναν ότι δεν υπήρχε πραγματική απειλή για τις κουκουβάγιες, ότι οι πληθυσμοί τους είχαν σκόπιμα υπερεκτιμηθεί, ότι τα ζώα αυτά εύκολα προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και ότι δεν χρειάζονται τόσο μεγάλες, αδιατάρακτες εκτάσεις, όσες υπολόγιζαν οι ορνιθολόγοι (20.000 στρέμματα φυσικού δάσους για κάθε ζευγάρι πουλιών). Την τελική λύση την έδωσαν τα δικαστήρια, που σε γενικές γραμμές δικαίωσαν τις θέσεις των οικολόγων και υποχρέωσαν τις εταιρείες να υπαγάγουν τα δάση τα οποία εκμεταλλεύονταν στο καθεστώς του Εθνικού Συστήματος Διαχείρισης που επιβάλλει ειδικούς όρους για την προστασία της φυσικότητας και τη διατήρηση της άγριας πανίδας.

Τα δάση δεν είναι τα μόνα ενδιαίτηματα που συρρικνώνονται. Το ίδιο ισχύει για τα λιβάδια, τις βραχώδεις ακτές ή και τους ξερούς και «άγονους» φρυγανότοπους. Το ίδιο και για τους υγροτόπους. Η διαφορά είναι πως οι τελευταίοι, όπως και το δάσος, είναι μια τεράστια δεξαμενή βιολογικού υλικού με μεγάλη ποικιλία αλληλεξαρτώμενων ειδών μεγάλης οικολογικής και οικονομικής σημασίας. Ο σφυγμός της βιοποικιλότητας επιταχύνεται εκεί που το νερό συναντά την ξηρά. Τα πουλιά είναι οι βασικοί εκτελεστές μιας συμφωνίας που περιλαμβάνει επίσης οστρακόδερμα, ψάρια, αμφίβια, ακόμα και θηλαστικά. Όμως, αν και ο πολύς ο κόσμος εντυπωσιάζεται από τα φλαμίνγκο, τους ερωδιούς και τις πολύχρωμες πάπιες, εντούτοις στην κοινή συνείδηση οι υγρότοποι είναι συνδεδεμένοι με κουνούπια και αρωστίες όπως η ελονοσία. Αυτή η αντίφαση, που τονίστηκε από το γεγονός πως οι άλλοτε ακατοίκητες αυτές περιοχές άρχισαν σιγά-σιγά να κατοικούνται, σε συνδυασμό με την άποψη πως επρόκειτο για αντιπαραγωγικές περιοχές, οδήγησε σε εκτεταμένα προγράμματα αποξηράνσεων καθ' όλη τη διάρκεια του 20ου αιώνα. Υπολογίζεται πως στον αιώνα αυτό καταστράφηκε το 50% περίπου των παγκόσμιων υγροτόπων. Στην Ελλάδα αντίστοιχα, οι απώλειες υπολογίζονται σε ποσοστό 60-70% !

Τα μυστικά του βάλλου

Η πρόσφατη ιστορία των Ελληνικών υγροτόπων είναι συνδεδεμένη με τους πολέμους, τις πληθυσμιακές μετακινήσεις και την αγροτική ανάπτυξη. Η υγρότοποι της Μακεδονίας, γνωστοί από τους Βαλκανικούς Πολέμους και το μυθιστόρημα της Πηνελόπης Δέλτα, άλλαξαν δραματικά από το 1930 έως σήμερα. Οι επεμβάσεις άρχισαν με την αποξήρανση των ελών και των ρηχών λιμνών (εσωτερικών και παράκτιων) με στόχο την απόκτηση νέων καλλιεργητικών εδαφών και την καταπολέμηση της ελονοσίας. Τα έργα συνεχίστηκαν με τις κατασκευές διωρύγων στους ποταμούς, με «διευθετήσεις» της γεωμετρίας τους, με τις κατασκευές φραγμάτων και αρδευτικών δικτύων. Έτσι για παράδειγμα ο Γαλλικός ποταμός στέρεψε σχεδόν παντελώς και ο Λουδίας είναι στην πραγματικότητα ένα τεχνητό κανάλι με πολύ μικρή ταχύτητα ροής. Επίσης, κατά την ίδια περίοδο εξαφανίστηκαν από το χάρτη οκτώ εσωτερικές λίμνες, οι ελώδεις εκτάσεις υπέστησαν συρρίκνωση και οι παράκτιες λιμνοθάλασσες μεταβλήθηκαν σε ιχθυοτροφεία. Από το 1930 έως το 2000, σύμφωνα με τα στοιχεία του αείμνηστου καθηγητή Π. Γεράκη, η Μακεδονία έχασε το 73,5% των υγροτοπικών της εκτάσεων, κυρίως στο ανατολικό της τμήμα που ήταν και το πιο πεδινό και κοντά στη Θεσσαλονίκη. Στην υπόλοιπη Ελλάδα οι αποξηράνσεις άρχισαν πολύ νωρίτερα: το 1884 η Κωπαίδα μετατρέπεται σε κάμπο, ύστερα από προσπάθειες αιώνων ή και χιλιετηρίδων αφού το πρώτο επεισόδιο ανάγεται στην προϊστορία με πρωταγωνιστές τους Μινύες του Ορχομενού και τον Ηρακλή που ματαίωσε τα σχέδιά τους. Μια αντίστοιχης τάξης παρέμβαση γίνεται το 1961 με την αποξήρανση της λίμνης Κάρολας. Δεκάδες χιλιάδες στρέμματα αποδόθηκαν σταδιακά στη γεωργία για την παραγωγή βαμβακιού, εκεί που άλλοτε έβοσκαν 40.000 βόδια, υπήρχαν χωριά με ψαράδες και φιλοξενούνταν πάνω από 400.000 πουλιά. Παρόμοια τύχη είχαν οι λίμνες στη Λαψίσα και στη Λαγκάστρα της Ηλείου, στην Αγουλινίτσα και στη Μουριά της Πελοποννήσου, στη Ξυνιάδα της Βοιωτίας κ.α. Σήμερα, οι παράκτιοι υγρότοποι της Ελλάδας έχουν περιοριστεί στις εκβολές των μεγάλων ποταμών: του Έβρου, του Νέστου και του Αξιού στη βόρειο Ελλάδα, του Σπερχειού στη Στερεά και του Αχελώου του Λούρου και του Άραχθου στα δυτικά. Βέβαια οι αριθμοί δεν λένε παρά μέρος της αλήθειας. Για την αποτίμηση της αξίας των υγροτόπων και των συνεπειών για τη βιοποικιλότητα, θα πρέπει να συνεκτιμήσουμε και ποιοτικούς παράγοντες μεταξύ των οποίων η αλληλεξάρτηση των λειτουργιών μεταξύ υγροτόπων (π.χ. μεταναστευτικοί σταθμοί) ή η σπανιότητα ορισμένων ενδιαιτημάτων (όπως τα τυρφώδη εδάφη και τα παραποτάμια δάση). Οι απώλειες σε βιοποικιλότητα δεν είναι ποτέ αναλογικές: αποξηραίνοντας τον μισό υγρότοπο δεν χάνεις μόνο τις μισές από τις οικολογικές αξίες που υπάρχουν εκεί. Ορισμένες μπορεί να χαθούν και τελείως, αν π.χ. ο πληθυσμός ενός είδους χάσει τον ελάχιστο απαραίτητο ζωτικό του χώρο.

Αρκετά φυτά και ζώα απαντώνται μόνο σε ορισμένους τύπους υγροτόπων λόγω των ειδικών συνθηκών που επικρατούν σ' αυτούς. Ένα παράδειγμα είναι η μικροσκοπική γαρίδα των αλίπεδων και των αλυκών (*Artemia salina*), ενδημικό της Μεσογείου. Άλλα είδη περνούν σ' αυτούς ένα μόνο μέρος της ζωής τους ή τους επισκέπτονται για ξεκούραση, αναζήτηση τροφής ή αναπαραγωγή. Πολλά από τα είδη αυτά, είτε ζουν στους υγροτόπους, είτε εξαρτώνται απ' αυτούς για την επιβίωσή τους, είναι σπάνια ή κινδυνεύοντα όπως για παράδειγμα ο θαλασσαετός (*Haliaeetus albicilla*) ή η βίδρα (*Lutra lutra*). Τα περισσότερα από τα παραυδάτια πουλιά μεταναστεύουν σε

Εικόνες από τον Αμβρακικό

...Στην εκβολή των ποταμών βλέπουμε τον γαλάζιο ερωδιό ή σταχτοτσικνιά, τον μεγάλο αυτό μεσολαβητή και ιππότη, συνεσταλμένο και ντροπαλό, είδος που ζει κατά οικογένειες, ενώ ο αγριόγαλος, η μπεκάτσα και το σκοινοπούλι, μοιάζουν περιπλανώμενα κοπάδια στις όχθες των μικρών ποταμών και των βάλτων. Αξίζει να παρακολουθήσουμε και να παρατηρήσουμε αυτές τις ομάδες των πουλιών με τις διαφορετικές συνήθειες, κυρίως κατά τις νύχτες του χειμώνα. Είναι πολύ ενδιαφέρον να ακούσουμε το μουρμουρητό και τις συνομιλίες αυτών των πουλιών, που δεν είναι λιγότερο καταπληκτικά με την ασυμφωνία των ήχων, απ' ό,τι με τις συνήθειές τους. Αφού σχηματίζουν ομάδες κατά οικογένειες, όταν πέφτει η νύχτα, όλα αυτά λάμπουν σιωπηλά, σχηματίζοντας μακριές σειρές και πλησιάζουν κρυφά τους φάρους που ανάβουν οι φύλακες των ψαρότοπων. Φαίνονται σαν να θέλουν να παρακολουθήσουν με περιέργεια τις συζητήσεις των ανθρώπων που ήρθαν και εγκαταστάθηκαν στη λιμνοθάλασσά τους. Καρφώνουν το βλέμμα τους στο φως που ξεχύνεται από την καλύβα και πολύ ντροπαλά πλησιάζουν το μέρος απ' όπου βγαίνει το φως, σαν ικέτες αυτού που εκπέμπει αυτό το φως, σαν να παραδέχονται έτσι, την ανωτερότητά του, γιατί αυτός βασιλεύει μέσα στα σκοτάδια, επειδή ακριβώς κατέχει το φως. Όλη τη νύχτα ξαγρυπνούν γύρω από το φως και μόλις προβάλλει η μέρα, όλα αυτά τα πουλιά μοιάζουν λυπημένα που απομακρύνονται από το φως που τους είχε εξουσιάσει όλη την νύχτα. Φεύγουν για να ξαναρχίσουν τις συνηθισμένες τους κινήσεις, χωρίς ποτέ να κάνουν λάθος, χωρίς ποτέ να αλλάξουν την ώρα που επιστρέφουν και που φεύγουν.

Πονκεβίλ, ταξίδι στην Ελλάδα, 1820

μεγάλα κοπάδια διανύοντας πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα κάθε χρόνο. Εκμεταλλεύονται με αυτόν τον τρόπο τα αποθέματα τροφής που υπάρχουν για περιορισμένο χρονικό διάστημα σε ορισμένες περιοχές. Οι υγρότοποι, είτε ως ενδιάμεσοι σταθμοί του ταξιδιού, είτε ως τόποι αναπαραγωγής είναι αναντικατάστατοι. Ο περιορισμός τους, ή ακόμη χειρότερα η εξαφάνισή τους, στερεί από τα πουλιά την αναγκαία ξεκούραση κατά το μακρινό τους ταξίδι, ή – ακόμη χειρότερα – τα αναγκάζει να φτάνουν στους τόπους αναπαραγωγής με καθυστέρηση. Το αποτέλεσμα είναι πως τα μικρά που θα γεννηθούν είναι λιγότερο καλά εξοπλισμένα και λιγότερο ανθεκτικά από το κανονικό, και φυσικά, έχουν μικρότερες πιθανότητες επιβίωσης κατά τη χειμερινή μετανάστευση προς τα τροπικά κλίματα.

Τι είναι είδος τελικά;

Ο όρος βιοποικιλότητα, παρά το γεγονός ότι συνδέεται με ένα από τα πιο συζητημένα περιβαλλοντικά προβλήματα, δεν παύει να είναι αρκετά αόριστος στη χρήση του. Μερικές φορές χρησιμοποιείται για την προστασία ενός μόνο είδους που κινδυνεύει, όπως είναι ο ρινόκερος της Αφρικής, ή η γαλάζια φάλαινα. Άλλες φορές παραπέμπει

στην ανάγκη προστασίας του συνόλου των ειδών σε μια δεδομένη περιοχή, ανεξάρτητα με το ποια είναι αυτά τα είδη. Αυτή είναι για παράδειγμα η περίπτωση του τροπικού δάσους του οποίου η έκταση μειώνεται με ταχύτατους ρυθμούς. Στην Ελλάδα οι εκστρατείες για την προστασία της θαλάσσιας χελώνας *Caretta caretta* χρησιμοποιήθηκαν για να σωθούν εκτός από τα ζώα και τα τοπία της αναπαραγωγής τους. Αντίστοιχα, η προσπάθεια ανάδειξης της σημασίας των τελευταίων πληθυσμών της φώκιας *Monachus monachus*, έχει περισσότερο ως στόχο να προκαλέσει μέτρα για την προστασία και την οικολογική διαχείριση ευρύτερων περιοχών στα παράκτια οικοσυστήματα, παρά να σώσει πραγματικά το είδος το οποίο βρίσκεται κάτω από το κρίσιμο όριο επιβίωσης.

Όμως, μια πιο συστηματική και σφαιρική πολιτική προστασίας απαιτεί ένα ξεκαθάρισμα της σημασίας του όρου με περισσότερο αυστηρά κριτήρια. Υπό το πρίσμα λοιπόν της βιολογικής επιστήμης, η βιοποικιλότητα περιλαμβάνει τα εξής επίπεδα: Πρώτον τη *γενετική ποικιλότητα* που αφορά στον συνολικό αριθμό των γενετικών χαρακτηριστικών ενός συγκεκριμένου είδους, ενός υποείδους, ή μιας ομάδας ειδών. Με όρους γενετικής μηχανικής αυτό σημαίνει το σύνολο των ζευγών – βάσεων στο DNA, το σύνολο των γονιδίων – είτε είναι ενεργά είτε όχι – και τέλος το σύνολο των

Επίπεδα της βιοποικιλότητας (κατά Heywood & Baste 1995)

<i>Οικολογική ποικιλότητα</i>	<i>Γενετική ποικιλότητα</i>	<i>Οργανισμική ποικιλότητα</i>
Μεγακoinότητες		Βασίλεια
Βιογεωγραφικές		
Επικράτειες		Φύλα
Τοπία		Οικογένειες
Οικοσυστήματα		Γένη
Ενδιατήματα		Είδη
Θώκοι		Υποείδη
Πληθυσμοί	Πληθυσμοί	Πληθυσμοί
	Άτομα	Άτομα
	Χρωμοσώματα	
	Γονίδια	
	Νουκλεοτίδια	

Στον παραπάνω πίνακα περιγράφεται ένα σύστημα κατάταξης των οργανισμών σε τρεις κύριες ομάδες, απ' όπου προκύπτει και η αντίστοιχη κατάταξη για τα επίπεδα βιοποικιλότητας. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι πολλοί από τους παραπάνω όρους είναι συμβατικοί και έχουν υιοθετηθεί για μεθοδολογικούς κυρίως λόγους. Ακόμη και για την έννοια του είδους υπάρχουν σήμερα πολλές και διαφορετικές εκδοχές, ανάλογα με τη σχολή ή την γωνία προσέγγισης. Οι περισσότεροι βιολόγοι για παράδειγμα προτιμούν τον ορισμό με βάση τη δυνατότητα του ζευγαρώματος ανάμεσα στα άτομα διαφορετικών πληθυσμών. Άλλοι αναφέρονται στο «εξελικτικό είδος» με βάση την γενεαλογική σειρά την απ' την οποία προέρχεται. Άλλοι τέλος δίνουν έμφαση στην ασυνέχεια των κληρονομήσιμων χαρακτηριστικών (μορφολογικό είδος).

ενεργών γονιδίων. Το δεύτερο επίπεδο είναι αυτό της *ποικιλότητας των ενδιαιτημάτων* και αφορά στην διαφορετικότητα και τον αριθμό των οικοτόπων σε μια δεδομένη έκταση. Τέλος υπάρχει η *ποικιλότητα των ειδών* που αφορά στην αφθονία των ειδών (συνολικός αριθμός), στην ύπαρξη ιεραρχικών επιπέδων (ταξινόμηση) και στις σχέσεις «υπεροχής» (κυρίαρχα είδη).

Στο επίπεδο των ειδών, εκτός από την αφθονία, τις ιεραρχικές σχέσεις και τις σχέσεις κυριαρχίας, σημαντική παράμετρος είναι και η κανονικότητα (evenness) της εμφάνισης των ειδών σε μία *βιοκοινότητα*. Ας πάρουμε το παράδειγμα δύο βιοκοινοτήτων σε κάθε μια από τις οποίες υπάρχουν 10 είδη και 100 άτομα. Στην πρώτη κοινότητα τα 82 άτομα ανήκουν σε ένα μόνο είδος ενώ τα υπόλοιπα είδη αντιπροσωπεύονται με δύο άτομα ανά είδος. Στη δεύτερη κοινότητα όλα τα είδη αντιπροσωπεύονται με το ίδιο αριθμό ατόμων, δηλαδή από 10 άτομα. Ποια από τις δύο κοινότητες έχει τη μεγαλύτερη βιοποικιλότητα;

Κατ' αρχήν να σημειώσουμε ότι οι δύο κοινότητες έχουν την ίδια ποικιλότητα ειδών, αφού έχουν τον ίδιο αριθμό ειδών. Εντούτοις, αν περιδιαβούμε τις δύο κοινότητες, η δεύτερη φαίνεται να έχει μεγαλύτερη ποικιλότητα. Στην πρώτη, το είδος το οποίο θα συναντήσουμε συχνότερα είναι το κυρίαρχο είδος (με τα 82 άτομα) ενώ είναι πολύ πιθανό κάποια είδη να μην τα συναντήσουμε και καθόλου. Στη δεύτερη, ακόμη και ένας ευκαιριακός επισκέπτης θα δει σίγουρα πολύ περισσότερα είδη σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα. Με την έννοια αυτή, ο αριθμός των ειδών και μόνο δεν φτάνει για να περιγράψει την βιοποικιλότητα: χρειάζεται να ξέρουμε και την κανονικότητα της κατανομής τους. Μπορούμε μάλιστα, βασιζόμενοι στο προηγούμενο παράδειγμα να πούμε ότι η βιοποικιλότητα σχετίζεται με την πιθανότητα να δούμε το σύνολο των ειδών που υπάρχουν στην περιοχή σε ένα δεδομένο χρόνο.

Πόσα όμως είδη υπάρχουν στη Γη; Κανείς δεν ξέρει τον ακριβή τους αριθμό. Ο λόγος είναι πως πολλά είδη δεν έχουν ακόμη καταγραφεί και άλλα δεν έχουν ακόμη ανακαλυφθεί, ιδιαίτερα στις περιοχές τις λιγότερο κατοικημένες, όπως για παράδειγμα τα τροπικά δάση. Ίσως στο στοιχείο αυτό να κρύβεται και ένα μέρος από τη γοητεία της βιοποικιλότητας! Έτσι, ενώ τα καταγεγραμμένα είδη είναι περίπου 1,4 εκατομμύρια, οι εκτιμήσεις των βιολόγων για το σύνολο των ειδών ποικίλουν από 3 έως 100 εκατομμύρια. Πάντως όλοι συμφωνούν πως τα φυτά και τα έντομα έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο. Πολλά από τα έντομα είναι σκαθάρια που βρίσκονται στα τροπικά δάση. Το μικρότερο αριθμό ειδών έχουν τα θηλαστικά: δεν ξεπερνούν τα 4.000.

Ανταγωνισμός και εξειδίκευση

Γιατί υπάρχουν τόσα πολλά είδη στη Γη; Αφού, σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, η κινητήρια δύναμη της δημιουργίας είναι ο ανταγωνισμός, πως αυτό δεν συνέβαλε στη μείωση των ειδών; Και πως όλα αυτά τα είδη κατάφεραν τελικά να επιζήσουν από τις επιθέσεις των εχθρών τους; Ένα μέρος της απάντησης βρίσκεται στον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί αλληλεπιδρούν και το υπόλοιπο στην έννοια του *οικολογικού θώκου*, δηλαδή της εξειδίκευσης που αποκτούν οι οργανισμοί προκειμένου να αξιοποιήσουν καλύτερα το περιβάλλον στο οποίο υπάρχουν και οι ανταγωνιστές τους.

Τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών μπορούμε να τις κατατάξουμε σε τρεις

βασικούς τύπους: τον *ανταγωνισμό*⁵³ με τον οποίο και οι δύο αντίπαλοι έχουν απώλειες, με τη *συμβίωση*⁵⁴ κατά την οποία υπάρχουν κέρδη και για τις δυο πλευρές και τέλος τον *παράσιτισμό*⁵⁵ όπου ο ένας κερδίζει και ο άλλος χάνει. Χαρακτηριστικό είναι παράδειγμα του μικρόβιου της ελονοσίας ενός παράσιτου τόσο για τα κουνούπια όσο και για τον άνθρωπο. Αν και τα κουνούπια παρασιτούν σε βάρος του ανθρώπου, το μεγαλύτερο διάστημα της ζωής τους είναι χορτοφάγα και το αίμα είναι για αυτά μια πολυτέλεια! Μια από τις συνέπειες της φυσικής επιλογής είναι πως όταν δύο είδη ανταγωνίζονται το ένα το άλλο, το πιο προσαρμοσμένο είδος νικά και επικρατεί και το πιο αδύνατο χάνει και τελικά εξαφανίζεται. Με μια άλλη διατύπωση η παραπάνω πρόταση εκφράζει την *αρχή του (ανταγωνιστικού) αποκλεισμού* που την συναντήσαμε και στο κεφ.3: δύο ανταγωνιστικά είδη που χρησιμοποιούν τους ίδιους ακριβώς πόρους δεν μπορούν να συνυπάρχουν αιωνίως. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στην ιδέα ενός περιβάλλοντος στο οποίο τα είδη εν τέλει αλληλοεξοντώνονται και επικρατούν ελάχιστα, δηλαδή μερικά μόνο φυτά, μερικά φυτοφάγα ζώα και οι θηρευτές τους. Η πραγματικότητα όμως είναι πολύ διαφορετική. Οι μικρές αποκλείσεις στον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι πόροι είναι αρκετές, όχι μόνο για τη διατήρηση των ειδών, αλλά και για την συνεχή προσθήκη νέων στην αλυσίδα της ζωής. Ένα άλλο κλασσικό παράδειγμα που αναφέρεται σε πολλά βιβλία εξελικτικής βιολογίας είναι πως αρκετά είδη σαύρας που συνυπάρχουν στα νησιά των Δυτικών Ινδιών, επιβιώνουν γιατί ψάχνουν την τροφή τους σε ελαφρώς διαφοροποιημένα μικροπεριβάλλοντα.

Όταν δυο είδη ανταγωνίζονται, το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να κριθεί από ανεπαίσθητους παράγοντες. Ο J. H. Brown στο περιοδικό *Ecology* (1971) αναφέρεται στο παράδειγμα ενός τρωκτικού (*Eutamias dorsalis*) το οποίο αποκλείει τον συγγενή του *Eutamias umbrinus* από τα χαμηλότερα υψόμετρα, κυνηγώντας τον και εκδιώκοντάς τον μακριά από την τροφή. Αλλά στα μεγαλύτερα υψόμετρα, ο *Eutamias umbrinus*, που είναι περισσότερο δεινόφθορος, επιστρέφει εύκολα στον χώρο της τροφής μετά την καταδίωξη και τελικά κερδίζει περισσότερη τροφή από τον ανταγωνιστή του. Αυτό μπορεί να το κάνει γιατί τα κλαδιά των δέντρων στο υψόμετρο αυτό είναι περισσότερο πυκνά και δημιουργούν ένα δίκτυο κυκλοφορίας που του επιτρέπει να κινείται με ασφάλεια, πράγμα που δεν συμβαίνει στις περιοχές με αραιή βλάστηση.

Όπως συνειδητοποίησε πρώτος ο Δαρβίνος, τα συγγενικά είδη είναι πιθανόν να ανταγωνίζονται έντονα, αλλά αυτό μπορεί να συμβεί και σε είδη που δεν έχουν καμιά συγγένεια. Τα μυρμήγκια και τα τρωκτικά ανταγωνίζονται για τους ίδιους σπόρους που βρίσκουν στο έδαφος. Η διαδοχή των χειρσαίων φυτών σε ένα εν εξελίξει οικοσύστημα στηρίζεται στον ανταγωνιστικό αποκλεισμό των πρωτοπόρων ειδών από τύπους που εμφανίζονται στα τελευταία στάδια της διαδοχής και με τους οποί-

53. Ανταγωνισμός: Η κατάσταση εκείνη κατά την οποία οι διάφοροι οργανισμοί ή τα διάφορα είδη ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την απόκτηση του ίδιου πόρου και η λειτουργία του ενός γίνεται σε βάρος του άλλου. Ένα πρόβατο και μια αγελάδα που βόσκουν στον ίδιο αγρό είναι ανταγωνιστές.

54. Συμβίωση: αλληλεπίδραση μεταξύ οργανισμών με αμοιβαίο όφελος. Για παράδειγμα οι λειχήνες περιέχουν ένα φύκος και ένα μύκητα που η επιβίωση του ενός προϋποθέτει την ύπαρξη του άλλου.

55. Παρασιτισμός: κατάσταση αλληλεπίδρασης μεταξύ οργανισμών ή ειδών όπου ο ένας ζει εις βάρος του άλλου.

ους τα πρωτοπόρα είδη δεν έχουν καμιά σχέση. Ωστόσο, οι περισσότερες μελέτες έχουν εστιάσει την προσοχή τους σε συγγενικά είδη με την πρόθεση να αποδείξουν ότι η συνύπαρξη είναι δυνατή εάν αυτά διαφέρουν σημαντικά ως προς τη χρήση των πόρων. Σύμφωνα μάλιστα με το αξίωμα του Gause, τα είδη για να μπορούν να υπάρχουν χρειάζεται να διαφέρουν έστω και ελαφρώς μεταξύ τους. Μια βιοκοινωνία θα περιέχει τόσο περισσότερα είδη, όσο μεγαλύτερη είναι η εξειδίκευση του καθενός σε σχέση με τους διαθέσιμους πόρους και όσο λιγότερες οι μεταξύ τους επικαλύψεις.

Ο G. F. Gause, Ρώσος μικροβιολόγος, διάσημος για τις εργασίες του πάνω στη δυναμική των πληθυσμών και συγγραφέας του βιβλίου «Η μάχη για την επιβίωση (1934)» είναι αυτός που διεύρυνε το πεδίο που πρώτοι εξερεύνησαν ο Δαρβίνος και ο Μάλθους και έδωσε τροφή για τη νεώτερη γενιά των κοινωνιοβιολόγων και των βιομαθηματικών όπως ο Hutchinson. Εκτός όμως από τη σχέση των οργανισμών με το περιβάλλον τους, τον Gause τον απασχόλησαν και τα εσωτερικά ζητήματα της νέας βιολογίας. Γράφει στο βιβλίο του: «*Η μελέτη της μάχης για την επιβίωση θα γνωρίσει σίγουρα μεγάλη ανάπτυξη στο μέλλον. Έχει όμως να ξεπεράσει ένα σημαντικό εμπόδιο, την έλλειψη συνεργασίας ανάμεσα στην επιστήμη της βιολογίας και τα μαθηματικά. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η μάχη για την επιβίωση είναι ένα βιολογικό πρόβλημα και ότι κατ' αρχήν θα πρέπει να λυθεί με την πειραματική μέθοδο και όχι στο χαρτί των μαθηματικών. Προκειμένου όμως να διεισδύσουμε βαθύτερα στην ουσία των φαινομένων χρειάζεται να συνδυάσουμε την πειραματική μέθοδο με τη μαθηματική θεωρία, μια δυνατότητα που γεννήθηκε από τις εξαιρετικές έρευνες των Lotka και Volterra. Αυτός ο συνδυασμός της πειραματικής μεθόδου και της μαθηματικής θεωρίας που ποσοτικοποιεί τις σχέσεις, είναι ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία στα χέρια της σύγχρονης επιστήμης*».

Βέβαια, όλα τα παραπάνω δεν σημαίνουν πως όλες οι διαφορές στη χρήση των πόρων θα πρέπει να αποδοθούν στον ανταγωνισμό, όπως επίσης δεν είναι απαραίτητο είδη που συνυπάρχουν να έχουν διαφοροποιημένες στρατηγικές διατροφής. Επίσης, ο ανταγωνισμός δεν είναι ο μόνος παράγοντας που μπορεί να περιορίσει ένα είδος. Αυτό μπορεί να γίνει κάλλιστα και με τη θήρευση, όπως έχει αποδειχθεί για πολλά είδη φυτοφάγων. Επίσης η θήρευση ενός είδους που συμβαίνει να είναι και ισχυρότερος ανταγωνιστής ενός άλλου είδους, λειτουργεί προστατευτικά για τον ασθενέστερο και μειώνει τις επιπτώσεις του ανταγωνισμού. Τέλος, για την αντιμετώπιση του ανταγωνισμού υπάρχουν και άλλες στρατηγικές, όπως η μετανάστευση: είδη φυγάδες μπορούν να επιζήσουν εποίκιζοντας άλλες περιοχές όταν εκδιώκονται από τους ανταγωνιστές τους.

Η αξία των φυτών στο σύγχρονο κόσμο

Τίποτα δεν είναι πιο προφανές από τη σχέση της βιοποικιλότητας με τα συστήματα διατροφής. Σχεδόν το 1/3 του συνόλου των φυτικών ειδών παράγουν βρώσιμα φρούτα, σκληρούς καρπούς, βολβούς και σπόρους, πολλές φορές και φύλλα, ρίζες, ακόμη και κορμούς. Κατά τη διάρκεια της μακράς περιόδου των κυνηγών συλλεκτών (χονδρικά τα 9/10 της ιστορίας της ανθρωπότητας) η γνώση των ιδιοτήτων αρκετών εκατοντάδων φυτικών ειδών αποτελούσε μέρος της συλλογικής και μεταβιβάσιμης κουλτούρας και βασικό παράγοντα της βιωσιμότητας. Αλλά ακόμα και σήμερα, η άγρια χλωρίδα αποτε-

Όποιος ανακατεύεται με τα πίτουρα ή η εξειδίκευση των ειδών

Τα μικρά ζώντσια που βρίσκουμε συχνά στο αλεύρι (Tribolium) μπορούν να μας βοηθήσουν στην κατανόηση της συνύπαρξης μέσα σε συνθήκες ανταγωνισμού. Ας φανταστούμε λοιπόν δύο συγγενικά είδη από αυτά τα ζώντσια κι ας κάνουμε το ακόλουθο πείραμα: τα τοποθετούμε σε ένα δοχείο με αλεύρι του οποίου έχουμε τη δυνατότητα να μετράμε τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως είναι η υγρασία και η θερμοκρασία. Για ένα δεδομένο συνδυασμό τέτοιων συνθηκών, μετά από ένα διάστημα, το ένα είδος υπερνικά το άλλο το οποίο εν τέλει εξαφανίζεται. Αν αλλάξουμε τις συνθήκες, είναι πολύ πιθανό να δούμε τα πράγματα να αντιστρέφονται: το αδύνατο είδος γίνεται κυρίαρχο και το δεύτερο εξαφανίζεται. Είναι φανερό πως ο ανταγωνισμός έλαβε χώρα σε όλη του την αποθέωση. Παρά ταύτα, στη φύση υπάρχουν και τα δύο είδη. Πως το καταφέρνουν αυτό; Απλούστατα το καθένα χρησιμοποιεί το δικό του αλεύρι, ή καλύτερα επιλέγει το περιβάλλον που του δίνει το συγκριτικό πλεονέκτημα. Το ένα τα καταφέρνει καλύτερα σε ένα υγρό και δροσερό περιβάλλον, το άλλο εννοείται από ένα περιβάλλον θερμό και ξερό. Μπορούμε να πούμε ότι στα πλαίσια του ίδιου ενδιαίτηματος (αλεύρι) το καθένα διαλέγει το δικό του διατροφικό χώρο, αυτό που ονομάζουμε οικολογικό θώκο. Με μια άλλη διατύπωση μπορούμε να πούμε ότι είδη που εξαρτώνται από τους ίδιους πόρους είναι δυνατόν να συνυπάρχουν κάτω από διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

λεί απαραίτητο διατροφικό συμπλήρωμα για εκατοντάδες εκατομμύρια φτωχών αγροτών παγκοσμίως, ιδιαίτερα στις περιόδους της μειωμένης γεωργικής παραγωγής. Για παράδειγμα, οι αγρότες της επαρχίας Ουξπανάπα στο Μεξικό χρησιμοποιούν 435 είδη άγριων φυτών και ζώων από τα οποία, τα μισά περίπου είναι βρώσιμα. Στη Νιγηρία, οι γυναίκες των Τουαρέγκ συλλέγουν κανονικά καρπούς και φυτά της ερήμου κατά τη διάρκεια των νομαδικών μεταναστεύσεων με τα ζώα τους ανάμεσα στα άνδρα και τα χλωρά βοσκοτόπια. Στις αγροτικές περιοχές της βόρειας Ταϊλάνδης, οι τροφές που υπάρχουν στα άγρια δάση ή στις περιμέτρους των καλλιεργειών, αποτελούν το 50% της τροφής των αγροτών κατά τη διάρκεια της περιόδου των βροχών. Στις περιοχές της Περουβιανής Αμαζονίας, περίπου 60 είδη φρούτων από δέντρα, θάμνους και αναρριχόμενα φυτά πωλούνται στις λαϊκές αγορές των πόλεων. Στο χωριό Καζαβίτι της Θάσου, περί τα 40 είδη άγριων εποχιακών χόρτων, αποτελούν καθημερινό συμπλήρωμα της διατροφής των κατοίκων και πρώτη ύλη για περιφημες παραδοσιακές συνταγές.

Βέβαια, κατά τη διάρκεια των 5-10.000 τελευταίων χρόνων, το μέγιστο μέρος της τροφής των ανθρώπων προέρχεται από καλλιέργειες. Η μόνιμη γεωργία αναπτύχθηκε σε ανεξάρτητες οικο-γεωγραφικές ενότητες, καθώς οι άνθρωποι έτειναν να εγκαταλείπουν το νομαδισμό και να δημιουργούν αστικά οικιστικά συγκροτήματα. Η αγροτική παραγωγή βασίστηκε σε φυτά ικανά να επαναλαμβάνουν τον κύκλο σπορά-συγκομιδή. Το 1920, ο διάσημος βοτανολόγος και εξερευνητής Νικολάι Βαβίλοβ, χαρτογραφώντας τις κύριες περιοχές γεωργικής βιοποικιλότητας, μεταξύ των οποίων η Κεντρική Αμερική, οι Άνδεις, η Μεσογειακή Λεκάνη, η Εγγύς Ανατολή, τα υψίπεδα της Αιθιοπίας και η Κίνα, παρατήρησε ότι αυτές συνέπιπταν σε μεγάλο βαθμό

με τις περιοχές όπου τα πρώτα εξημερωμένα είδη έκαναν την εμφάνισή τους. Στις Άνδεις για παράδειγμα, οι ιθαγενείς ήταν οι πρώτοι που έφεραν στην καλλιέργεια τις πατάτες (7 είδη) τα κοινά φασόλια, την κινόα, τον αμάρανθο και άλλα 25 φυτικά είδη.

Σε όλο αυτό το διάστημα (της ελεγχόμενης γεωργίας) οι αγρότες κατάφεραν να δημιουργήσουν μια πλειάδα διακεκριμένων ποικιλιών από γεωργικά φυτά, επιλέγοντας και ξαναφυτεύοντας εκείνα τα άτομα που παρουσίαζαν κάποια ιδιαιτερότητα: άλλα ωριμάζαν λίγο πιο πρώιμα από τα γειτονικά τους, άλλα εμφάνιζαν μια ασυνήθιστη αντίσταση σε παράσιτα, άλλα είχαν ένα ιδιαίτερο χρώμα ή μια πιο ενδιαφέρουσα γεύση. Πολλές από τις ποικιλίες αυτές προσαρμόστηκαν ή/και παρουσίαζαν καλύτερες αποδόσεις κάτω από ορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες (έδαφος, θερμοκρασία, υγρασία κτλ.) δημιουργώντας έτσι ένα μωσαϊκό γεωργικής βιοποικιλότητας. Στην Ινδία μόνο, κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα δημιουργήθηκαν 30.000 τοπικές ποικιλίες ρυζιού. Ο ρόλος όμως της βιοποικιλότητας επεκτείνεται πολύ πέραν των άμεσων αυτών χρήσεων. Μπορεί βέβαια σήμερα να χρησιμοποιούμε ένα μικρό μόνο μέρος από τα 70.000 βρώσιμα φυτά που υπάρχουν στον πλανήτη, αλλά όλα τα γεωργικά είδη χρειάζονται ένα μπόλιασμα με άγρια γονίδια προκειμένου να διατηρήσουν την αντοχή τους στους εκάστοτε βιολογικούς τους εχθρούς. Η αξία της γενετικής αυτής τράπεζας είναι τέτοια που αν την αξιοποιούσαμε, θα μπορούσε να αυξάνει την παγκόσμια γεωργική παραγωγή κατά 1% ετησίως, πράγμα που θα επέφερε στον τόμο ένα συμπληρωματικό έσοδο της τάξεως του 1 δις ευρώ.

Αν και η γενετική επιλογή στον αγρό παραμένει η βασική μέθοδος για τη δημιουργία ποικιλιών στις αναπτυσσόμενες χώρες, δεν συμβαίνει το ίδιο και στα βιομηχανικά κράτη όπου η σποροπαραγωγή είναι πλέον κεντρικά ελεγχόμενη και η παραγωγή υβριδίων έργο ολίγων μεγάλων αγροχημικών εταιρειών. **Τα υβρίδια μάλιστα είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο που να μη μεταβιβάζουν τα χαρακτηριστικά τους στους απογόνους τους.** Προκειμένου δε η ΕΕ να αποφύγει φαινόμενα πειρατείας, απαγορεύει στους αγρότες της ακόμη και να διατηρούν σπόρους από ποικιλίες που έχουν παραχθεί στο εργαστήριο. Έτσι οι εταιρείες εξασφαλίζουν την αποκλειστικότητα αλλά και την εξάρτηση των αγροτών από ένα σύστημα, που ναι μεν κατάφερε να αυξήσει τις αποδόσεις, αλλά σιγά-σιγά κατέστρεψε ή/και εκτόπισε την παραδοσιακή γεωργία μαζί με τη γνώση που την συνόδευε. Η εποχή της γενετικής μηχανικής που διανύουμε, θα εντείνει αυτά τα φαινόμενα.

Εκτός από τη γεωργία, αναμφισβήτητη είναι η συμβολή των φυτών στην παραγωγή φαρμάκων. Σχεδόν όλοι οι άνθρωποι, ιδίως στις βιομηχανικές χώρες, γνωρίζουν και χρησιμοποιούν την ασπιρίνη. Ελάχιστοι όμως είναι εκείνοι που ξέρουν πως τα βασικά της συστατικά προέρχονται από τα φύλλα της ιτιάς (willow) και από το εκχύλισμα μερικών αγριόχορτων που φυτρώνουν στους αγρούς. Το ¼ από τα συνταγογραφούμενα σήμερα φάρμακα σε Ευρώπη και Αμερική περιέχουν δραστικές ουσίες που προέρχονται από την άγρια φύση. Σημαντικά φάρμακα όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για ορισμένες καρδιακές παθήσεις, για την παιδική λευχαιμία, τον καρκίνο των λεμφαδένων, το γλαύκωμα και άλλες σοβαρές ασθένειες, έχουν φυτική προέλευση. Πέρα από τον ήδη τεράστιο τζίρο, το μερίδιό τους στην αγορά αυξάνει καθώς η έρευνα προσθέτει όλο και νέα προϊόντα και καθώς η βοτανοθεραπεία, η αρωματοθεραπεία και τα φυσικά καλλυντικά κερδίζουν συνεχώς έδαφος στις προτιμήσεις των καταναλωτών.

Ακόμη σημαντικότερη όμως είναι η συμβολή των φαρμακευτικών ειδών που

αντλούνται κατευθείαν από το φυσικό κόσμο για τους κατοίκους των αναπτυσσόμενων χωρών. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) 3,5 δις άνθρωποι σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν φυτικής προέλευσης φάρμακα, ενώ η συνολική δραστηριότητα (εγχώρια κατανάλωση και εξαγωγές) απασχολεί ένα μεγάλο μέρος των αυτόχthonων πληθυσμών και κυρίως γυναίκες. Όμως, η καταστροφή των δασών και των υπόλοιπων ενδιαιτημάτων και η υπερεκμετάλλευση ορισμένων ειδών, υπονομεύουν και το μέλλον του τομέα και την τοπική απασχόληση και την ισορροπία αιώνων ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση. Ίσως όμως η πιο δυσάρεστη εξέλιξη να είναι η απώλεια της γνώσης και της κουλτούρας που συνόδευε τη χρήση χιλιάδων βοτάνων και φαρμακευτικών φυτών από τις παραδοσιακές κοινωνίες. Μια απώλεια που εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς και που η τεχνολογία της διατήρησης με τις *τράπεζες του γενετικού υλικού* προσπαθεί να ανακόψει. Η ειρωνεία της ιστορίας είναι ότι όσο αυξάνονται οι κίνδυνοι που απειλούν την παγκόσμια βιοποικιλότητα, τόσο αυξάνεται το αντίστοιχο επιστημονικό ενδιαφέρον και η σχετική πανεπιστημιακή έρευνα. Η εθνο-βοτανική κερδίζει συνεχώς έδαφος στις τριτοβάθμιες σπουδές και όλο και μεγαλύτερος αριθμός φοιτητών γοητεύεται από την ιδέα της μελέτης των ιδιοτήτων των φυτών παράλληλα με τη μελέτη των κοινωνιών που χάνονται.

Οι περιπέτειες ενός φαρμάκου

Μαζί με την ασπιρίνη ίσως να είναι το πιο γνωστό φάρμακο στον κόσμο. Πρόκειται για το Taxol, ένα ισχυρότατο αντικαρκινικό παρασκεύασμα που βρέθηκε στο επίκεντρο της διαμάχης για την χρησιμοθηρική από τη μια μεριά και την αμιγώς οικολογική διάσταση της βιοποικιλότητας από την άλλη. Κι αυτό, γιατί η δραστητική ουσία από την οποία παρασκευάζεται το φάρμακο, βρίσκεται στο φλοιό ενός δέντρου της βόρειας-δυτικής Αμερικής, τον *τάξο*, ένα είδος κωνοφόρου με πολύ αργή αύξηση και γι αυτό πολύ αργή ικανότητα ανανέωσης. Για την παραγωγή του συγκεκριμένου προϊόντος, το Εθνικό Αντικαρκινικό Ινστιτούτο των ΗΠΑ χρειάστηκε να κατανalώσει μέσα σε μια δεκαετία (1977-1987) 3,5 τόνους από την πολύτιμη φυτική πρώτη ύλη, πράγμα που προκάλεσε τη αντίδραση οικολογικών κύκλων που έβλεπαν μια υπερεκμετάλλευση του είδους και παραβίαση της αρχής της βιωσιμότητας (που μακροπρόθεσμα θα επηρέαζε και την ίδια την δυνατότητα παραγωγής του φαρμάκου). Από την άλλη μεριά, η κοινή γνώμη ήταν εκτεθειμένη σε διλήμματα του τύπου «σώζω μια ζωή κόβω ένα δέντρο» φράση που εμφανίστηκε ακόμη και σε κύριο τίτλο των New York Times. Το 1990, το Ταμείο για την Υπεράσπιση του Περιβάλλοντος (Environmental Defense Fund) οργάνωσε στην Ουάσινγκτον ένα συνέδριο όπου προτάθηκε η άποψη «να ενταχθεί ο τάξος στα προστατευόμενα είδη, προκειμένου να εξασφαλισθεί στο μέλλον η παραγωγή του φαρμάκου». Μια θέση που ενώ προς στιγμήν φάνηκε να υπερβαίνει τη συγκρουσιακή αντιπαράθεση και να κερδίζει την ψήφο πολλών πλευρών, εντούτοις δεν κατάφερε να κατοχυρωθεί και νομικά. Η λύση ήρθε τελικά από αλλού. Δύο ερευνητές του CNRS στη Γαλλία, σε συνεργασία με την πολυεθνική Rhone-Poulenc κατάφεραν να παρασκευάσουν την ίδια ουσία με συνθετικό τρόπο. Την ιδέα «έκλειψε» λίγο καιρό αργότερα μια εταιρεία αμερικανικών συμφερόντων, η Bristol-Myers και έκτοτε το Taxol χρησιμοποιεί πολύ μικρές ποσότητες από τη φλοΐδα των δέντρων.

Η φύση ως οικονομικό μέγεθος

Ήδη από την δεκαετία του 70, πολλοί περιβαλλοντολόγοι έθεσαν στην ημερήσια διάταξη το ζήτημα της οικονομικής αξίας των φυσικών πόρων και κατ' επέκτασιν της βιοποικιλότητας. Ήθελαν με τον τρόπο αυτό να τονίσουν την ανάγκη προστασίας και να προσθέσουν επιχειρήματα δίπλα στη συζήτηση για τις ηθικές αξίες που έτσι κι αλλιώς για κάποιους ήταν αυτονόητες. «Η βιοποικιλότητα, γράφει το 1972 ο Έντουαρτ Ουίλσον, αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες πλουτοπαραγωγικές πηγές του πλανήτη, εντούτοις είναι τελείως παραγνωρισμένη ως τέτοια». Στον απόηχο αυτής της δήλωσης εγγράφονται στη συνέχεια πολλές εργασίες που προσπαθούν να αποδείξουν τη χρησιμότητα της βιοποικιλότητας για την παραγωγή φαρμάκων, καλλυντικών, ειδών διατροφής, βιομηχανικών προϊόντων... Στις εργασίες αυτές γίνεται επίσης προσπάθεια ποσοτικοποίησης των διαφόρων μεγεθών και όχι σπάνια χρησιμοποιούνται και οικονομετρικά μοντέλα.

Αυτός όμως δεν ήταν ο μόνος λόγος. Το θέμα της εκμετάλλευσης των πλουτοπαραγωγικών πόρων, συνδέθηκε γρήγορα και με την άνιση κατανομή τους ανάμεσα στο Βορρά και το Νότο, τις αναπτυγμένες και τις υπανάπτυκτες χώρες. Πολλοί μίλησαν μάλιστα για *βιο-πειρατεία*, θέλοντας έτσι να στιγματίσουν την πρακτική πολυεθνικών εταιρειών που στηριζόμενες στην απουσία διεθνών κανόνων και στην χαλαρή αντίσταση των τριτοκοσμικών χωρών προέβαιναν σε αθέμιτο πλουτισμό, εις βάρος της κληρονομιάς όχι μόνο των τοπικών κοινωνιών, αλλά και ολόκληρης της ανθρωπότητας. Η συζήτηση αυτή μάλιστα εντάθηκε όταν στις παραδοσιακές πρακτικές της αφαίμαξης των γενετικών πόρων προστέθηκαν οι πρακτικές της γενετικής μηχανικής και δέσμευση των προϊόντων μέσα από την *πατεντοποίηση*⁵⁶. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, κινητοποιήθηκαν, με προφανή καθυστέρηση και οι διεθνείς οργανισμοί. Στη Σύμβαση για τη Βιοποικιλότητα που συντάχθηκε το 1992 στη Διάσκεψη Κορυφής του Ρίο και για την ακρίβεια στο άρθρο 1 διατυπώνεται με έμφαση η αρχή «της δίκαιας κατανομής των πλεονεκτημάτων που απορρέουν από την εκμετάλλευση των γενετικών πόρων». Προκειμένου όμως να υπάρξει μια τέτοια κατανομή των πόρων πρέπει πρώτα να υπάρχει η δυνατότητα των ποσοτικοποιημένων εκτιμήσεων. Το ίδιο ισχύει και για τις συνοδευτικές πολιτικές: συνήθως στοιχίζουν αρκετά και η χρηματοδότησή τους πρέπει να εδράζεται σε αντικειμενικά κριτήρια.

Η επιχείρηση «οικονομική αξιολόγηση της βιοποικιλότητας» βασίστηκε σε δύο μεθοδολογικά διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη ξεκινά από την υπόθεση ότι οι προτιμήσεις των πολιτών αντανακλούν μια ορισμένη κατάσταση της αγοράς. Με άλλα λόγια ότι η αξία της βιοποικιλότητας μπορεί να προσδιοριστεί με βάση τα ποσά που οι πολίτες είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για τη διατήρησή της ή γενικότερα για την προστασία της. Για παράδειγμα, τα έσοδα από τις επισκέψεις των φυσιολατρών-τουριστών σε ένα Εθνικό Πάρκο θα μπορούσαν να είναι ένας δείκτης της οικονομικής αξίας που αποδίδει η κοινωνία στο συγκεκριμένο αυτό κομμάτι της φύσης. Παρά τις αντικειμενικές δυσκολίες της μεθόδου και κυρίως παρά την ασύμμετρη

56. Η ευρεσιτεχνία (πατέντα, αγγλ. *patent*, γαλλ. *brevet*) είναι ένα αποκλειστικό δικαίωμα χρήσης που δίνεται για κάποιο διάστημα στον εφευρέτη (φυσικό ή νομικό πρόσωπο) μιας νέας μεθόδου, ουσίας ή μηχανισμού.

πληροφόρηση του κοινού σε παρόμοια θέματα, τα ευρήματα των σχετικών σφυγμομετρήσεων της κοινής γνώμης είναι αρκετές φορές εντυπωσιακά: μια έρευνα του Πανεπιστημίου του Αιγαίου⁵⁷ έδειξε ότι οι κάτοικοι του νομού Μαγνησίας θα ήταν διατεθειμένοι να πληρώσουν το σύνολο των εξόδων διαχείρισης του Εθνικού Θαλάσσιου Πάρκου Αλοννήσου και Σποράδων του οποίου η επιβίωση εξαρτάται από την ισχύη και ασυνεχή κρατική χρηματοδότηση.

Βέβαια, οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια θα πρέπει να εισπράττονται πάντοτε με επιφύλαξη και σε καμιά περίπτωση δεν αποτελούν αδιάσειστα στοιχεία. Ας υποθέσουμε για παράδειγμα ότι στους κατοίκους της Αθήνας τίθεται το ακόλουθο ερώτημα: τι έχει μεγαλύτερη αξία, ένα κομμάτι δάσους ή ένα οικοδομήσιμο, χέρσο οικοπέδο αντίστοιχου εμβαδού; Η απάντηση θα είναι σίγουρα υπέρ του δάσους. Όμως αυτό δεν αντανακλά σε καμιά περίπτωση την πραγματική κατάσταση της αγοράς. Κανείς, ούτε το κράτος ούτε οι ιδιώτες δεν θα πληρώσουν για την αποκατάσταση ενός καμένου δάσους τα χρήματα που θα πλήρωναν για την αγορά του αντίστοιχου οικοπέδου. Στην μια περίπτωση έχουμε την προβολή μιας διάθεσης πάνω στην πραγματικότητα – ένα είδος φανταστικής αγοράς- και στην άλλη την πραγματική οικονομία όπου αυτό που μετράει δεν είναι οι υλικές (ηθικές, κοινωνικές κτλ.) προϋποθέσεις με βάση τις οποίες διαμορφώνονται οι τιμές, αλλά η ανταλλακτική αξία των προϊόντων και οι διακυμάνσεις των τιμών σύμφωνα με τους νόμους της προσφοράς και της ζήτησης.

Η δεύτερη προσέγγιση βασίζεται στη μέθοδο της αρνητικής αξιολόγησης, της αποτίμησης δηλαδή των συνεπειών από την απώλεια ορισμένων ειδών, τόσο για τις τοπικές κοινωνίες, όσο και για την οικονομία στο σύνολό της. Πολλοί έχουν κάνει για παράδειγμα μοντέλα με τα οποία επιχειρείται η αξιολόγηση της οικονομικής αξίας των δασών με βάση αυτό που θα κληθεί η κοινωνία να πληρώσει αν το δάσος καταστραφεί: για την εξυγίανση του αέρα των πόλεων, για την ανάσχεση των πλημμυρικών φαινομένων, για την προστασία των κατάντι καλλιεργειών, για την συντήρηση των φραγμάτων κτλ. Με την ίδια μέθοδο άλλοι προσπάθησαν να μεταφράσουν σε χρήμα ακόμη και τα μεμονωμένα δέντρα (των οποίων η αξία είναι ακόμη μεγαλύτερη αν παράγουν καρπούς ή και άλλα βιομηχανικά προϊόντα).

Η πιο γνωστή παγκοσμίως προσπάθεια για την χρηματο-οικονομική αποτίμηση των οικοσυστημάτων του πλανήτη ανήκει στον Αμερικανό οικονομολόγο Ρόμπερτ Κοστάντζα που δημοσίευσε στο περιοδικό *Nature* το 1977 τα συμπεράσματα μιας μελέτης για την έμμεση αξία χρήσης της βιοποικιλότητας. Η μελέτη κάνει τους υπολογισμούς είτε κατά φυσική κατηγορία (biome) είτε κατά κατηγορίες οφελημάτων ή υπηρεσιών που προσφέρουν τα οικοσυστήματα. Το τελικό αποτέλεσμα των υπολογισμών δίνει ένα νόμισμα (33 τρις \$) που είναι συγκρίσιμο με το Παγκόσμιο Ακαθάριστο Προϊόν (28 τρις \$) για την ίδια χρονιά. Αξίζει να σημειώσουμε την ιδιαίτερη τιμή που αποδίδει η έρευνα στα θαλάσσια οικοσυστήματα (σχεδόν διπλάσιας αξίας απ' αυτήν των χερσαίων) και στην επίσης ιδιαίτερη αξία των βιο-γεωχημικών κύκλων. Το γενικότερο όμως μήνυμα απ' αυτήν την εργασία είναι ότι η φύση παράγει προϊόντα και

57. Μιχάλης Σκούρτος, στο *Παγκοσμιοποίηση και περιβάλλον – Ηλίας Ευθυμίουπουλος, Μιχάλης Μοδινός (επιμ.) Ελληνικά Γράμματα / Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ), 2002.*

υπηρεσίες που αν και δεν υπεισέρχονται στους επίσημους υπολογισμούς και δεν είναι αντικείμενο πολιτικών αποφάσεων, είναι μέρος ενός οικουμενικού πλούτου με σαφές χρηματικό αντίκρυσμα. Κατά τα άλλα, τα μέλη της ερευνητικής ομάδας – η οποία σημειωτέον δέχτηκε αυστηρές κριτικές για τη μεθοδολογία της – αναγνώρισαν ότι το εύρος αυτής της άσκησης σε συνδυασμό με τον υποκειμενισμό που εμπεριέχουν πολλές από τις υποθέσεις, οδηγούν σίγουρα σε μεγάλα περιθώρια σφάλματος. Όμως, σημειώνουν, τα αποτελέσματα μπορούν να βελτιωθούν καθώς και τα ίδια τα εργαλεία της οικονομικής ανάλυσης εξελίσσονται, αλλά και καθώς οι γνώσεις μας για τη λειτουργία των οικοσυστημάτων συνεχώς εμπλουτίζονται.

Βιοποικιλότητα και σταθερότητα

Πέρα από τις χρησιμοθηρικές προσεγγίσεις που αναπτύχθηκαν παραπάνω (συμβολή στην παραγωγή τροφής, φαρμάκων ή/και βιομηχανικών προϊόντων), η διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας έχει μια έντονα ηθική διάσταση: ο έμβιος κόσμος μαζί με το αβιοτικό περιβάλλον στο οποίο ζει και με το οποίο αλληλεπιδρά συνθέτει όχι μόνο την παρούσα πραγματικότητα, αλλά αποτελεί και την αντανάκλαση του παρελθόντος, της ιστορίας της ζωής, έτσι πως αυτή διεγράφη μέσα από την εξέλιξη. Σύμφωνα με τον Prigogine, ο άνθρωπος έχει ακόμη μέσα του, εγγεγραμμένες στα κύτταρά του τις προηγούμενες μορφές ζωής, ακόμη και τις πιο πρωτόγονες. Και όπως γράφουν και τα παλιά ταλμουδικά κείμενα (ιερὰ κείμενα των Εβραίων) αναφερόμενα στη Γένεση **«ο κόσμος του ανθρώπου έχει προκύψει από τα χαοτικά σπλάχνα των προηγούμενων συντριμμάτων. Είναι κι αυτός εκτεθειμένος στον κίνδυνο της αποτυχίας και της επιστροφής στο μηδέν»**.

Το πρακτικό βέβαια ερώτημα είναι αν η μείωση της βιοποικιλότητας απειλεί με κατάρρευση τις βιοκοινωνίες και αν εν τέλει υπονομεύει και την δυνατότητα επιβίωσης του ίδιου του ανθρώπου. Το ερώτημα δεν μπορεί ακόμα να απαντηθεί, στο βαθμό που δεν είναι ακριβώς γνωστοί οι παράγοντες που καθορίζουν την σταθερότητα των βιοκοινωνιών. Πάντως, οι περισσότεροι οικολόγοι συμφωνούν ότι ενώ κάποιοι συνδυασμοί ειδών είναι σταθεροί, κάποιοι άλλοι είναι ασταθείς, με την έννοια π.χ. ότι σε μια σταθερή βιοκοινωνία δεν μπορούν να εισβάλουν εύκολα ξένα είδη, ενώ σε μια ασταθή μερικά από τα είδη της θα εξαφανιστούν αν κάποιο ξένο είδος καταφέρει να εισβάλει. Επίσης υπάρχουν ενδείξεις ότι οι πιο σύνθετες βιοκοινωνίες, αυτές που έχουν μεγαλύτερο αριθμό ειδών και εκτεταμένο πλέγμα αλληλεξαρτήσεων, είναι περισσότερο ανθεκτικές στην εισβολή ξένων ειδών απ' ό,τι οι απλούστερες και με λιγότερα είδη. Όπως όμως έδειξε ο May το 1973 **η αύξηση της ποικιλότητας των ειδών δεν οδηγεί αυτομάτως στην σταθερότητα**. Εκείνο που είναι σίγουρο είναι πως πολλές φορές ένα και μόνο είδος παίζει έναν εξαιρετικό ρόλο στη διατήρηση ειδών που με τον ένα ή τον άλλο τρόπο εξαρτώνται απ' αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Η ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

Ενότητα δεν σημαίνει ομοιομορφία. Η πιο μεγάλη αξία της φύσης είναι η ποικιλότητα. Άγρια ή καλλιεργημένη, χερσαία ή ωκεάνια, επίπεδη ή βουνίσια, ερημική ή δασώδης, αναπαράγει συνεχώς το θέαμα, παραπέμποντας ταυτόχρονα στα δυναμικά φαινόμενα, στις αλληλεξαρτήσεις, στην ιστορία της εξέλιξης. Βέβαια τα πράγματα δεν παρουσιάζουν παντού το ίδιο ενδιαφέρον. Οι τροπικοί κατέχουν στο χάρτη του Αλεξάντερ φον Χούμπολντ (του μεγάλου αυτού βιο-γεωγράφου του 19ου αιώνα) μια προνομιακή θέση. Είναι η μόνη περιοχή στον πλανήτη, λέει, που μπορεί κανείς ταυτόχρονα να δει τους αστερισμούς και των δύο ημισφαιρίων, για παράδειγμα τον Κένταυρο και την Κασιώπη. Η ιδιαιτερότητα ανήκει όμως κυρίως στο χερσαίο περιβάλλον. Τον εντυπωσιάζει όχι μόνο η μεγάλη ποικιλία των ειδών αλλά και ο πλούτος των τοπίων. Μια πρώτη αποτύπωση φαίνεται στο έργο του *«Δοκίμιο πάνω στη γεωγραφία των φυτών»* το οποίο συντάσσει ήδη το 1807 δηλαδή δυο μόλις χρόνια από το τέλος του ταξιδιού του. Γράφει: *«...Έτσι, οι κάτοικοι του Ισημερινού, συνυπάρχουν με όλες τις μορφές των φυτών που η φύση διαθέτει: η Γη παράγει μπροστά στα μάτια του ένα θέαμα τόσο πολυποίκιλο, όσο κι ο ουρανός που την περιβάλλει χωρίς να κρύβει κανέναν από τους αστερισμούς του.»*

Όμως η ποικιλότητα έχει τους δικούς της νόμους. Στους πρόποδες του όρους Τσιμποράζο, ο Χούμπολντ θα ανακαλύψει αμπελώνες και λίγο νοτιότερα φανταχτερές ορχιδέες και υψηλόκορμα δέντρα των δασών της βροχής. Αντίθετα, στις αλπικές ζώνες δεν θα συναντήσει παρά λειχήνες και βρύα. Η βλάστηση αλλάζει καθώς μετατοπιζόμαστε από τον ισημερινό στις αρκτικές περιοχές. Η διαφορά είναι ότι οι καθ' ύψος αλλαγές γίνονται σε πολύ πιο περιορισμένο χώρο. Σε κάθε όμως περίπτωση το κλίμα κυβερνά και καθορίζει την ανάπτυξη και τα χαρακτηριστικά της ζωής και των βιοκοινοτήτων. Ένας πίνακας του γερμανού ζωγράφου Φρειδερίκου Βάιτς το 1806 είναι χαρακτηριστικός. Στο κέντρο, καθισμένος σε μια πολυθρόνα ο Χούμπολντ και στο βάθος το μυθικό όρος Τσιμποράζο. Στο δεξί μέρος του κάδρου, ένα μεγάλο χάλκινο βαρόμετρο είναι κρεμασμένο πάνω σ' ένα δέντρο στο οποίο ακουμπά ο συνεργάτης του Χούμπολντ Αιμέ Μπονμπλάν. Χρησίμευε για τον προσδιορισμό του υψομέτρου σε κάθε ενδιάμεσο σταθμό στην ανάβασή τους προς την κορυφή του ηφαιστείου. Βέβαια το βαρόμετρο δεν είναι το μόνο όργανο στον εξοπλισμό των δύο εξερευνητών. Χρησιμοποιούν μια ποικιλία από θερμόμετρα, υγρόμετρα και πυξίδες, αλλά και τον εξάντα, βασικό εργαλείο στον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του πεδίου: *με τον εξάντα μετρήσαμε, γράφει, το περίγραμμα του βουνού προκειμένου να υπολογίσουμε τον όγκο που υψώνεται πάνω από την πεδιάδα.* Στις σύντομες ημερολογιακές περιγραφές του γι αυτήν την αποστολή (στο όρος Τσιμποράζο), αλλά και στον απολογισμό του μετά το πέρας του ταξιδιού, ο Χούμπολντ δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην φροντίδα για τον συσχετισμό των φυσικών μετρήσεων με τις παρατηρήσεις για την πανίδα και την χλωρίδα: *«...Αυτή η συλλογή των φυτών, εκτός του ότι περιλαμβάνει πολλά νέα είδη που συνοδεύονται από την καταγραφή των τόπων (συλλογής) έχει το πλεονέ-*

κτημα να μην υπάρχει ούτε ένα δείγμα για το οποίο να μην έχει ταυτόχρονα μετρηθεί το υψόμετρο στο οποίο αναπτύσσεται...»

Σίγουρα ο Χούμπολντ δεν είναι ο πρώτος ούτε ο μόνος άνθρωπος στην εποχή του που ενδιαφέρεται για τη σχέση ανάμεσα στη γεωγραφία και τη βλάστηση. Ήδη, ένας σχεδόν σύγχρονός του, ο Ερνστ Χέκελ (1834-1919), που καθιέρωσε και τον όρο οικολογία, κάνει συχνές αναφορές στους *αβιοτικούς παράγοντες που καθορίζουν την κατανομή των φυτών και στο ρόλο των φυσικών παραμέτρων στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος*. Όμως ο Χούμπολντ πηγαίνει πολύ μακρύτερα, σε μια απόπειρα ολιστικής προσέγγισης πιο συνεκτικής και ταυτόχρονα ερμηνευτικής των φαινομένων της ζωής. Πέρα από την επισήμανση του ρόλου των κλιματικών παραγόντων, ανοίγει το δρόμο γι αυτό που αργότερα ονομάστηκε φυσιο-γεωγραφία και που συμπεριλαμβάνει εκτός από τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα τη δομή και τη χημεία των εδαφών. Στη θεώρηση αυτή δεν είναι απύσχα ούτε η ιστορία, αφού υπογραμμίζει τη σημασία της παλαιο-φυτολογίας στη μελέτη των σύγχρονων μορφών βλάστησης: *«Για να προσεγγίσει το μεγάλο ζήτημα της μετανάστευσης των φυτών η φυτο-γεωγραφία, σκάβει κάτω από την επιφάνεια του πλανήτη. Συμβουλευεται τα παλαιοντολογικά αρχεία της φύσης, ψάχνει μέσα στις απολιθωμένες μορφές των δασών και τα ανθρακοφόρα πετρώματα να βρει τα σημάδια των πρώιμων μορφών της ζωής»*.

Έχοντας παρατηρήσει ότι οι παράγοντες που προσδιορίζουν το περιβάλλον δεν επηρεάζουν τόσο την κατανομή των μεμονωμένων φυτών αλλά εκείνων των φυτικών συνόλων που παρουσιάζουν ειδικά φυσιογνωμικά χαρακτηριστικά, εισάγει μια νέα διάσταση στη μελέτη της βλάστησης, αυτή που αφορά τη μορφή της και τη «φυσιογνωμία» της. Έτσι, ενώ το τροπικό δάσος στη Νότια Αμερική, την Αφρική ή την Ωκεανία φαίνεται από πρώτη άποψη ίδιο στα μάτια του ανυποψίαστου περιηγητή, στην πραγματικότητα η φυτική του σύνθεση είναι πολύ διαφορετική: η μορφή δεν προδίδει τόσο την γενετική ταυτότητα (ταξονομία) όσο την τάση των φυτών να αποκτούν παρόμοια χαρακτηριστικά κάτω από παρόμοιες συνθήκες (σύγκλιση). Το ίδιο βέβαια ισχύει και για τα ζώα: *τα πουλιά που πετούν πάνω από τα δέντρα, τα θηλαστικά του δάσους ή η μικροπανίδα που ροκανίζει τις ρίζες των φυτών, αποκτούν χαρακτηριστικά που προσδιορίζονται από την απόσταση που τα χωρίζει από το έδαφος*.

Με τον τρόπο αυτό ο Χούμπολντ αναδεικνύει και εφαρμόζει μια νέα επιστημονική προσέγγιση, τη βιο-γεωγραφική, που μελετά την κατανομή των ζωντανών οργανισμών σε συνάρτηση με το περιβάλλον τους. Πρόκειται για τις απαρχές μιας τυπολογίας των τοπίων σε συνδυασμό με τη μελέτη της δυναμικής των φυτικών σχηματισμών, λαμβάνοντας υπόψιν και τη γεωλογική ιστορία. Αρκετά αργότερα, η μελέτη των βιογεωγραφικών κατανομών αρχίζει να διαιρείται σε δυο σχεδόν διακριτούς κλάδους: την ιστορική και την οικολογική βιογεωγραφία. Η πρώτη δίνει έμφαση στα γεωλογικά φαινόμενα και τείνει να εξηγήσει τις βιογεωγραφικές κατανομές με βάση την κίνηση των ηπείρων, η δεύτερη επικαλείται ως πιο καθοριστική την επίδραση των συγχρονικών παραγόντων όπως είναι οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα είδη και η κατανομή των βιοτόπων. Ενίοτε οι δύο τάσεις συγκρούονται, καθώς στις διαφορετικές σχολές παρεισφύουν υποκειμενισμοί ή/και μορφές επιστημονικού σεχταρισμού. Στην πραγματικότητα όμως οι διαφορές είναι θέμα κλίμακας: τα ιστορικά γεγονότα εξηγούν καλύτερα γιατί ορισμένες ομάδες και όχι άλλες συναντώνται σε μια εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή, ενώ η οικολογική ανάλυση ερμηνεύει καλύτερα τις τοπι-

κές κατανομές σε μικρότερη κλίμακα. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις χρειάζεται η συνδρομή και των δύο εργαλείων.

Πολιτική ή φυσική γεωγραφία;

Η γεωγραφία, τόσο ως πρακτική όσο και ως πρόωγη επιστήμη, είναι τόσο παλιά όσο και η ιστορία του πολιτισμού. Από την τέταρτη χίλιας χιλιετιρίδα π.Χ. οι Κινέζοι, οι Αιγύπτιοι και οι Φοίνικες αποφασίζουν να εξερευνήσουν τους άγνωστους κόσμους, ενώ οι Βαβυλώνιοι είναι πιθανότατα οι πρώτοι χαρτογράφοι. Αρκετά αργότερα (484-425), ο Ηρόδοτος γράφει την πρώτη πολιτική και φυσική γεωγραφία, ενώ ο Ερατοσθένης (276-194) χρησιμοποιεί τα γεωμετρικά εργαλεία για τον υπολογισμό της γήινης περιφέρειας. Με τον Στράβωνα (64 π.Χ. – 20 μ.Χ.) η γεωγραφία αποκτά έναν σημαντικό πλούτο πληροφοριών: οι 17 τόμοι του έργου του αντανakλούν και το εύρος της γνώσης του για τον τότε κόσμο. Ακολούθησαν οι Πτολεμαίοι, οι Άραβες και οι εξερευνητές της Αναγέννησης, όλοι τους συνδεδεμένοι με τις κατακτήσεις και την επιθυμία για την επέκταση των συνόρων. Περί τα τέλη του 17ου αιώνα ο Καντ αποφασίζει να βάλει σε τάξη, όχι μόνο τη φιλοσοφία, αλλά και την αναδυόμενη επιστήμη της γεωγραφίας. Η ανθρώπινη γνώση, λέει ο Γερμανός διανοητής, οργανώνεται σε τρεις άξονες. Στον πρώτο βρίσκουμε τις φυσικές επιστήμες και κυρίως τη βοτανική και τη ζωολογία. Στον δεύτερο κυριαρχεί η διάσταση του χρόνου: είναι η επικράτεια της ιστορίας. Στον τρίτο άξονα βρίσκεται η γεωγραφία που αποτυπώνει τα γεγονότα με την χωρική τους συνιστώσα. Όμως η βασική ενοποίηση των επί μέρους επιστημών που συγκροτούν το νέο Παράδειγμα, γίνεται με το έργο του Χούμπολντ που προαναφέραμε. Το βιβλίο του «Κόσμος» δημοσιευμένο το 1844 έρχεται να δώσει κίνηση σε μια στατική μέχρι τότε θεώρηση της φύσης. Οι θεωρίες του για την προέλευση του τοπίου είναι αντίστοιχες, από άποψη σημασίας, με τη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου, που ήταν άλλωστε σύγχρόνός του και κατά το ήμισυ γεωγράφος. Είναι ταυτόχρονα και μια διαχρονική απάντηση στον *θετικισμό*, παρ' όλο που ο όρος καθιερώθηκε πολύ αργότερα.

Την ίδια περίοδο, ο Διαφωτισμός έχει σοβαρή επίδραση ακόμη και στην μόλις απελευθερωμένη Ελλάδα. Η γεωγραφία κυριαρχεί στο έργο μεγάλων διανοητών όπως ο Ρήγας ή ο Κοραΐς. **Η μελέτη και η γνώση του χώρου είναι στοιχείο της εθνικής ολοκλήρωσης.** Μαζί τους και μια ολόκληρη γενιά από σχεδόν αυτοδίδακτους στοχαστές, όπως ο Δανιήλ Φιλιππίδης, οι οποίοι δημιουργούν ένα κίνημα «εγκυκλοπαιδιστών» απελευθερωμένο όμως από τα δεσμά μιας περιοριστικής επιστήμης που αρκείται σε μια ξερή απαρίθμηση πληροφοριών, στοιχείο που δυστυχώς επικράτησε στη συνέχεια σε μια μακρά περίοδο της σχολικής γεωγραφίας και επιβίωσε μέχρι τις μέρες μας. Πολλοί απ' τους νεωτερικούς αυτούς γεωγράφους, συνειδητά υπερβαίνουν τα όρια της αρμοδιότητάς τους διαπραγματευόμενοι την γεωγραφική ύλη χρησιμοποιώντας την πολύ ελκυστική αφήγηση που χαρακτηρίζει τον ταξιδιώτη-παρατηρητή, καταλήγοντας σε μια «χωρογραφία» των τόπων όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στο προοίμιο της «Νεωτερικής Γεωγραφίας» των Δημητριάδων (Ερμής 1988). Στο ίδιο άλλωστε μήκος κύματος κινούνται και οι άμπολλοι ξένοι περιηγητές και εικονογράφοι στο έργο των οποίων οφείλουμε τη γνώση και την αποτύπωση της κατάστασης της Ελλάδας των προηγούμενων αιώνων και ιδίως του 16ου, 17ου, 18ου και 19ου αιώνα.

Στο τέλος του 19ου αιώνα, ο Γερμανός γεωγράφος Φρίντριχ Ρέιτσελ εισάγει τη θεωρία ότι η κατανομή των ανθρώπινων κοινωνιών πάνω στη Γη, και κατά συνέπεια το πολιτιστικό τους αποτύπωμα, οφείλεται και ερμηνεύεται από την επίδραση που είχε πάνω τους το φυσικό περιβάλλον. Ο σύγχρόνός του Πωλ Βιντάλ ντε λα Μπλανς αντέκρουσε αυτή τη θεωρία υποστηρίζοντας ότι αντίθετα, ο ανθρώπινος παράγοντας είναι εκείνος που διαμορφώνει το περιβάλλον και τη μορφή του και επομένως και το αντικείμενο της γεωγραφίας. Οι δυο αυτές τάσεις διατρέχουν το σώμα της γεωγραφικής επιστήμης ως τις μέρες μας.

Καθ' ύψος και κατά πλάτος

Η βιοποικιλότητα δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στη Γη, στο υπέδαφος, στον αέρα, στο νερό. Στην πραγματικότητα είναι ένα απέραντο ψηφιδωτό από «θερμές κηλίδες», περιοχές μεγάλης έντασης, «ψυχρά σημεία» με χαμηλή βιοποικιλότητα και χιλιάδες τόπους με ενδιάμεσες τιμές. Όπως σημειώνουν οι K. Gaston και J. Spicer (Βιοποικιλότητα, University Studio Press, 1998) η ακριβής χαρτογράφηση της βιοποικιλότητας στον πλανήτη δεν είναι ακόμη δυνατή. Υπάρχουν πολλές ακόμη ελλείψεις στις γνώσεις μας για τους πληθυσμούς των ειδών ανά γεωγραφική περιοχή και μια φοβερή ανομοιογένεια στα δεδομένα, αφού οι έρευνες δεν καθοδηγήθηκαν πάντα από επιστημονικά, αλλά και από πολιτικά και οικονομικά κριτήρια. Ωστόσο, έχουν παραχθεί αρκετά «πρότυπα της διακύμανσης της βιοποικιλότητας» τα οποία μπορούν να απαρτίσουν τον σκελετό ενός μελλοντικού άτλαντα.

Ξεκινώντας από μια πολιτική διαίρεση, μπορούμε εύκολα να αναγνωρίσουμε μια ομάδα προνομιούχων χωρών με μεγάλη ποικιλότητα (με μέτρο την αφθονία των ειδών) στις οποίες περιλαμβάνονται η Μαδαγασκάρη, η Αυστραλία, η Κίνα, η Ινδία, η Ινδονησία, η Μαλαισία, η Ταϊλάνδη, το Μεξικό, η Βραζιλία, η Κολομβία, ο Ισημερινός και το Περού. Στις χώρες αυτές περιλαμβάνεται το 50-80% της παγκόσμιας βιοποικιλότητας. Μια άλλη διαίρεση της επιφάνειας της Γης με γνώμονα τη σύνθεση του βιόκοσμου καταλήγει σε έξι *βιογεωγραφικές επικράτειες* όπου αποτυπώνεται, μεταξύ άλλων, η γεωλογική ιστορία της Γης και οι βιοκλιματικοί παράγοντες που οδήγησαν στη συγκεκριμένη σύνθεση. Οι περιοχές αυτές είναι η Ινδοτροπική ή Ανατολική (με κέντρο την Ινδική χερσόνησο και την Ινδονησία), η Νεοτροπική (νότια και κεντρική Αμερική), η Αφροτροπική ή Αιθιοπική, η Ωκεανία ή Αυστραλιανή, η Παλαιοαρκτική (Ευρώπη και βόρεια Ασία) και η Νεοαρκτική (βόρεια Αμερική). Η πατρότητα της ιδέας ανήκει στον Άγγλο βιολόγο A.R. Wallace, σύγχρονο του Δαρβίνου και με μερίδιο στην ανακάλυψη της θεωρίας της εξέλιξης. Στην πραγματικότητα η διαίρεση αυτή αφορά κυρίως τα σπονδυλωτά, ενώ για τα φυτά και τα ασπόνδυλα η εικόνα είναι κάπως διαφοροποιημένη.

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα και παρά την ομοιογένεια του μέσου, η διάκριση των βιογεωγραφικών ενοτήτων είναι ακόμη πιο δυσχερής λόγω της μεγάλης κινητικότητας των οργανισμών, της έλλειψης στοιχείων και μετρήσεων και του τρισδιάστατου του χώρου. Η ζωή βρίσκεται διάσπαρτη τόσο στο οριζόντιο επίπεδο όσο και στο κατακόρυφο: από την παλιρροιακή ζώνη ως το βάθος των 11 χλμ. Εδώ, οι κύριες βιογεωγραφικές διαιρέσεις προκύπτουν είτε με βάση τις ισοθερμικές κατανομές, είτε με βάση τα επιφανειακά ρεύματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στη «στήλη» του νερού ζει

μόνο το 2% των θαλάσσιων οργανισμών ενώ τα υπόλοιπα ζουν πάνω ή πολύ κοντά στο βυθό. Ένας μεγάλος επίσης αριθμός ειδών (περίπου το 1/4) ζουν στις περιοχές των κορραλιογενών υφάλων με τη μέγιστη συγκέντρωση να εμφανίζεται στο δυτικό Ινδικό Ωκεανό. Σε μια μελέτη του 1994 (Sherman, K. Sustainability, biomass yields, and health of coastal ecosystems: An ecological perspective) εντοπίστηκαν οι περιοχές – κλειδιά για τα θαλάσσια οικοσυστήματα, κυρίως τα παράκτια, που δεν ξεπερνούν τα όρια της *υφαλοκρηπίδας*. Οι περιοχές αυτές (49 συνολικά) αναφέρονται ως «μεγάλα θαλάσσια οικοσυστήματα» και η σημασία τους έγκειται στο γεγονός ότι συγκεντρώνουν το 95% των εκμεταλλεύσιμων θαλάσσιων πόρων.

Μεγάλο επίσης ενδιαφέρον για τη συγκέντρωση της βιοποικιλότητας παρουσιάζουν και οι περιοχές ενδημισμού. Σ' αυτές, η βιοποικιλότητα αυξάνει καθώς μετατοπιζόμαστε από τους πόλους προς τον Ισημερινό. Σε μια μελέτη της BirdLife International για τα πτηνά⁵⁸, καταγράφηκαν 218 περιοχές με ενδημικά πτηνά – οριζόμενες ως περιοχές που φιλοξενούν τουλάχιστον 2 είδη με ακτίνα δράσης που δεν ξεπερνά τα 50 χλμ. – και ποσοτικοποιήθηκε η κατά γεωγραφικό πλάτος κατανομή τους. Συνολικά, ενώ οι περιοχές αυτές καταλαμβάνουν μόλις το 4,5 % της επιφάνειας της Γης, περιλαμβάνουν το 75% της απειλούμενης άγριας ορνιθοπανίδας.

Μελετώντας το ζήτημα από μια άλλη οπτική γωνία, μπορούμε να πούμε πως **οι χώρες (ή καλύτερα οι περιοχές) με τη μεγαλύτερη βιολογική ποικιλότητα – είτε λόγω της θέσης τους, είτε λόγω της έκτασής τους – είναι εκείνες που εμφανίζουν και τον μεγαλύτερο αριθμό απειλούμενων ειδών**. Ιδιαίτερα το τρίγωνο που ορίζεται από την Ινδία, την Ιαπωνία και τη Νέα Ζηλανδία, φαίνεται να έχει αυτή τη στιγμή τους μεγαλύτερους (αναλογικά) ρυθμούς βιολογικής εκπτώχευσης από οποιοδήποτε άλλο σημείο του πλανήτη. Ακολουθούν η Βραζιλία για την Αμερική, η Μαδαγασκάρη για τη «μαύρη ήπειρο» και σε μεγάλη απόσταση οι υπόλοιπες εύκρατες ή αρκτικές ζώνες.

Σύμφωνα με ένα χάρτη που παρήγαγε η οργάνωση Conservation International⁵⁹, μόνο το 27% των κατοικήσιμων εκτάσεων του πλανήτη (αν εξαιρέσουμε δηλαδή τον πάγο, τις βραχώδεις εκτάσεις και την κινούμενη άμμο) βρίσκεται σήμερα σε αδιατάρακτη κατάσταση και περιλαμβάνει νησίδες με ικανό μέγεθος που θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως παρθένες: περιοχές δηλαδή χωρίς δρόμους και μεγάλες κατασκευές υποδομής, χωρίς εντατική γεωργία, χωρίς έντονη βόσκηση. Οι εκτάσεις αυτές βρίσκονται κυρίως στην αρκτική ζώνη γύρω από τους πόλους, στις βόρειες επαρχίες της Ρωσίας και του Καναδά, στις θερμές ερήμους της Αφρικής (Σαχάρα, Καλαχάρι) και στις ψυχρές ερήμους της κεντρικής Ασίας. Έξω από τις ζώνες αυτές, η μόνη που θα μπορούσε να δικαιολογήσει τον χαρακτηρισμό της ως σχετικά αδιατάρακτης περιοχής, είναι το βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης του Αμαζονίου και μερικές απομεμακρυσμένες γωνιές της κεντρικής Αφρικής.

Στον αντίποδα, οι περιοχές του πλανήτη που υπέστησαν τις μεγαλύτερες (και συχνά μη αντιστρεπτές) αλλοιώσεις και έχασαν τα γηγενή τους οικοσυστήματα, είναι οι εύφορες και προσχωσιγενείς εκτάσεις των δέλτα των ποταμών και οι παράκτιες πεδιάδες της εύκρατης ζώνης (ειδικά στην ανατολική Κίνα, στις μεσοδυτικές πολιτείες

58. *Endemic Bird Areas of the World, Priorities for Biodiversity Conservation*, BirdLife International, 1998.

59. Lester Brown, *The State of the World*, Worldwatch Institute, 2000.

της βόρειας Αμερικής και στις Κάτω Χώρες της Ευρώπης). Όλες οι υπόλοιπες περιοχές της εύκρατης και υποτροπικής ζώνης, αποτελούν ένα μωσαϊκό από «μερικά διαταραγμένες περιοχές» και περιοχές με υψηλό δείκτη περιβαλλοντικών πιέσεων, όπου οι δραστηριότητες των ανθρώπων έχουν μεταβάλει το τοπίο, και η εικόνα της αρχέγονης φύσης έχει οριστικά καταστραφεί.

Σε πολλά από τα διαταραγμένα περιβάλλοντα παρατηρείται μία υποκατάσταση των παλαιών ενδιαιτημάτων με άλλα δευτερογενή, τα περισσότερα από τα οποία προέκυψαν ύστερα από (ενσυνείδητες) παρεμβάσεις των ανθρώπων. Παράδειγμα είναι τα δάση βροχής της βορειοδυτικής ακτής των Η.Π.Α., όπου σήμερα φυτρώνουν κωνοφόρα μιας νεότερης γενιάς, μετά την εντατική ξύλευση που υπέστησαν τα δάση αυτά στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα. Τα «αναγεννημένα» αυτά οικοσυστήματα, περιλαμβάνουν μεν τα ίδια είδη δέντρων όπως και στο παρελθόν, αλλά ποτέ δεν κατάφεραν να έλθουν στην κατάσταση εκείνη που θα περιείχε την βιοποικιλότητα που συναντάμε στα αρχέγονα δάση. Η ανάμειξη των δέντρων και των άλλων ειδών είναι τελείως διαφορετική και οι ηλικίες λίγο-πολύ ομοιόμορφες. Αντίστοιχα, η αυτόχθονη πανίδα δυσκολεύεται να προσαρμοστεί: η κατάπτωση των πληθυσμών της πιτσιλωτής κουκουβάγιας και του σολωμού του Ειρηνικού είναι τα πιο κλασσικά παραδείγματα.

Αντίστοιχα φαινόμενα μπορούμε να παρατηρήσουμε και στα μεσογειακά οικοσυστήματα. Μεσογειακά δάση που έχουν υποστεί επανειλημμένες πυρκαγιές, εντατική ξύλευση και συστηματικές αναδασώσεις, έχουν γενικά φτωχότερες φυτοκοινωνίες, με επικράτηση των πιο ανθεκτικών και φωτόφιλων ειδών (όπως είναι το πεύκο). Πολλά άλλωστε από τα σημερινά πευκοδάση, αντικατέστησαν προηγούμενα μικτά δάση δρυός και συνιστούν ένα στάδιο διαδοχής υποδεέστερο από την άποψη της βιοποικιλότητας, αλλά και από την άποψη της δυναμικής των συστημάτων (ανθεκτικότητας σε πιέσεις, ξηρασία κ.λ.π.). Ένα επιπρόσθετο στοιχείο κατά τη διαδικασία αυτής της υποκατάστασης είναι η απώλεια εδάφους, πράγμα που με τη σειρά του φτωχαίνει το υπόστρωμα στο οποίο αναπτύσσεται μια απειρία μικροοργανισμών και δημιουργεί τις συνθήκες για την ανάπτυξη σκιοφίλων ειδών και γενικότερα δασικού υπορόφου. **Με την έννοια αυτή τα δάση αποτελούν, όπως και τα σπονδυλωτά, έναν ακόμη αξιόπιστο και ως ένα βαθμό εύκολα αναγνώσιμο συνθετικό δείκτη της κατάστασης του παγκόσμιου περιβάλλοντος.**

Οι μεγακοινότητες (biomes)

Η ζωή πάνω στον πλανήτη μπορεί να ταξινομηθεί με διαφόρους τρόπους. Ένας απ' αυτούς χωρίζει τον βιο-γεωγραφικό χώρο σε 17 *μεγακοινότητες* (μεγάλα οικοσυστήματα) ανάλογα με τον τύπο της βλάστησης, τα κυρίαρχα είδη, τη μορφή και τα χαρακτηριστικά του τοπίου, τις κλιματικές συνθήκες. Η διαίρεση αυτή, πέρα από την παιδαγωγική της σκοπιμότητα, είναι χρήσιμη όταν προκύπτουν ζητήματα διαχείρισης, επανεισαγωγής ειδών ή *μελέτης επιπτώσεων* (Environmental Impact Assessment). Για παράδειγμα οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στα οικοσυστήματα μπορούν ως ένα βαθμό να αποτιμηθούν (ή να γίνουν οι αντίστοιχες προβλέψεις) αν συσχετίσουμε τη γεωγραφία της ζωής με τη γεωγραφία του κλίματος. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο πρώτο κεφάλαιο, τα ομοειδή περιβάλλοντα ευνοούν την εξέλιξη οργανισμών με παρόμοια μορφή και λειτουργίες, που δεν είναι όμως απαραίτητο να έχουν

και κοινά κληρονομικά χαρακτηριστικά. Έτσι, πολλά πηδητικά τρωκτικά (αρουραίοι, καγκουρώ, ξερμπόα κ.α.) που εξελίχθηκαν στις ερήμους της βόρειας Αμερικής, της Ασίας και της Αυστραλίας, παρόλο που μοιάζουν μεταξύ τους, έχουν μικρή γενετική συγγένεια. Αντίθετα, πλησιάζουν πολύ περισσότερο γενετικούς τύπους μη πηδητικών τρωκτικών που εξελίχθηκαν σε γειτονικά τους οικοσυστήματα.

Ο χάρτης με την κατανομή των μεγακοινοτήτων πάνω στη Γη, μας παραπέμπει πολύ εύκολα στην εικόνα του πλανήτη μας από το διάστημα με τις χαρακτηριστικές εναλλαγές του πράσινου (των δασών) και του κίτρινου (των ερήμων). Αντίστοιχες συσχετίσεις μπορούμε να κάνουμε αν συγκρίνουμε τον προηγούμενο χάρτη, με αυτόν των ισοθερμικών καμπύλων: θα δούμε τότε ότι η ζώνη με θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 30° C, εκτείνεται στην ίδια σχεδόν περιοχή με τις ερήμους στην Αμερική και την Ασία. Αντίστοιχα, η ζώνη των αρκτικών (boreal) δασών συμπίπτει με τη θερμοκρασιακή ζώνη μεταξύ 20 και -20° C.

Αν, εκτός από τη θερμοκρασία εισάγουμε και τον παράγοντα βροχοπτώσεις, οδηγούμαστε σε μια πιο επεξεργασμένη συσχέτιση του κλίματος με τη βλάστηση. Τα ξεστά και υγρά κλίματα ευνοούν τη γρηγορότερη ανάπτυξη της φυτομάζας. Οι μεγακοινότητες αυτών των κλιματικών ζωνών τείνουν να αποκτήσουν την μέγιστη *παραγωγικότητα*⁶⁰ στο βαθμό που δεν υπάρχουν άλλοι *περιοριστικοί παράγοντες* όπως π.χ. η διαθεσιμότητα των χημικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Αντίθετα, ψυχρά και ξερά κλίματα δεν ευνοούν τους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης της φυτομάζας. Έτσι, οι διαφορετικές μεγακοινότητες χαρακτηρίζονται από διαφορετικά επίπεδα πρωτογενούς παραγωγής.

Ας δούμε αναλυτικά τις επτά μεγακοινότητες, αρχίζοντας από την *Τούνδρα*. Είναι οι άδενδρες πεδιάδες που σχηματίζονται σε περιοχές με δοιμύ κλίμα, χαμηλή βροχόπτωση και χαμηλές μέσες θερμοκρασίες. Η κυρίαρχη βλάστηση είναι ταπητοειδής και έρπουσα και αποτελείται από ποώδη φυτά, ρείκια, αγροστούδη, βρύα και λειχήνες. Η ακραία εκδοχή της τούνδρας βρίσκεται στην Ανταρκτική όπου οι πιο σημαντικοί οργανισμοί στην ξηρά είναι αραιές λειχήνες πάνω σε βράχους. Στην Αρκτική τούνδρα συναντάμε μεγάλα θηλαστικά όπως τα καριμπού και οι πολικές αρκούδες, αρκετά μικρά θηλαστικά, πουλιά και έντομα. Στις αλπικές ζώνες (όπου οι ζωτικοί χώροι είναι μικρότεροι και απομονωμένοι) υπάρχουν μόνο μικρά τρωκτικά και λίγα έντομα. Μέρος της τούνδρας αποτελούν τα μονίμως παγωμένα εδάφη (permafrost) που εμποδίζουν την ανάπτυξη των ριζών και είναι εξαιρετικά ευάλωτα σε εξωτερικές διαταραχές (π.χ. διάνοιξη δρόμων).

Λίγο παρακάτω είναι η *τάιγκα* και τα αλπικά δάση: πρόκειται για δασώδεις περιοχές του βορείου ημισφαιρίου με ψυχρό κλίμα, που εκτείνονται από τα όρια της τούνδρας μέχρι και 800 χλμ. προς νότο. Σ' αυτές κυριαρχούν τα κωνοφόρα δέντρα και ειδικότερα η ερυθρελάτη, η σημύδα και διάφορα είδη πεύκων. Παρόλο που καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις, τα δάση αυτά είναι εξαιρετικά φτωχά σε είδη (περίπου 20 κύρια είδη στα αρκτικά δάση της βόρειας Αμερικής) αλλά πολύ πλούσια σε βιομάζα. Αποτελούν σημαντική πηγή για τη βιομηχανία ξύλου και γενικά για τον κλάδο των κατασκευών. Λόγω της επικοινωνίας που υπήρξε μεταξύ Ευρασίας και βόρειας Αμε-

60. *Παραγωγικότητα*: η αύξηση της οργανικής ύλης στη μονάδα του χρόνου π.χ. τόσα κιλά ανά τ.μ. και ανά χρόνο.

ρικής κατά τη διάρκεια των παγετώνων του παρελθόντος, τα αρκτικά δάση στις δύο ηπείρους φιλοξενούν είδη με γενετική συγγένεια και κοινή καταγωγή. Έτσι και από τις δυο πλευρές του Βερίγγειου Πορθμού βρίσκουμε τα ίδια ζώα όπως η άλκη, η αρκούδα, ο λύκος και το ελάφι, τρωκτικά όπως οι σκίουροι και οι λαγοί, μικρά σαρκοβόρα όπως οι αλεπούδες, υδρόβια πουλιά όπως οι νερόκοτες και ιπτάμενους θηρευτές όπως η κουκουβάγια και ο αετός. Η Τάϊγκα και τα αλπικά δάση περιλαμβάνουν αρκετές από τις απομένουσες μεγάλες αδιατάρακτες περιοχές του πλανήτη, σημαντικά καταφύγια της άγριας ζωής.

Τα εύκρατα δάση στην αντίστοιχη ζώνη σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη, είναι δάση φυλλοβόλων που αναπτύσσονται σε ήπια κλίματα και με μέση βροχόπτωση της τάξης των 760-1.500 mm το χρόνο. Τα συναντάμε κυρίως στη βόρειο Αμερική, την Ευρασία και την Ιαπωνία. Η κύρια βλάστηση αποτελείται από μεγάλα δέντρα με πλούσιο φύλλωμα όπως η δρυς, η οξυά, η κασταριά, το σφενδάμι, η φλαμουριά και η καρδιά. Σχηματίζουν πυκνό υπόροφο του οποίου η σύνθεση εξαρτάται από την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που διεισδύει από την κόμη. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της βλάστησης του υποόρφου είναι η ιτιά και η φουντουκιά. Στο έδαφος τέλος, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία ποωδών φυτών όπως οι ανεμώνες, οι βιολέτες και οι καμπανούλες, είδη που εκτός των άλλων μπορούν να αναπτύξουν επιτυχείς στρατηγικές διαχείμανσης. Λόγω της πυκνότητας της χαμηλής βλάστησης, τα μεγάλα θηλαστικά είναι λιγότερα απ' ό,τι στην τάϊγκα, αλλά αφθονούν τα μικρά ζώα, τα πουλιά και τα έντομα. Τα εύκρατα δάση, εξαιτίας της εντατικής ξύλευσης και του γεγονότος ότι συνορεύουν με κατοικημένες περιοχές, έχουν υποχωρήσει σε έκταση και σε φυσικότητα: ελάχιστα απ' αυτά μπορούν να χαρακτηρισθούν ως παρθένα δάση.

Στα ξηρότερα κλίματα των εύκρατων ζωνών που επηρεάζονται έντονα από τη θάλασσα, τη μεγάλη ηλιοφάνεια και τους μεταβλητούς ανέμους βρίσκονται τα Μεσογειακά οικοσυστήματα. Η βλάστηση αποτελείται από μικρά δέντρα (πεύκα, κυπαρίσσια, κουκουναριές, κέδρα), θάμνους (σχίνα, πουρνάρια, αριές, κουμαριές, χαρουπιές, αγριελιές, δάφνη, σπάρτα) και φρύγανα (θυμάρια, ασφάκες, λαδανιές, ρίγανη). Με αρκετές διαφορές στα είδη, αλλά με πολλές ομοιότητες στα χαρακτηριστικά, τα κυριότερα μεσογειακά οικοσυστήματα βρίσκονται, εκτός φυσικά από τη Μεσόγειο, στη Νότιο Αφρική, τη Χιλή και την Καλιφόρνια (chaparral). Πολλά από τα φυτά, εξαιτίας των αιθέριων ελαίων που περιέχουν, είναι αρωματικά. Για τον ίδιο λόγο και με τη συνέργεια της ξηρασίας και των υψηλών θερμοκρασιών το καλοκαίρι, είναι εξαιρετικά επιρρεπή στη φωτιά. Έχουν όμως ανθεκτικούς σπόρους και γρήγορη αναγέννηση. Το αποτέλεσμα είναι πως σπάνια θα βρει κανείς κορμούς με ηλικία μεγαλύτερη των 50 χρόνων. Τα μεσογειακά οικοσυστήματα έχουν μεγάλη βιοποικιλότητα (φυτά και μικροπανίδα) και πολλές νησίδες ενδημισμού. Συχνά συμπλέκονται με τις γεωργικές καλλιέργειες και σχηματίζουν μικτές βιοκοινότητες. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν συμβάλει στην υποβάθμιση πολλών απ' αυτά, με δευτερογενές αποτέλεσμα τη διάβρωση⁶¹ των εδαφών.

Ένα από τα πιο εκτεταμένα οικοσυστήματα στον κόσμο είναι οι *χορτολιβαδικές εκτάσεις* και οι *σαβάνες* που απαντώνται τόσο στις εύκρατες όσο και στις τροπι-

61. *Διάβρωση*: απομάκρυνση του επιφανειακού χόματος σε αποψιλωμένα εδάφη που μπορεί να προέλθει από τον άνεμο και τις ισχυρές βροχοπτώσεις.

κές περιοχές. Τα εύκρατα χορτολίβαδα είναι γνωστά και ως prairies στο Νέο Κόσμο ή στέπες στον Παλιό. Η κυρίαρχη βλάστηση σ' αυτά είναι τα αγροστώδη φυτά, μια πολύ πετυχημένη οικολογικά ομάδα με ανθεκτικότητα τόσο στη φωτιά όσο και στη βόσκηση, με εκτεταμένο ριζικό σύστημα που απορροφά πολύ αποδοτικά το νερό και τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους, με μεγάλη αναπαραγωγική ικανότητα (πολλοί σπόροι με ευρεία διασπορά) και μεγάλη πυκνότητα που εμποδίζει την εισβολή άλλων φυτών. Αρχικά, οι χορτολιβαδικές εκτάσεις κάλυπταν μεγάλο μέρος της κεντροδυτικής βόρειας Αμερικής, τις στέπες της Ασίας, τις πεδιάδες της νότιας Αφρικής και τις πάμπας της Αργεντινής. Σήμερα έχουν περιοριστεί εξαιτίας της γεωργικής και αστικής επέκτασης. Εντούτοις, ακόμη και σήμερα, φιλοξενούν τη μεγαλύτερη ποικιλία μεγάλων θηλαστικών: άγρια ιπποειδή και αντιλόπες στην Ευρασία, βίσσωνες στη βόρεια Αμερική, καγκουρώ στην Αυστραλία, χορτοφάγα θηλαστικά και μεγάλα σαρκοφάγα στην Αφρική. Οι εύκρατες χορτολιβαδικές εκτάσεις είναι ταυτόχρονα και θέατρα μιας εξαιρετικής ισορροπίας μέσα απ' την αλληλεξάρτηση. Η βλάστηση παρέχει τροφή στα φυτοφάγα ζώα, που συμβάλλουν στην αναπαραγωγή των φυτών μεταφέροντας τους σπόρους. Τα σαρκοφάγα λειτουργούν ως ρυθμιστικοί παράγοντες, αφού ελέγχουν τους πληθυσμούς των φυτοφάγων ζώων. Το φαινομενικά παράδοξο είναι πως **όταν η φωτιά και η βόσκηση σταματήσουν (από ανθρώπινη παρέμβαση) οι χορτολιβαδικές εκτάσεις μετατρέπονται γρήγορα σε ερήμους**. Ειδικό τύπο της παραπάνω μεγακοινότητας αποτελούν οι σαβάνες, όπου εκτός από τη χαμηλή βλάστηση υπάρχουν και αραιές συστάδες δέντρων. Οι σαβάνες της Αφρικής έχουν τη μεγαλύτερη αφθονία μεγάλων θηλαστικών από οποιοδήποτε άλλο μέρος στον κόσμο.

Όμως τα πιο παραγωγικά τμήματα του χερσαίου περιβάλλοντος του πλανήτη είναι τα **τροπικά δάση βροχής** με τιμές πρωτογενούς παραγωγής που φτάνουν και τα 20g/m²/ημέρα. Σ' αυτό συμβάλλουν οι υψηλές θερμοκρασίες, η υγρασία από τις πολλές και διαρκείς βροχοπτώσεις (οι ξηρές περίοδοι είναι εξαιρετικές) και η αειθαλής βλάστηση που αποτελείται από αείφυλλα-πλατύφυλλα δέντρα με πλούσια κόμη και μεγάλο ύψος. Συνήθως σχηματίζονται τρία στρώματα: τα πολύ ψηλά και διάσπαρτα δέντρα, τα χαμηλότερα που σχηματίζουν ένα συνεχές στρώμα κόμης ύψους περίπου 30μ. και ο υπόροφος που παρουσιάζει ασυνέχειες. Το τοπίο συμπληρώνουν τα επίφυτα (φυτά που αναπτύσσονται πάνω σε άλλα φυτά) και τα αναριχόμενα. Τα κυριότερα τροπικά δάση βρίσκονται στη κεντρική και νότια Αμερική, στην κεντρική Αφρική, στη βορειο-ανατολική Αυστραλία, στην Ινδονησία, τις Φιλιππίνες, τη Χαβάη, το Βόρνεο και τμήματα της Μαλαισίας. Τα δάση αυτά είναι γνωστά για την τεράστια βιοποικιλότητα, κυρίως των φυτών. Από τα 300.000 περίπου γνωστά είδη ανθοφόρων φυτών, τα 2/3 βρίσκονται στους τροπικούς. Πολλά από τα ζώα ζουν στα δέντρα, κυρίως θηλαστικά, αλλά υπάρχουν και φίδια και αμφίβια. Στα τροπικά δάση, οι τροφικές αλυσίδες είναι εκτεταμένες και εξαιρετικά σύνθετες. Κυριαρχούν οι εξειδικευμένοι οργανισμοί εξαιτίας των υψηλών ρυθμών της ενεργειακής ροής και του έντονου ανταγωνισμού. Εξαιρετικά γρήγορη είναι και η ταχύτητα της ανακύκλωσης των θρεπτικών συστατικών και η αποσύνθεση της οργανικής ύλης από τα βακτήρια. Αν όμως η βιομάζα του δάσους αφαιρεθεί (π.χ. κάπνισμο, υλοτομία) τότε η οργανική ύλη οξειδώνεται πολύ γρήγορα και η γονιμότητα του εδάφους πέφτει κατακόρυφα. Τα τροπικά δάση βροχής είναι σταθερά (αν δεν διαταραχθούν), η ισορροπία τους είναι όμως επισφαλής και ανατρέπεται εύκολα. Σήμερα απειλούνται από τις αποψιλώσεις, την υλοτόμηση, τη διάνοιξη δρόμων, την κατασκευή φραγμάτων και την εξο-

ρυντική βιομηχανία. Το 50% περίπου των αρχέγονων τροπικών δασών έχουν σήμερα καταστραφεί.

Οι έρημοι τέλος καλύπτουν γύρω στο 30% της χερσαίας επιφάνειας της Γης και βρίσκονται κυρίως στη ζώνη με μέσο γεωγραφικό πλάτος 30° εκατέρωθεν του Ισημερινού. Χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά χαμηλές βροχοπτώσεις και από έδαφος πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, αλλά φτωχό σε οργανική ύλη λόγω της απουσίας φυτομάζας. Διακρίνονται επίσης για τις μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας ανάμεσα στη νύχτα και τη μέρα: στην έρημο της Αριζόνα οι διαφορά αυτή είναι κατά κανόνα 56° C. Λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών, η εξάτμιση είναι έντονη και αφήνει στην επιφάνεια του εδάφους υπολείμματα άλατος που υπάρχουν στο νερό. Έτσι, πολλές έρημοι είναι εξαιρετικά αλατούχες. Τα φυτά είναι προσαρμοσμένα στις ακραίες αυτές περιβαλλοντικές συνθήκες. Έχουν παχύ σάρκωμα ώστε να περιορίζεται η εξάτμιση, αλλά και ειδικούς μηχανισμούς για τη φωτοσύνθεση. Το CO₂ απορροφάται από την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της νύχτας (όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές και η διαπνοή αμελητέα) και αποθηκεύεται μέχρις ότου υπάρξει η απαραίτητη ενέργεια για την εξέλιξη της χημικής αντίδρασης και την παραγωγή σακχάρου. Παράλληλα, οι μεγάλες συγκεντρώσεις CO₂ έγιναν η αιτία για την ανάπτυξη ενός ειδικού φωτοσυνθετικού μηχανισμού (φωτοσύνθεση τύπου C₄) που μπορεί να λάβει χώρα σε διαφορετικά μέρη του φυτού. Τα οικοσυστήματα των ερήμων είναι πολύ παλιά. Η απουσία ανταγωνιστών έχει επιτρέψει την επιβίωση πολλών αρχέγονων ομάδων οργανισμών που ανάγονται στην εποχή του Τριτογενούς. Σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει στα παραγωγικά και σύνθετα οικοσυστήματα, τα ζώα των ερήμων είναι *ευρυφάγα* και μη εξειδικευμένα ως προς την τροφή τους, ώστε να εκμεταλλεύονται ένα μεγάλο φάσμα από τους διαθέσιμους πόρους.

Βιογεωγραφικές κατανομές

Η εξάπλωση της ζωής στα γεωγραφικά μήκη και πλάτη του πλανήτη, αλλά και η κατανομή των ειδών συνδέονται με την ιστορία και τον τρόπο προσαρμογής των ζωντανών οργανισμών στο φυσικό περιβάλλον. Τίποτα δεν είναι σταθερό: η Γη και ο ωκεανός μεταβάλλονται, το κλίμα αλλάζει, τα ζώα (αλλά και τα φυτά) μεταναστεύουν, αλλά και συναθροίζονται συνιστώντας βιοκοινωνίες. Τα παραπάνω συμπληρώνονται με το ρόλο της κληρονομικότητας και της γενετικής των πληθυσμών και εν τέλει με τις μεταξύ των ειδών αλληλεπιδράσεις, άλλοτε βίαιων και άλλοτε αργόσυρτων μέσα στον απέραντο εξελικτικό χρόνο. Η βιογεωγραφία καθίσταται έτσι το πεδίο πάνω στο οποίο εδράζεται, όχι μόνο η ερμηνεία της εικόνας του σύγχρονου φυσικού κόσμου, αλλά και η δυναμική του συμπεριφορά, τα πρότυπα, και πιθανώς η τύχη του στο μέλλον. Οι μεγάλοι βιολόγοι, βοτανολόγοι και φυσιολόγοι του 18ου αιώνα ήταν κατά κύριο λόγο βιο-γεωγράφοι. Ο Δαρβίνος παρατηρεί τα πουλιά και τις χερσαίες χελώνες των νησιών Γκαλαπάγκος συγκρίνοντάς τα με σύγχρονα αλλά και απολιθωμένα συγγενή είδη της Νότιας Αμερικής. Ο Άλφρεντ Ουάλλας και ο Αλεξάντερ Χούμπολτ αφιέρωσαν μεγάλο μέρος της ζωής τους και του έργου τους σε μια προσπάθεια διατύπωσης βιο-γεωγραφικών αρχών δίνοντας στη φύση την πραγματική θέση της μέσα στο χώρο-χρόνο.

Η βιογεωγραφία προκύπτει από τη σύνθεση δεδομένων και παρατηρήσεων από

τους χώρους της γεωλογίας, της γεωμορφολογίας και της κλιματολογίας από τη μια μεριά και της *ταξονομίας*⁶², της γενετικής και της φυσιολογίας από την άλλη. Αυτή η διπλή της φύση, κάνει συχνά τη βιογεωγραφία να γίνεται πεδίο αντιπαράθεσης δύο διαφορετικών προσεγγίσεων: η πρώτη ερμηνεύει τις σημερινές κατανομές ως προϊόν της ιστορίας της εξέλιξης της Γης, ενώ η άλλη δίνει έμφαση σε σύγχρονους παράγοντες όπως η αλληλεπίδραση μεταξύ των ειδών ή η κατανομή των οικοτόπων. Σε κάθε όμως περίπτωση, η ερμηνεία των φαινομένων απαιτεί τη συνδρομή και των δύο κλάδων, της ιστορικής και της οικολογικής γεωγραφίας. Πολλές φορές μάλιστα η δεύτερη, μπορεί να ανοίξει δρόμους για την πρώτη. Για παράδειγμα, είναι γνωστό πως οι λίμνες της βόρειας Αμερικής διοχετεύουν σήμερα τα νερά τους στον Ατλαντικό διαμέσου του ποταμού του Αγίου Λαυρεντίου. Το γεγονός όμως ότι η σύσταση της ιχθυοπανίδας της είναι παρόμοια μ' αυτή του Μισισισιπί, οδηγεί στο συμπέρασμα πως μέχρι πρόσφατα τα νερά των λιμνών κατέληγαν στον κόλπο του Μεξικού.

Για να κατανοήσει κανείς την δομή των γεωλογικών περιόδων ως προς τον φυτικό και ζωικό κόσμο, δεν αρκεί να εξετάσει την κατανομή των ωκεανών και των ηπείρων, ή να βρει τα όρια των κλιματικών ζωνών. Πρέπει επίσης να ανατρέξει στη γεωλογική ιστορία του πλανήτη. Η γεωλογική στρωμάτωση διατηρεί σημαντικό μέρος της πληροφορίας για τις εμφανίσεις και τις εξαφανίσεις των μεγάλων ομάδων των ζώων και των φυτών και μερικές φορές μας δίνει μια εικόνα για την κυριαρχία του ενός ή του άλλου στο τοπίο. Στον σχεδόν ανόργανο κόσμο του Προκαμβρίου, ο πλανήτης κατοικείται από μικροοργανισμούς ελαχίστων διαστάσεων με μικρή ενεργειακή κατανάλωση και ελάχιστη συνολικά βιομάζα. Κατά τη διάρκεια του Παλαιοζωικού «αιώνα» η μεγάλη καινοτομία της ανάπτυξης αγγειακού συστήματος από τα φυτά και η δημιουργία σπονδυλών και αναπνευστικού μηχανισμού από τα ζώα, οδήγησαν στη χειραφέτηση από τα υδατικά μέσα και στην κατάκτηση της στεριάς. Η μεγάλη καμπή που επρόκειτο να δώσει στους ωκεανούς και τις ηπείρους τη σημερινή τους φυσιογνωμία, τοποθετείται στο τέλος του Μεσοζωικού αιώνα, με την παρακμή των μεγάλων ερπετών και την ανάδυση των θηλαστικών και των *αγγειοσπέρμων* (φυτά με ανθοφορία). Με αυτή την έννοια το Κρητιδικό περιβάλλον είναι ήδη «σύγχρονο». Τελικά, η εξήγηση για την σημερινή κατάσταση των ειδών βρίσκεται κυρίως στην ιστορία του Τριτογενούς: Ο διαμελισμός της Παγγαίας έχει σχεδόν ολοκληρωθεί και η απομάκρυνση των ηπείρων αφήνει ανοιχτό το δρόμο για ανεξάρτητες εξελικτικές πορείες (μαρσιποφόρα στην Αυστραλία και τη Νότια Αμερική και διαφοροποίηση των δασών σε Ευρασία και Βόρεια Αμερική).

Οι ορογραφικές όμως πτυχωσεις δημιουργούν νέους φραγμούς ανάμεσα στην Ανατολή και τη Δύση της Αμερικανικής χερσονήσου, ανάμεσα στην Κεντρική και τη Νότια Ασία. Συμβάλλουν στην αποξήρανση του εσωτερικού των ηπείρων και δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη νέων μορφών πανίδας και χλωρίδας, έντονα επηρεασμένων από την προσαρμογή τους στην οικονομία του νερού σε συνθήκες ανομβρίας. Πολύ πιο πρόσφατα, η εξάπλωση ή συρρίκνωση των παγετώνων στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και η εναλλαγή των βροχών και της ξηρασίας στα μικρά γεωγραφικά πλάτη, προκάλεσαν μαζικές μεταναστεύσεις ζώων και φυτών. Πρόσφατα απολιθώματα μαρτυρούν για την ύπαρξη μιας πανίδας σε μέρη των οποίων τα

62. Ταξονομία: κλάδος της οικολογίας που μελετά τα τάξα, τις κατηγορίες των ζωντανών οργανισμών που ορίζονται με βάση τις εξελικτικές τους σχέσεις ή τις ομοιότητες των χαρακτηρισμών.

σημερινά χαρακτηριστικά δεν μας προδιαθέτουν για κάτι τέτοιο: ιπποπόταμοι και γαζέλες στη Σαχάρα, σεκόιες στη Νότια Γαλλία, μαστόδοντα στο Μίτσιγκαν και καμήλες στο Μεξικό. Οι πληθυσμοί αυτοί έχουν σήμερα τελείως εξαφανιστεί ή έχουν περιοριστεί σε εξαιρετικά μικρές περιοχές. Εντούτοις, λειτουργούν ως μάρτυρες των μεταναστευτικών ρευμάτων του παρελθόντος και μας επιτρέπουν να εκτιμήσουμε με σχετική ακρίβεια την εξάρτησή τους από εδαφικές ή μετεωρολογικές παραμέτρους. Παρά τις όποιες επιφυλάξεις, είναι σήμερα δυνατόν, με προεκβολή των απαιτήσεων ειδών που υπάρχουν σήμερα (των ίδιων ή συγγενικών) να ανασυνθέσουμε σε σημαντικό βαθμό το περιβάλλον και το κλίμα του παρελθόντος.

Ασυνέχεια και διασπορά

Η εξήγηση της κατανομής των ειδών πάνω στην επιφάνεια της Γης δεν είναι εύκολη υπόθεση. Οι υποστηρικτές της ειδογένεσης μέσω της κίνησης των ηπειρωτικών πλακών και των γεωλογικών μετασχηματισμών που τις ακολούθησαν, ήταν σχετικά λίγοι στις αρχές του 20ου αιώνα. Η πρώτη σοβαρή αναφορά στη θεωρία αυτή έγινε από τον Γερμανό μετεωρολόγο Alfred Wegener αλλά η απόδειξη ήρθε μόλις το 1960. Έτσι οι περισσότεροι βιογεωγράφοι ήταν σχεδόν υποχρεωμένοι να βασιστούν σε υποθέσεις κατανομών που έγιναν στην περίοδο της σταθερής πλέον θέσης των ηπείρων, πράγμα που τους ανάγκαζε συχνά να καταφεύγουν σε εξωπραγματικές ερμηνείες, όπως για παράδειγμα η ύπαρξη στενών χερσαίων ισθμών που ένωναν μεταξύ τους ωκεανούς. Σήμερα, τόσο οι συνέχειες όσο και οι ασυνέχειες που μπορούμε να παρατηρήσουμε στην κατανομή ενός τάξου σε μια ευρεία γεωγραφική ζώνη έχουν τουλάχιστον δύο εξηγήσεις. Η πρώτη θεωρεί ότι ξεκίνησαν από ένα κοινό *κέντρο προέλευσης* και μετά διεσπάρησαν σε διαφορετικές ηπείρους (έτσι για παράδειγμα εξηγείται η παρουσία των *παλαιόγναθων* πτηνών σε όλο το Νότιο Ημισφαίριο). Η δεύτερη θεωρεί ότι μια ασυνεχής κατανομή μπορεί να προήλθε από μια προηγούμενη (συνεχή) η οποία τεμαχίστηκε από έναν εξωτερικό παράγοντα. Αυτή είναι η υπόθεση του *Βικαριανισμού*⁶³ ο οποίος μπορεί να εμφανιστεί είτε με την εξαφάνιση των ενδιάμεσων πληθυσμών είτε με το χωρισμό μιας χερσαίας ή υδάτινης μάζας από έναν μετεωρολογικό παράγοντα. Και στις δυο περιπτώσεις, τα μέλη ενός βιόκοσμου μπορούν να αποσπασθούν και να εξελιχθούν ανεξάρτητα. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι ενώ η κατανομή ορισμένων τάξων εξηγείται με την τεκτονική των πλακών, η διασπορά εξηγεί την κατανομή των υπολοίπων.

Η ικανότητα της διασποράς στα ζώα και στα φυτά ποικίλει από ομάδα σε ομάδα. Οι διάφοροι μικροοργανισμοί όπως τα πρωτόζωα, τα τροχόζωα και τα βραδυπόδα, αλλά και τα σπόρια των μυκήτων, είναι συνήθως πολύ ανθεκτικά και μπορούν να μεταφερθούν από τον άνεμο σε μεγάλες αποστάσεις. Δεν είναι λοιπόν καθόλου παράξενο που έχουν μια ευρύτατη γεωγραφική κατανομή. Το ίδιο συμβαίνει και τους σπόρους ορισμένων φυτών, κυρίως αυτών που είναι μικρά σε μέγεθος και έχουν μεγάλο χρόνο *διάπαυσης*⁶⁴. Μπορούν να μεταφερθούν στο σώμα και το τρίχωμα των θηλασι-

63. Ο βικαριανισμός είναι ίσως η πιο ενδιαφέρουσα αν και αμφιλεγόμενη υπόθεση της βιογεωγραφίας της δεκαετίας του '70 όπου η δημιουργία νέων ειδών (αλλοπατρική ειδογένεση) εξηγείται με τον ρόλο των γεωγραφικών εμποδίων στη μη διατήρηση της συνέχειας σε ένα πληθυσμό.

64. Κατάσταση προσωρινής αναστολής της ανάπτυξης και της αναπαραγωγής και μείωσης του

κών, στα στομάχια των πουλιών ή στα πόδια τους. Τα αυγά των σαλιγκαριών που βρίσκονται σε γλυκά νερά μπορούν να μεταναστεύσουν ανακατεμένα με τη λάσπη που κολλά στις πατούσες των υδροβίων πτηνών, ενώ μια μεγάλη ποικιλία από μικροσκοπικά ζώα και φυτά μπορούν να ταξιδεύουν πάνω σε επιπλέουσες σχεδίες που οι βροχές και τα ρεύματα τις μεταφέρουν σε τελείως απομεμακρυσμένα περιβάλλοντα. Ο άνεμος μπορεί επίσης να μεταφέρει τα μικρά ιπτάμενα έντομα πολύ πέρα από τον τόπο που γεννήθηκαν, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με ορισμένα πουλιά (ευκαιριακοί μετανάστευση). Τα πουλιά βέβαια προτιμούν συνήθως τους προκαθορισμένους μεταναστευτικούς δρόμους, ενώ υπάρχουν μερικά, όπως τα πουλιά του δάσους, που σπάνια αποφασίζουν να μετακινηθούν και να διασχίσουν μη δασικά ενδιαιτήματα.

Οι μεταναστεύσεις του παρελθόντος

Η ιστορία της ζωής πάνω στον πλανήτη συνδέεται στενά με το παρελθόν, τους τύπους και τη δυναμική των μεταναστεύσεων. Από τις μεταναστεύσεις αυτές, εκείνες που έχουν ιδιαίτερη σημασία είναι όσες συνέβησαν κατά τη διάρκεια του Τριτογενούς και Τεταρτογενούς, διότι είναι αυτές που καθόρισαν τόσο την κατανομή των ειδών, όσο και τις διηπειρωτικές τους μετακινήσεις στις μέρες μας.

Η βασική πηγή πληροφοριών για τις (μόνιμες) μεταναστεύσεις των παλαιότερων εποχών είναι τα απολιθώματα. Τα σημεία που βρέθηκαν τα πιο παλιά απολιθώματα ενός συγκεκριμένου τύπου θεωρούνται ως η περιοχή προέλευσης. Από τη στιγμή που ο τύπος αυτός παγιώνεται, αρχίζει να εξαπλώνεται προς νέα εδάφη όπου συναντά νέες περιβαλλοντικές συνθήκες και νέα ενδιαιτήματα. Στη γενετική δεξαμενή επενεργεί η φυσική επιλογή και τα είδη αναγκάζονται σε προσαρμοστικές μεταβολές (ακτινωτή προσαρμογή). Οι νέες θέσεις και οι νεότεροι τύποι εμφανίζονται στα πιο πρόσφατα απολιθώματα. Φυσικά, για να καταλήξουμε σε στέρεα συμπεράσματα απαιτείται μια αρκετά μεγάλη και σχετικά πλήρης σειρά απολιθωμάτων. Έτσι για παράδειγμα, τα πιο πρόσφατα ευρήματά μας πληροφορούν ότι τα Proboscidea (ομάδα ελεφάντων) εξελίχθηκαν αρχικά στην Αφρική, επειδή όμως οι πρώτες καταγραφές είναι ελλιπείς, είναι πολύ πιθανόν η περιοχή της προέλευσής τους να είναι η κεντρική Ασία.

μεταβολισμού, στην οποία καταφεύγουν ορισμένοι οργανισμοί για να αποφύγουν τις δυσάρεστες οικολογικές συνθήκες που επικρατούν κάποια περίοδο του έτους. Το φαινόμενο αυτό είναι συνηθισμένο στους οργανισμούς μικρού μεγέθους που ζουν σε ερημικό περιβάλλον και δεν αντέχουν την υψηλή θερμοκρασία ή την απουσία νερού. Κατά κανόνα παραμένουν σε μορφή αβγών ή προνυμφών, παρουσιάζοντας ανθεκτικότητα στην ξηρασία και στην υψηλή θερμοκρασία και περιμένοντας την έναρξη των σπάνιων βροχών. Όταν βρέξει, οι οργανισμοί αυτοί αρχίζουν να αναπτύσσονται με ταχύτατους ρυθμούς και σε διάστημα λίγων ημερών, δηλαδή όσο διαρκεί η νγρασία, καταφέρνουν να ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους και να αποκτήσουν απογόνους. Ανάλογες προσαρμογές παρουσιάζουν πολλά έντομα σε εύκρατες περιοχές, με πολύ ψυχρούς χειμώνες ή πολύ ξηρά καλοκαίρια. Αν παρουσιάζουν πρόβλημα τον χειμώνα, μειώνουν στο ελάχιστο τον μεταβολισμό τους, ενώ το νερό που περιέχουν δεσμεύεται με άλλες ουσίες για να αποφευχθεί η πήξη του. Αν πρέπει να αντιμετωπίσουν το καλοκαίρι, αποβάλλουν ένα μεγάλο μέρος του νερού που διαθέτουν, αντιμετωπίζοντας την ξηρή περίοδο ως ώριμα άτομα σε ένα αδρανές στάδιο ανυδροβίωσης, ενώ ταυτόχρονα παράγουν ένα εξωτερικό αδιάβροχο περίβλημα που εμποδίζει την πλήρη αφυδάτωσή τους. Ακόμη και μια ξαφνική καλοκαιρινή μπόρα μπορεί να επαναδραστηριοποιήσει αυτούς τους διαθερίζοντες οργανισμούς.

Παρόμοια είδη μπορεί να βρεθούν σε διαφορετικές ηπείρους. Αυτό μαρτυρά ότι εξελίχθηκαν από ένα κοινό πρόγονο και την ίδια κοιτίδα. Αν οι διαφορές είναι μικρές, αυτό σημαίνει ότι η μετανάστευση είναι σχετικά πρόσφατη. Αν αντίθετα τα είδη παρουσιάζουν μακρινή σύνδεση, αυτό σημαίνει πως η εξέλιξη λειτούργησε για πολύ μεγαλύτερο διάστημα και άρα η μετανάστευση έγινε σε πολύ προγενέστερο χρόνο. Η διηπειρωτικές μετακινήσεις (τουλάχιστον για τα χερσαία ζώα) διευκολύνθηκαν σημαντικά από τις αλλαγές κατά τη διάρκεια των παγετώνων. Σε κάθε παγετώδη περίοδο, τα νερά δημιουργούν παγόβουνα με αποτέλεσμα τον υποβιβασμό της στάθμης της θάλασσας. Στις αιχμές, η διαφορά μπορεί να φτάσει και τα 100 μέτρα. Τότε οι περιοχές της υφαλοκρηπίδας αναδύονται από τη θάλασσα και μπορούν να δημιουργήσουν γέφυρες και περάσματα μεταξύ των ηπείρων. Μια τέτοια γέφυρα εντοπίστηκε στο Βερίγγειο Πορθμό και ένωσε την Αλάσκα και τη Σιβηρία και κατ' επέκταση την Ευρασιατική ήπειρο με την Αμερική. Κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου, η γέφυρα αυτή αναδύθηκε και καταβυθίστηκε πολλές φορές, ευνοώντας άλλοτε το πέρας και την ανάμιξη των ζώων και άλλοτε την απομόνωση. Έτσι, ενώ πριν από την Πλειστόκαινο οι δύο ήπειροι έχουν διαφορετική πανίδα, κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου κατοικούνται από ζώα με πολύ μεγάλες ομοιότητες, περισσότερες και από τις σημερινές αφού εντωμεταξύ μεσολάβησαν πολλές και σημαντικές εξαφανίσεις.

Αν πάμε 40 και 50 εκ. χρόνια πίσω, κατά τη διάρκεια της Ολιγοκαίνου, θα βρούμε καμήλες, άλογα και σκύλους να αποτελούν μέρος της αυτόχθονης πανίδας της βόρειας Αμερικής. Πολλά από τα ζώα αυτά είχαν αρκετές διαφορές αλλά και ομοιότητες με τα σημερινά. Οι καμήλες για παράδειγμα είχαν ύψος ως και 3,5 μέτρα, είχαν συνηθίσει να ζουν σε θερμά κλίματα, ήταν όμως καλά προσαρμοσμένες στις χαμηλές θερμοκρασίες της νύχτας, όπως και οι σημερινές της Σαχάρας. Η μετανάστευση προς την Ασία διαμέσου του Βερίγγειου Πορθμού έγινε σε διάφορα στάδια. Πρώτα ταξίδεψαν τα άλογα, πριν από 20 εκ. χρόνια, και οι απόγονοί τους εποίκησαν τόσο την Ευρασία όσο και την Αφρική (ζέβρες). Ακολουθούν οι σκύλοι (5 εκ. χρόνια πριν) και τέλος οι καμήλες (4 εκ. χρόνια) οι οποίες όμως εξαφανίζονται από την περιοχή προέλευσης γύρω στα 8.000 χρόνια πριν.

Αντίθετα, στην Αμερική δεν υπήρχαν ελέφαντες κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου. Η περιοχή προέλευσής τους είναι ο *Παλαιός Κόσμος*. Οι πρώτοι από τους μετανάστες ήταν τα *μαστόδοντα* (17 εκ. χρόνια πριν) και στη συνέχεια τα *μαμούθ* – είδη προσαρμοσμένα σε ψυχρά κλίματα – πράγμα που μαρτυρά ότι η μετακίνηση έλαβε χώρα κατά την διάρκεια των πρώτων παγετώνων. Τα μαμούθ, από τη στιγμή που εγκαταστάθηκαν άρχισαν να εξελίσσονται σε είδος των εύκρατων κλιματικών ζωνών και το μέγεθός τους μεγάλωσε. Το *κολομβιανό μαμούθ*, είδος που εξαφανίστηκε σχετικά πρόσφατα (13.000 χρόνια πριν) ήταν ίσως το μεγαλύτερο μέλος της οικογένειας των ελεφάντων που έζησε ποτέ. Το βάρος του, που έφτανε τους 13 τόνους- περισσότερο από το διπλάσιο του Αμερικανικού ελέφαντα – αποτέλεσε πιθανότητα σημαντικό μειονέκτημα όταν άλλαξαν οι συνθήκες και εμφανίστηκαν οι κυνηγοί.

Οι μεταναστεύσεις δεν περιορίστηκαν μόνο στα ζώα. Οι συχνές εναλλαγές θερμών και ψυχρών περιόδων κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου, συνετέλεσαν στη μετατόπιση των κλιματικών ζωνών και κατά συνέπεια στις μετακινήσεις των φυτοκοινωνιών από βορρά στο νότο και αντίστροφα. Οι καθοριστικοί παράγοντες ήταν κάθε φορά η διαθεσιμότητα του νερού και η θερμοκρασία. Στις λεγόμενες μεσοπαγετωνικές περιόδους (το διάστημα μεταξύ δύο παγετώνων) το κλίμα στην Ευρώπη γι-

νόταν θερμότερο και τα μικτά δάση των πλατύφυλλων και φυλλοβόλων δέντρων επεκτείνονταν προς τα βόρεια και ανατολικά της γηραιάς ηπείρου. Η ποικιλοότητα όμως των δασικών οικοσυστημάτων ελαττωνόταν όσο προχωρούσε κανείς στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, εξαιτίας της ύπαρξης φραγμών αλλά και εξαιτίας του μεγαλύτερου χρόνου που απαιτούσε η επαναποίκηση.

Τα διαδοχικά κύματα εξάπλωσης και απόσυρσης της φύσης από τις νέες και τις παλιές οικογεωγραφικές ενότητες είχαν ως αποτέλεσμα μια πιο εκτεταμένη κατανομή των ειδών σε σχέση με τη σημερινή, και μια μεγαλύτερη ανάμιξη. Η οξιά για παράδειγμα είχε πολύ μεγαλύτερη ζώνη εξάπλωσης, ενώ δέντρα όπως οι φουντουκιές και οι καστανιές, που συνήθως τα βρίσκουμε στα ήπια κλίματα, έφταναν κάποτε μέχρι τη Σουηδία και τη Φινλανδία, δηλαδή πάνω από 300 χλμ. από τα σημερινά τους όρια.

Το αντίστροφο βέβαια συνέβαινε κατά τη διάρκεια των παγετώνων. Η πανίδα και η χλωρίδα μετανάστευαν προς Νότο και είδη χαρακτηριστικά των ανωτέρων γεωγραφικών παραλλήλων, όπως η θαμνώδης βλάστηση της τούνδρας, έφταναν σε περιοχές της Ευρώπης που σήμερα υπάρχουν μόνο δάση.

Το εντυπωσιακό παράδειγμα της βελανιδιάς

Αν όμως η μετανάστευση των ζώων μπορεί σχετικά εύκολα να προσαρμοστεί στις διακυμάνσεις του περιβάλλοντος και στις εποχιακές διαφορές, δεν συμβαίνει το ίδιο με τη βλάστηση. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα των φυτών να μεταναστεύουν είναι ελάχιστα γνωστοί, ακόμα και για καλά μελετημένους οργανισμούς όπως είναι τα δέντρα. Μερικές μελέτες έδειξαν πως τέτοιες μεταναστεύσεις είναι πιθανόν να έχουν πραγματοποιηθεί στην μετά τους παγετώνες εποχή.

Μια απ' αυτές, ίσως και η πιο ολοκληρωμένη αφορά στην εξάπλωση της βελανιδιάς στην Ευρωπαϊκή ήπειρο⁶⁵. Όπως είναι γνωστό η βελανιδιά, που ανήκει στο γένος *Quercus* κυριαρχεί σήμερα στα Ευρωπαϊκά δάση με περίπου είκοσι είδη των οποίων η διασπορά καλύπτει μια ευρύτατη περιοχή, από τα Μεσογειακά οικοσυστήματα μέχρι τις Σκανδιναβικές χώρες. Η καταγωγή του γένους βυθίζεται στο μακρινό παρελθόν, με μια ιστορία που ξεπερνά τα δέκα εκατομμύρια χρόνια. Μετά το τέλος του Τεταρτογενούς, δηλαδή τα τελευταία δύο εκατομμύρια χρόνια, οι εναλλαγές των παγετώνων με τις θερμότερες εποχές είχαν ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση ορισμένων ειδών ή/και ένα επανεποικισμό των χαμένων εδαφών. Μετά και το τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου, πριν 18.000 χρόνια, η βελανιδιά περιορίζεται σε τρεις πολύ μικρές νησίδες, η μία στη Ιβηρική χερσόνησο, η δεύτερη στην Ιταλία και η τρίτη στα Βαλκάνια. Με την αρχή της επαναθέρμανσης του κλίματος, γύρω στα 15.000 χρόνια πριν, οι πληθυσμοί του *Quercus* αρχίζουν να εξαπλώνονται, κυρίως προς τα βόρεια γεωγραφικά πλάτη, καθώς οι πάγοι ελευθερώνουν τα προς εποικισμόν εδάφη.

Το πιο εντυπωσιακό στοιχείο είναι η ταχύτητα αυτής της εξάπλωσης που σε μερικές περιπτώσεις φτάνει τα 50 μέτρα το χρόνο, μια ταχύτητα η οποία όμως επιβεβαιώνεται από πολύ «δυσμενείς» γεωγραφικούς παράγοντες όπως είναι οι Αλπικές πτυ-

65. A. Kremer, "L'epopee des chenes Europeens", *La Recherche*, Μάιος 2003, τεύχος 342.

χώσεις. Όπως έδειξαν οι έρευνες στο DNA των απολιθωμάτων, η διασπορά επιταχύνθηκε με ένα μηχανισμό που ονομάστηκε «άλματα του ψύλλου». Με άλλα λόγια, η μετανάστευση ορισμένων φυτών σε μακρινές αποστάσεις δημιούργησε νέες νησίδες διασποράς που ήρθαν να προσθέσουν τη δυναμική τους σε αυτήν της συνεχούς χωρικής εξάπλωσης. Στη βάση αυτού του μηχανισμού ανιχνεύονται τρεις παράγοντες. Ο πρώτος σχετίζεται με την δραστηριότητα ορισμένων πτηνών, όπως η καλιακούδα και τα κοράκια που έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν τους σπόρους του φυτού σε μεγάλες αποστάσεις. Ο δεύτερος σχετίζεται με τα ρεύματα του νερού και ο τρίτος με τον ανθρώπινο παράγοντα του οποίου μάλιστα η προς βορράν εξάπλωση γίνεται παράλληλα με αυτόν της βελανιδιάς.

Όλα αυτά όμως θα μπορούσαν να συμβούν σε οποιοδήποτε φυτό. Τι είναι εκείνο που έκανε το *Quercus* να ξεχωρίσει και να αποκτήσει πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών του; Οι γενετικές έρευνες έδειξαν ότι αυτό οφείλεται σε μια ιδιαίτερη στρατηγική προσαρμογής και ειδικότερα στην ύπαρξη γονιδίων προσαρμογής τα οποία δια της φυσικής επιλογής καθιστούν τα διάφορα είδη ικανά να επιβιώνουν σε πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα. Στην στρατηγική αυτή έρχεται να προστεθεί και η ευκολία με την οποία τα φυτά του ίδιου γένους διασταυρώνονται, σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει στα ζώα, όπου η διασταύρωση δεν είναι δυνατή παρά μόνο μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους. Ο υβριδισμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα, όχι μόνο ν' αυξάνεται η ποικιλότητα, αλλά και δι' αυτής να ευνοούνται τα φυτά που έχουν μεγαλύτερο δυναμικό γονιμοποίησης. Αυτό δεν παραπέμπει τόσο στον ανταγωνισμό, όσο σε μια «δουλειά ομάδας», αφού για την επίτευξη του υβριδισμού συνεργάζονται ορισμένα κύρια είδη που αρχικά συνυπάρχουν στο ίδιο δάσος. Η συνεργασία τους έγκειται στο ότι παράγουν διαφοροποιημένους απογόνους οι οποίοι μπορούν να μοιραστούν ρόλους και να κερδίσουν μέσα από την εξειδίκευση. Είναι όπως περίπου ένας πατέρας (η μια μητέρα) με πολλά παιδιά να φροντίζουν ώστε αυτά να μάθουν διαφορετικά επαγγέλματα με τρόπο που η οικογένεια στο σύνολό της να έχει ένα μεγαλύτερο μερίδιο και περισσότερες πιθανότητες στην αγορά εργασίας.

Αν όμως η βελανιδιά τα κατάφερε, και πιθανότατα θα τα ξανακαταφέρει σε μια μεγάλη εξωτερική μεταβολή όπως είναι το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου, δεν είναι καθόλου σίγουρο πως αυτό θα συμβεί και με την υπόλοιπη βλάστηση. Είναι σαφές, πως η επικείμενη Κλιματική Αλλαγή, είναι δυνατόν να επηρεάσει αρνητικά την σημερινή ισορροπία (π.χ. μέσα από τη μετατόπιση των κλιματικών ζωνών) και να προκαλέσει διαταραχές έξω από τα όρια και τις δυνατότητες προσαρμογής ορισμένων φυσικών συστημάτων. Έτσι το πρόβλημα δεν είναι μόνο να μπορέσει να προβλέψει κανείς το πόσο γρήγορα θα ανταποκριθούν οι οργανισμοί στις αλλαγές αυτές και αλλά το πόσο σύντομα θα κληθούν να το κάνουν.

Ταξιδιώτες, πρόσφυγες και μετανάστες

Που πάνε τα χελιδόνια; Ο Αριστοτέλης ήταν από τους πρώτους (αν όχι ο πρώτος) που έθεσαν το ερώτημα και μάλιστα με όρους βιο-γεωγραφικούς. Στις παρατηρήσεις του είχε ήδη επισημάνει την εποχικότητα ορισμένων μετακινήσεων όπως και τη συνάρτησή τους με την επάρκεια της τροφής: οι θαλάσσιες χελώνες έρχονται από πολύ μακριά την ίδια πάντα εποχή για να γεννήσουν, ενώ τα πουλιά δεν θα ξεκινήσουν αν δεν

πάρουν το απαραίτητο βάρος, με άλλα λόγια τα καύσιμα για το μεγάλο ταξίδι πάνω απ' τις ηπείρους και τους ωκεανούς.

Η κινητικότητα, ακόμα κι αν είναι διαφορετικά κατανοημένη στις διάφορες ομάδες, αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των ζώων. Όταν οι πληθυσμοί τους ή και τα μεμονωμένα άτομα καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς ποτέ να ξαναγυρίζουν στον τόπο καταγωγής τους, τότε οι κινήσεις ονομάζονται *α-κυκλικές*. Στις περιπτώσεις αυτές θα μπορούσαμε να μιλήσουμε για *προσφυγισμό* ή και για γεωγραφική εξάπλωση στο βαθμό που το φαινόμενο αυτό επηρεάζει, για παράδειγμα, την κατανομή ενός είδους στο χώρο ή τις αναπαραγωγικές του συνήθειες, ανεξάρτητα αν αυτό οφείλεται σε φυσικά ή σε ανθρωπογενή αίτια. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της εισβολής ενός πληθυσμού σε ένα καινούργιο τόπο είναι η μη κανονικότητα. Τα ζώα εμφανίζονται σε μεγάλους αριθμούς σε μια περιοχή, παραμένουν για κάποιο διάστημα και μετά εξαφανίζονται. Οι εξορμήσεις όμως αυτές συχνά συνοδεύονται από μια κατακόρυφη μείωση του πληθυσμού. Είναι κι αυτό ένα είδος προσαρμογής σε συνθήκες διατροφικής ένδειας ή και ένας τρόπος ελέγχου του ζωικού πλεονάσματος.

Αντίθετα, άλλες μετακινήσεις είναι πολύ πιο κανονικές και συμπίπτουν με τις κρίσιμες φάσεις του βιολογικού κύκλου των ζώων. Περιλαμβάνουν πάντοτε την επιστροφή στο σημείο της αφηρησίας και κατατάσσονται στην κατηγορία των μεταναστεύσεων. Πρόκειται για περιοδικές μετακινήσεις από τον τόπο αναπαραγωγής προς ένα τόπο διαμονής έξω από την αναπαραγωγική περίοδο, που κλείνουν με την επάνοδο στην αρχική θέση. Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι η κανονικότητα η οποία μπορεί να συνδυάζεται και με την εναλλαγή των εποχών, όμως οι αποστάσεις που διανύονται έχουν ένα τεράστιο εύρος, από μερικές δεκάδες μέχρι και χιλιάδες χιλιόμετρα. Σε πολλές περιπτώσεις τα μεταναστευτικά ρεύματα έχουν μια αυστηρά προσδιορισμένη κατεύθυνση, σε άλλες παρασύρονται από τις φυγόκεντρες δυνάμεις και τα δυναμικά φαινόμενα στην ατμόσφαιρα και παίρνουν την μορφή μιας διάχυτης κίνησης μεγάλης κλίμακας.

Σε πολλά ζώα – τα περισσότερα πουλιά και θηλαστικά και αρκετά ψάρια – ο μεταναστευτικός κύκλος είναι ετήσιος και βρίσκεται σε απευθείας σχέση με τον κύκλο των εποχών. Για άλλα είδη, π.χ. τα χέλια και τους σολομούς, ο κύκλος καταλαμβάνει όλη τη διάρκεια της ζωής τους που ξεκινά από τη γέννηση, συνεχίζεται με την περιπλάνηση στους ωκεανούς και καταλήγει στην επιστροφή στη γενέθλια γη όπου θα γεννήσουν και θα πεθάνουν. Σε άλλα τέλος ζώα όπως είναι τα βραχύβια έντομα με ταχύτατους ρυθμούς αναπαραγωγής, οι μεταναστεύσεις γίνονται με διαδοχικές γενιές που η μια παραλαμβάνει τη σκυτάλη από την προηγούμενη.

Το μεγαλύτερο μέρος των μεταναστεύσεων γίνεται κατά την οριζόντια συνιστώσα, ενώ κατακόρυφη κίνηση βρίσκουμε μόνο σε ορισμένους θαλάσσιους οργανισμούς που μετατοπίζονται από τα μεγάλα βάθη στην επιφάνεια ανάλογα με την εποχή. Μερικά επίσης ζώα (πουλιά και θηλαστικά) μετακινούνται καθ' ύψος ακολουθώντας το ανάγλυφο: στα μεγαλύτερα υψόμετρα φτιάχνουν τη φωλιά τους και ξεχειμωνιάζουν στα πεδινά. Όλες όμως οι μετακινήσεις, παρά την μεγάλη τους ποικιλοπλοΐα δεν είναι παρά η απάντηση του ζωικού κόσμου στη μεταβολή των ενδιαιτημάτων τους. Και παρά το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος των μετακινήσεων λαμβάνει χώρα στις ψυχρές περιοχές, οι μεταναστεύσεις καταλαμβάνουν όλη την επιφάνεια της Γης, ακόμη και τις τροπικές ζώνες. Τόσο στο θεωρητικό, όσο και στο πρακτικό επίπεδο (π.χ. αλιεία) έχουν τεράστια σημασία.

Η καταγωγή των μεταναστεύσεων παραμένει στην σφαίρα των υποθέσεων. Σε γενικές όμως γραμμές όλοι συμφωνούν ότι εκδηλώθηκαν ως προσαρμογή στις σοβαρές γεωλογικές και κλιματικές αλλαγές που συνέβησαν στο τέλος του Τριτογενούς και κυρίως στο Τεταρτογενές. Εμφανίστηκαν αρχικά στα ενδιαιτήματα που υφίστατο διακυμάνσεις μεγάλου εύρους, σχετικές τόσο με τις περιβαλλοντικές συνθήκες όσο και με τη διαθέσιμη βιομάζα. Μερικά είδη αρκέστηκαν στην αλλαγή του ενδιαιτήματος, άλλα αφέθηκαν σε μια περιπλάνηση χωρίς ίσως στόχο, αλλά με μια διαίσθηση που τα οδηγούσε σε ευνοϊκότερους τόπους. Το φαινόμενο αυτό ενισχύθηκε σταδιακά στα είδη εκείνα για τα οποία η μετανάστευση δημιουργούσε συγκριτικό πλεονέκτημα. Μέσω της φυσικής επιλογής ορισμένα άτομα από τους μεταναστευτικούς πληθυσμούς κατάφεραν να διακριθούν, άλλα απλώς εξαφανίστηκαν. Τελικά, αποκρυσταλλώθηκαν δύο κλάδοι. Ο πρώτος που οδήγησε ορισμένα ζώα να μετεγκατασταθούν οριστικά και ο δεύτερος που χαρακτηρίζεται από ένα συνεχές πέρα δώθε από και προς τους (προσωρινούς) τόπους αναπαραγωγής.

Η φυσική επιλογή όμως έδρασε και με έναν άλλο τρόπο: επέβαλε στα ζώα ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία τα διευκόλυναν στα μεγάλα τους ταξίδια (τα οποία απαιτούσαν σημαντική προσπάθεια και εξοικονόμηση πόρων). Έτσι για παράδειγμα τα μεταναστευτικά πουλιά απέκτησαν μεγαλύτερη δεινότητα στο πέταγμα από τα *εδραία*. Τα φτερά τους επιμηκύνθηκαν και έγιναν πιο αεροδυναμικά, πράγμα που τους επέτρεπε να κινούνται πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά. Αντίστοιχες επισημάνσεις μπορούμε να κάνουμε για τα μεταναστευτικά ψάρια, αλλά και για τα έντομα με εποχιακές μεταναστεύσεις όπως οι ακρίδες.

Από μια «μακροοικονομική» σκοπιά, οι μεταναστεύσεις δημιουργούν τις συνθήκες για τη μέγιστη αξιοποίηση των πόρων ορισμένων ενδιαιτημάτων, που χωρίς αυτή την πληθυσμιακή διακύμανση θα έμεναν ανεκμετάλλευτα. Με μια διαφορετική διατύπωση μπορούμε να πούμε ότι καθώς ο μεταναστευτικός κύκλος προσαρμόζεται στις διακυμάνσεις της παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων, μειώνει το εύρος αυτής της διακύμανσης, επιτρέποντας ταυτόχρονα την επιβίωση μεγαλύτερου αριθμού ειδών και μεγαλύτερων πληθυσμών. Η συσχέτιση ανάμεσα στην παραγωγικότητα και τις μεταναστευτικές κινήσεις είναι ιδιαίτερα εμφανής στα πουλιά που μετακινούνται μεταξύ του αρκτικού κύκλου και της ζώνης των τροπικών. Στην Αρκτική, η φυτική και ζωϊκή παραγωγικότητα είναι αυξημένες για ένα σύντομο διάστημα του θέρους του Βορείου Ημισφαιρίου. Οι αγριόπαπιες βρίσκουν τότε την ευκαιρία να κάνουν τις φωλιές τους και να γεννήσουν. Καθώς έρχεται ο χειμώνας, πρώιμος στα βόρεια πλάτη, τα πουλιά κατευθύνονται στο Νότο για να ξεχειμωνιάσουν στις Αφρικανικές σαβάνες του Σουδάν και της Σενεγάλης. Εκεί, οι καλοκαιρινές βροχές δημιουργούν πολύ ευνοϊκές συνθήκες για τα υδρόβια πουλιά που βρίσκουν τροφή και καταφύγιο συνωσιζόμενα σε μεγάλα κοπάδια και μετατοπιζόμενα ανάλογα με τις επιφανειακές αποσύρσεις ή συγκεντρώσεις των υδάτων. Ξαναφεύγουν πίσω την άνοιξη με τις μεγάλες ξηρασίες για να ανέβουν σιγά-σιγά στο Βορρά που θα γεννήσουν και θα ξαναρχίσουν τον κύκλο τους. Το εκπληκτικό μ' αυτές τις μετακινήσεις είναι πως τα πουλιά βρίσκονται στον κατάλληλο τόπο την κατάλληλη στιγμή, ούτε νωρίτερα ούτε αργότερα. Με τον τρόπο αυτό εκμεταλλεύονται τους πόρους περισσότερων ενδιαιτημάτων σε διαφορετικές εποχές, συμβάλλοντας ταυτόχρονα σε μια γενικότερη δυναμική ισορροπία. Γίνεται επομένως σαφές, πως η επικείμενη Κλιματική Αλλαγή, είναι δυνατόν να επηρεάσει αρνητικά αυτήν την ισορροπία (π.χ. μέσα από τη μετατόπιση

των κλιματικών ζωνών) και να προκαλέσει διαταραχές που να είναι έξω από τα όρια και τις δυνατότητες προσαρμογής των ζωντανών οργανισμών. Μακροπρόθεσμα βέβαια μια νέα ισορροπία θα αποκατασταθεί, με πολλές όμως εν τω μεταξύ απώλειες.

Ανάλογη στρατηγική μπορούμε να παρατηρήσουμε και στα είδη εκείνα που κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου τους εμφανίζουν μια μεγάλη γεωγραφική διασπορά στην προσπάθειά τους να διευρύνουν τα όρια αναζήτησης τροφής. Έτσι, τα ψάρια για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής παραμένουν σε νερά με πολύ συγκεκριμένα φυσικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά. Τον υπόλοιπο χρόνο, επεκτείνονται σε νερά με τελείως διαφορετικές ωκεανογραφικές συνθήκες, που προσφέρουν όμως πολύ μεγαλύτερα αποθέματα τροφής. Το ίδιο και πολλά θαλασσοπούλια. Κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου, είναι προσκολλημένα σε στενές γεωγραφικές περιοχές, κυρίως λόγω της ανάγκης να φωλιάζουν σε στερεό έδαφος. Έξω όμως απ' αυτήν την περίοδο εμφανίζουν μια εντυπωσιακή διασπορά η οποία διευρύνει και πολλαπλασιάζει το διατροφικό τους δυναμικό. Οι στέρνες (*Sterna paradisaea*) για παράδειγμα είναι πουλιά που φωλιάζουν και αναπαράγονται στις βόρειες ακτές των περιοχών του Αρκτικού Κύκλου. Κάθε καλοκαίρι (για το βόρειο ημισφαίριο) μεταναστεύουν προς το Νότο, φτάνοντας μέχρι την Ανταρκτική. Είναι σίγουρα τα πουλιά που βλέπουν τον περισσότερο ήλιο στη ζωή τους.

Φτερωτοί μετανάστες

Μετά από έρευνες δεκαετιών οι επιστήμονες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ικανότητα προσανατολισμού των πουλιών είναι ένστικτο που υπάρχει τόσο στα ενήλικα, όσο και στα νεαρά άτομα. Τα ενήλικα έχουν επιπλέον την ικανότητα διόρθωσης της πορείας καθώς και μνήμη όπου καταγράφονται γεωγραφικά ορόσημα της διαδρομής τους. Τα περισσότερα από τα μικρά πουλιά όπως οι τσίχλες, για λόγους ασφαλείας μεταναστεύουν σχεδόν πάντα τη νύχτα, ενώ τη μέρα τρώνε και αναπαύονται. Μεγάλα όμως πουλιά, όπως τα αρπακτικά και οι πελαργοί, πετούν την ημέρα επειδή εκμεταλλεύονται τα ανοδικά ρεύματα της ατμόσφαιρας. Την ημέρα προσανατολίζονται βλέποντας γεωγραφικά σημεία (ακρωτήρια, νησιά, υδροτόπους κτλ.) ενώ τα εντομοφάγα μπορούν να ταξιδεύουν τρώγοντας. Μερικά πουλιά μεταναστεύουν σε ευρύ μέτωπο πάνω από ερήμους όπως η Σαχάρα, ή πάνω από μεγάλες οροσειρές. Άλλα πάλι για να διασχίσουν μια θάλασσα συνωστίζονται πάνω από λεπτές λουρίδες στεριάς όπως είναι ο Βόσπορος, το Γιβραλτάρ και τα στενά της Μεσσηνίας. Τα περισσότερα πουλιά ταξιδεύουν με ταχύτητα 30-35 χλμ. την ώρα. Με εννοϊκό άνεμο η ταχύτητα αυξάνεται πολύ. Οι πελαργοί μπορούν να φτάσουν μέχρι και 55 χλμ. την ώρα, ενώ μια λασποσκαλίδρα (*Calidris alpina*) βρέθηκε να έχει διανύσει σε μια μέρα 1023 χλμ. Τα περισσότερα πουλιά μεταναστεύουν σε μεγάλα ύψη, γι αυτό δεν τα βλέπουμε. Ένα σμήνος από χήνες εντοπίστηκε να ταξιδεύει σε ύψος 9.500 μέτρα.

Από το περιοδικό «Οι φίλοι του Μουσείου Γουλανδρή» τεύχος 66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

TROUBLED WATERS

Η νεκρή θάλασσα του Στάλιν

Στις αρχές του αιώνα, η λίμνη Αράλη ήταν η τέταρτη σε μέγεθος λίμνη στο κόσμο. Η έκτασή της έφτανε τα 66.000 τ. χλμ. και όγκος των νερών της γύρω στα 1.000 δισεκ. κυβικά μέτρα. Ήταν μια εσωτερική θάλασσα. Η ιχθυοπαραγωγή της τις καλές χρονιές ξεπερνούσε τους 40.000 τόνους, ενώ τα ποτάμια που έφταναν σ' αυτήν σχημάτιζαν μια μεγάλη ποικιλία μικρότερων λιμνών, λιμνοθαλασσών και δελταϊκών σχηματισμών συνολικής έκτασης 5,5 εκ. στρεμμάτων. Αντίστοιχη ήταν και η βιοποικιλότητα.

Σήμερα, η λίμνη έχει χάσει το 1/3 της έκτασής της και κάτι παραπάνω από το μισό του υδατικού της δυναμικού. Οι περισσότερες από τις μικρές περιφερειακές λίμνες έχουν αποξηρανθεί και οι υγροτοπικές εκτάσεις έχουν μεταβληθεί σε απέραντες αμμόδεις ερήμους. Η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στο νερό της λίμνης έχει τετραπλασιαστεί (40 gr/ltr) πράγμα που κάνει αδύνατη την επιβίωση της ιχθυοπανίδας, αλλά και άλλων υδρόβιων οργανισμών. Όλες οι εμπορικές μορφές αλιείας έχουν πρακτικά σταματήσει από το 1982, η συγκομιδή είναι αμελητέα και οι περισσότεροι ψαράδες είναι χωρίς δουλειά. Παραλίμνιες πόλεις και χωριά του παρελθόντος, σήμερα βρίσκονται σε απόσταση έως και 70 χλμ. από την ακτή. Το μέρος της λίμνης που έχει απογυμνωθεί μεταφέρει από 15 έως 75.000 τόνους ρυπασμένης άμμου και σκόνης σε απόσταση έως και 250 χλμ. Οι αλλαγές αυτές έχουν βέβαια επηρεάσει και το κλίμα που έγινε ακόμα πιο ξερό και ζεστό, ενώ οι άνεμοι αυξήθηκαν επιτείνοντας τις δυσμενείς συνθήκες υποβάθρου. Αιτία όλων αυτών: η χρησιμοποίηση των νερών για την καλλιέργεια του βαμβακιού ή αλλιώς για την μετατροπή της στέπας σε μια απέραντη βιομηχανική φυτεία που σιγά-σιγά έφθινε κι αυτή μαζί με το καθεστώς, αφήνοντας πίσω της μόνο ερείπια και μια από τις μεγαλύτερες οικολογικές καταστροφές στον πλανήτη.

Αλλά ας πάρουμε τα πράγματα με τη σειρά. Γύρω στη δεκαετία του 30, ο Στάλιν δημιουργούσε, με μια απολύτως αυθαίρετη και τεχνητή προσέγγιση, τις πέντε δημοκρατίες της κεντρικής Ασίας: το Καζακστάν, το Ουζμπεκιστάν, το Τουρκμενιστάν, το Κιργιστάν και το Τατζικιστάν. Στην πραγματικότητα δημιούργησε μια σειρά από επαρχίες δεύτερης κατηγορίας, όπου η κραταιά Σοβιετική Ένωση μπορούσε να πετά σκουπίδια, ανθρώπους και πενταετή προγράμματα, αντλώντας παράλληλα ότι περισσότερο μπορούσε από τους φυσικούς της πόρους: νερό, βιομηχανικά ορυκτά και αργότερα πετρέλαιο.

Προηγείται το Καζακστάν με τις τεράστιες μεταλλουργικές βιομηχανίες, οι οποίες όμως ποτέ δεν εκσυγχρονίστηκαν προκαλώντας σταδιακά όλο και σοβαρότερα προβλήματα ρύπανσης. Στη συνέχεια, τα ραδιενεργά απόβλητα από την εκμετάλλευση των ουρανίουχων κοιτασμάτων του Κιργιστάν αποθηκεύονταν όπως-όπως, απειλώντας με σοβαρή ρύπανση τους *υδατικούς αποδέκτες*⁶⁶ του γειτονικού Ουζμπεκιστάν. Στην λιγότερο κατοικημένη περιοχή του Σεμιπαλατίνσκ εγκαθίσταται το λε-

66. Υδατικοί αποδέκτες: υπόγειες ή επιφανειακές συγκεντρώσεις νερού με σχεδόν μόνιμα απο-

γόμενο «πολύγωνο των πυρηνικών δοκιμών» υπεύθυνο για σοβαρές εκπομπές ραδιενεργών υλικών, οι επιπτώσεις των οποίων δεν έχουν μέχρι σήμερα συστηματικά εκτιμηθεί. Έρευνες στη επαρχία της Καρακαλπακίας νοτίως της Αράλης, έδειξαν ότι οι κάτοικοι βρέθηκαν εκτεθειμένοι σε εξαιρετικά ανθυγιεινές συνθήκες. Στη ραδιενέργεια ήρθαν να προστεθούν οργανοχλωριωμένες ενώσεις από φυτοφάρμακα, αλλά και πολλά πειράματα για χημικά και βιολογικά όπλα. Το πόσιμο νερό έγινε εξαιρετικά επικίνδυνο και με μεγάλες συγκεντρώσεις μετάλλων όπως το στρόντιο, ο ψευδάργυρος και το μαγνήσιο που προκάλεσαν ποικίλες ασθένειες ευρέος φάσματος, όπως η αναιμία, που εξαπλώθηκε στο σύνολο του πληθυσμού. Οι χρόνιες βρογχίτιδες αυξήθηκαν κατά 3.000%, ενώ οι βλάβες στο συκώτι και τα νεφρά, ιδιαίτερα ο καρκίνος, αυξήθηκαν κατά 6.000%. Το 30% των παιδιών που γεννήθηκαν στην 50ετία 1960-2010 παρουσίασαν ανωμαλίες, ενώ η παιδική θνησιμότητα σημείωσε ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστά στον κόσμο. Στο σύνολο του πληθυσμού, το προσδόκιμο ζωής έπεσε από τα 64 στα 51 χρόνια⁶⁷!

Στη δεκαετία του 60, οι Σοβιετικές αρχές αποφασίζουν να αναθέσουν στην κεντρική Ασία το ρόλο του παραγωγού πρώτων υλών με κύριο προϊόν το βαμβάκι. Το άνυδρο όμως κλίμα της περιοχής επιβάλλει την εξεύρεση αρδευτικών πόρων και η λίμνη Αράλη με τους ποταμούς που συμβάλουν σ' αυτήν μοιάζει μια αστείρευτη πηγή. Η ανάπτυξη του αρδευτικού συστήματος στο σοβιετικό τμήμα της λεκάνης απορροής της Αράλης ήταν θεαματική. Οι αρδευόμενες εκτάσεις αυξήθηκαν από τα 45 εκ. στρέμματα στα 70 εκ. στο διάστημα μιας εικοσαετίας. Αντίστοιχη ήταν και η αύξηση του πληθυσμού που έφτασε από τα 14 στα 27 εκατομμύρια. Η απόληψη των υδάτων από το φυσικό περιβάλλον διπλασιάστηκε και σταθεροποιήθηκε στα 120 δις κυβικά μέτρα με το 90% της ποσότητας αυτής να το απορροφά η γεωργία.

Η όλη επιχείρηση κατέληξε σε μια ανατροπή της υδρολογικής ισορροπίας, με επιπτώσεις πρωτοφανείς. Η πρώτη μεγάλη παρέμβαση ξεκίνησε με τα αρδευτικά έργα της κοιλάδας της Φεργκάνα το 1932 και συνεχίστηκε με ένα πλήθος μικρότερων ή μεγαλύτερων υδραυλικών έργων, φραγμάτων και υδροηλεκτρικών σταθμών που άλλαξαν τη φυσιογνωμία του Αμούρ Ντάρια, του ποταμού που τροφοδοτούσε το νότιο τμήμα της λίμνης. Στο παρελθόν, το ποτάμι αυτό ήταν διάσημο γιατί βρισκόταν πάνω στο δρόμο του μεταξιού με τις περίφημες πόλεις της Σαμαρακάνδης, της Μπουχάρα και της Κίβα να βρέχονται στις όχθες του. Σήμερα αποτελεί ένα φάντασμα αυτού του παρελθόντος και στο τελευταίο του τμήμα έχει πρακτικά στερέψει. Την ίδια τύχη είχαν και οι περισσότεροι δευτερεύοντες ποταμοί και παραπόταμοι. Από την άλλη μεριά, η χαμηλή απόδοση των αρδευτικών δικτύων και ο κακός έως ανύπαρκτος σχεδιασμός των συστημάτων αποστράγγισης, οδήγησαν στην απόφραξη των εδαφικών πόρων και στην αλατοποίηση του εδάφους σε ποσοστό 40% των αρδευόμενων εκτάσεων. Επιπλέον, η υπερβολική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων (ιδιαίτερα του DDT) συνέβαλε στην εκτεταμένη ρύπανση των υπόγειων και των επιφανειακών νερών, καθώς και των παρόχθιων οικοσυστημάτων. Η καταστροφή ολοκληρώθη-

θέματα προερχόμενα είτε από υδατοπτώσεις είτε από συλλογή νερών από τις λεκάνες απορροής των ποταμών και των ρεμάτων.

67. *Health and Ecological Consequences of the Aral Sea Crisis*, Oral A. Ataniyazova, The Karakalpak Center for Reproductive Health and Environment, Uzbekistan, 3rd World Water Forum, Kyoto, March 18, 2003.

κε με την αιολική διάβρωση που μετέφερε το ακατάλληλο χώμα σε γειτονικές εκτάσεις επεκτείνοντας με τον τρόπο αυτό τα όρια της υποβάθμισης.

Αχελώος: η συλλογική ανταπάτη

Το πιο αμφιλεγόμενο έργο της μεταπολεμικής Ελλάδας είναι σίγουρα η εκτροπή του Αχελώου. Είχε πολλούς υποστηρικτές και άλλους τόσους αντιπάλους. Οι μεν το έβλεπαν ως τη μοναδική ευκαιρία για την συνέχιση της αγροτικής ανάπτυξης στη Θεσσαλία, οι δε ως ένα έργο φαραωνικό, περιβαλλοντικά απαράδεκτο και οικονομικά αδιέξοδο. Ο σχεδιασμός του ξεκίνησε από το 1984, αλλά η κύρια εργολαβία του έργου υπογράφηκε το 1997 και προέβλεπε την κατασκευή μιας πρωτεύουσας σήραγγας εκτροπής μήκους 17,4 χλμ. με τα βοηθητικά της συστήματα, προκειμένου να μεταφερθεί το νερό του ποταμού από την κανονική του κοίτη στην θεσσαλική πεδιάδα διασχίζοντας τον ορεινό όγκο της Πίνδου. Το έργο προέβλεπε επίσης τέσσερις μεγάλους ταμειντήρες, στη Μεσοχώρα, το Μουζάκι, τη Συκιά και την Πύλη που θα εξασφάλιζαν τη διεποχιακή αποθήκευση του νερού με παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Με τον τρόπο αυτό πίστευαν οι μελετητές και οι υπεύθυνοι του σχεδιασμού ότι θα κατάφεραν να μεταφέρουν ετησίως 600 εκ. κυβικά μέτρα νερό για να ποτίσουν τις βαμβακοκαλλιέργειες του θεσσαλικού κάμπου σε μια έκταση μεταξύ 250 και 380.000 στρεμμάτων.

Η πραγματικότητα όμως απεδείχθη αρκετά διαφορετική. Η Ευρωπαϊκή Ένωση που αρχικά συνεβλήθη στο χρηματοδοτικό σχήμα του έργου με το ποσόν των 450 εκ. ευρώ, στη συνέχεια απεσύρθη όταν αποδείχθηκε πως η εκτροπή δεν έγινε για λόγους ενεργειακούς, όπως ισχυριζονταν οι Ελληνικές αρχές, αλλά για λόγους γεωργικής ανάπτυξης. Αυτό ήταν αντίθετο στις κατευθύνσεις της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής η οποία στόχευε να περιορίσει τα γεωργικά πλεονάσματα και να στηρίξει με αυτό τον τρόπο την υφιστάμενη αγροτική παραγωγή (και τις τιμές). Έτσι, το έργο της εκτροπής αποφασίστηκε να συνεχιστεί με εθνικούς πόρους, χωρίς όμως κανείς να πολιπτεύει ότι πράγματι θα ολοκληρωθεί. Είναι άλλωστε χαρακτηριστικό ότι η μελέτη που το Υπ. Εθνικής Οικονομίας ανέθεσε το 1988 στην εταιρεία Morgan Grenfell κατέληξε σε αβεβαιότητα για τη σκοπιμότητα του έργου. Σε παρόμοιο συμπέρασμα κατέληξε και η μελέτη της Cooper & Lybrand το 1993 η οποία προσέθεσε ότι τα υδρολογικά δεδομένα ήταν ανεπαρκή για την αξιολόγηση του οφέλους, με άλλα λόγια της ποσότητας των νερών που θα τροφοδοτούσαν το θεσσαλικό κάμπο. Στις αβεβαιότητες αυτές ήρθε να προστεθεί και μια τρίτη: ουδείς είχε σκεφθεί που θα βρεθούν τα χρήματα για τα τεράστια αρδευτικά δίκτυα μετά την εκτροπή και ποιος θα αναλάμβανε το κόστος της συντήρησης/διαχείρισης μετά το πέρας των έργων.

Η ανυπαρξία των δεδομένων και η απουσία ορθολογισμού στη λήψη αποφάσεων ήταν τα βασικά χαρακτηριστικά της όλης επιχείρησης, πράγμα βέβαια που οδήγησε στην εγκατάλειψη του έργου (τουλάχιστον στην αρχική του μορφή). Σ' αυτό συνέβαλε και η σύγκρουση με την ΕΕ αλλά και με το Συμβούλιο της Επικρατείας (ΣτΕ) προς το οποίο προσέφυγαν περιβαλλοντικές οργανώσεις και τοπικοί σύλλογοι σε μια προσπάθεια ακύρωσης των επομένων σταδίων ή/και καθυστέρησης. Στην πρώτη περίπτωση η νομική επιχειρηματολογία της «περιβαλλοντικής αντιπολίτευσης» βασίστηκε στις επιπτώσεις που θα προκαλούσε η κατακράτηση των νερών του ποταμού στο σύ-

στημα των εκβολών, περιοχή που προστατεύεται από την Οδηγία 79/409/EEC για τα πουλιά και που μαζί με τις λιμνοθάλασσες του Μεσσολογγίου περιλαμβάνεται στους 11 υγροτόπους που υπάγονται στη διεθνή Συνθήκη του Ramsar. Ένα συμπληρωματικό στοιχείο ήταν η παραβίαση της Οδηγίας για τα Ενδιαστήματα (Habitat Directive). Συγκεκριμένα, εντοπίστηκε ένα ενδημικό ψάρι, η πέστροφα *Salmo trutta* που σύμφωνα με το Παράρτημα II της Οδηγίας είναι είδος προστατευόμενο. Τα φράγματα όμως κατά μήκος του Αχελώου εμποδίζουν το ψάρι που ανεβαίνει αντίθετα στο ρεύμα να φτάνει στους τόπους αναπαραγωγής, με αποτέλεσμα οι πληθυσμοί του να βρίσκονται σε σοβαρό κίνδυνο. Το πιο περίεργο όμως είναι πως, ενώ τα έργα βρίσκονταν σε εξέλιξη, ενώ η ακεραιότητα του ποταμού είχε ήδη υπονομευθεί και μια σειρά από έργα είχαν εκτελεσθεί με σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και το τοπίο, το 1999, το ΥΠΕΧΩΔΕ μαζί με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ενέταξαν μεγάλα τμήματα της λεκάνης του ποταμού στο δίκτυο των περιοχών Natura 2000!

Το έργο της εκτροπής του Αχελώου έμεινε ημιτελές και οπωσδήποτε απομακρυσμένο από τον αρχικό του στόχο που ήταν η άρδευση του θεσσαλικού κάμπου. Η βασικές του αδυναμίες ήταν η μη εξασφάλιση της κοινωνικής συναίνεσης, η έλλειψη επιστημονικής τεκμηρίωσης, η παραγνώριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και μη-αιμορρική αντίληψη σε ότι αφορά στη χρήση των υδατικών πόρων. Η τελευταία αυτή διάσταση είναι ίσως η πιο σημαντική και υπάρχει ως κοινός παρονομαστής σε πολλά αντίστοιχα έργα και προγράμματα. Το πρώτο σοβαρό ερώτημα είναι αν υφίσταται το δικαίωμα (το νομικό και το ηθικό) να μεταφέρει κανείς υδατικούς πόρους από ένα υδατικό διαμέρισμα σε άλλο με τρόπο οριστικό και αμετάκλητο. Το δεύτερο είναι αν τα φυσικά συστήματα (οι ποταμοί, η παρόχθια βλάστηση, τα υδρόβια ζώα και το τοπίο) είναι υποδεέστερα αγαθά από το αγαθό της οικονομικής ανάπτυξης, η οποία μάλιστα συχνά είναι και μια μη πραγματοποιούμενη υπόσχεση. Το τρίτο ερώτημα αφορά στους προσανατολισμούς της γεωργίας. Στην περίπτωση του θεσσαλικού κάμπου, η εντατική μονοκαλλιέργεια οδήγησε αρχικά στην εξάντληση των υπόγειων υδροφορέων και στην εκτεταμένη ρύπανση, κυρίως με νιτρικά. Στη συνέχεια, αναζητήθηκαν νέοι πόροι, αυτή τη φορά από ένα άλλο υδατικό διαμέρισμα, χωρίς κανείς να αναρωτηθεί ποιος θα πληρώσει το κόστος. Το περιβαλλοντικό και το οικονομικό. Δυστυχώς όμως, η άποψη πως το νερό είναι δωρεάν και ότι το κοινωνικό σύνολο (και η φύση) θα πρέπει να αναλαμβάνουν το βάρος μιας αέναης και μη αειφορικής γεωργικής ανάπτυξης δεν έχει ακόμα εγκαταλειφθεί.

Ένας ποταμός ξαναγεννιέται

Ο Τάμεσις ήταν σίγουρα μετά το 1950 ένας από τους πιο ρυπασμένους ποταμούς της Ευρώπης. Τόσο που δίκαια τον αποκαλούσαν «ο νεκρός ποταμός». Η υδρόβια ζωή είχε πλήρως εξαφανιστεί, ενώ δραστηριότητες αναψυχής, μεταξύ αυτών το ψάρεμα και το κολύμπι, ήταν μακρινό παρελθόν. Τότε βέβαια, οι αντιλήψεις ήταν πολύ διαφορετικές. Το 1959 ένα δημοσίευμα στο *Gardian* αναφέρει ότι ένα μέλος της Βουλής των Λόρδων ήταν αντίθετος στο πρόγραμμα εξυγίανσης που μόλις είχε ξεκινήσει: οι ποταμοί είναι φυσικά κανάλια, έλεγε, για την υποδοχή των αποβλήτων. Όταν ρίχνεις σ' αυτούς οργανικό φορτίο, τότε τους δίνεις μια δουλειά να κάνουν!»! Όμως, αυτό που δεν ήξερε ίσως ο λόρδος, ήταν ότι μετατρέποντας τους ποταμούς σε φυσικά ερ-

γοστάσια βιολογικού καθαρισμού, αφήνεις τα βακτήρια να πολλαπλασιαστούν σε τέτοιο βαθμό, που καταναλώνουν όλο το διαθέσιμο οξυγόνο, με αποτέλεσμα να παθαίνουν ασφυξία όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί. Μετά τη δεκαετία του 70 ξεκίνησε ένα μεγάλο πρόγραμμα εξυγίανσης. Οι προσπάθειες έγιναν προς δύο κατευθύνσεις: έλεγχος των βιομηχανικών απορροών και επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Τα αποτελέσματα άργησαν να φανούν, αλλά σήμερα είναι ορατά. Ο ποταμός απέκτησε μια σχεδόν πλούσια πανίδα ενώ βελτιώθηκε σημαντικά η γενικότερη ποιότητα του νερού. Στην τελευταία απογραφή του 2015 αναφέρονται γύρω στα 120 είδη υδρόβιων οργανισμών που ζουν στα οικοσυστήματα του Τάμεσι, από σχεδόν κανένα την εποχή που άρχισε το πρόγραμμα. Ακόμη, κατεγράφησαν δυο τρία καινούργια είδη, ενώ εμφανίστηκαν ξανά δελφίνια και φώκες, δείγμα της προϊούσας καθαρότητας των νερών. Το πρόβλημα βέβαια με τα δελφίνια, που δεν αποίκισαν ομαδικά τον ποταμό όπως οι φώκες, είναι η οχορύπανση από τα αυτοκίνητα στις όχθες και την κυκλοφορία των πλοίων, κάτι που ενοχλεί βαρύντατα το σύστημα επικοινωνίας μεταξύ των απόμων του κοπαδιού και αποσυντονίζει τις κινήσεις τους. Ο ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος της ρύπανσης, ήδη από το 2000 έδειξε πως από τις 16 παραμέτρους οι 13 ήταν κάτω από τα όρια με σαφέστατη υποχώρηση των στοιχείων εκείνων που προέρχονται από βιομηχανικές πηγές, όπως είναι τα βαριά μέταλλα. Αυτό σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στη νέα αυστηρή νομοθεσία, σε μερικές περιπτώσεις όμως οφείλεται στην ίδια την αγορά: με τις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, καταργήθηκαν και τα φιλμ με τις επάργυρες επιφάνειες και έτσι εξαφανίστηκε και ο άργυρος, ένα ιδιαίτερα επικίνδυνο μέταλλο, από τα νερά. Βέβαια η ρύπανση δεν εξαφανίστηκε τελείως. Μετά από μια ισχυρή βροχή ή κατά τις περιόδους των παρατεταμένων βροχοπτώσεων η βιολογική ρύπανση επανεμφανίζεται λόγω της υπερχύλισης των φρεατίων στους συλλεκτήριους αγωγούς.

Είναι γεγονός ότι η Ευρώπη, αφού μέσα σε λίγες δεκαετίες κατέστησε τα ποτάμια της αγωγούς λυμάτων, σήμερα κάνει μια υπερπροσπάθεια για την επαναφορά τους στην προτέρα κατάσταση. Το γενικότερο όμως συμπέρασμα είναι πως το κόστος θα είναι έτσι κι αλλιώς τεράστιο, τα αποτελέσματα θα κάνουν πολύ χρόνο να φανούν και ότι η φυσικότητα δεν μπορεί ποτέ να αποκατασταθεί στο 100%. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στη ρύπανση, αλλά και στην αλλαγή της γενικότερης φυσιογνωμίας των ποταμών. Οι διαμορφώσεις των όχθων, η καταστροφή της παρόχθιας βλάστησης, τα φράγματα και τα κανάλια, η άντληση νερού και η διαταραχή του κύκλου της ιζηματογένεσης, είναι συχνά μη αντιστρεπτές μεταβολές.

Η παγκοσμιότητα της κρίσης

Ένα από τα βασικά συμπεράσματα των διεθνών διασκέψεων είναι ότι ο «πόλεμος του νερού» χτυπά καθημερινά τις πόρτες της ανθρωπότητας. Η επίσημες διατυπώσεις είναι βέβαια διπλωματικές, όλοι όμως συμφωνούν πλέον πως η ανεπάρκεια των υδατικών πόρων και η κακή κατάσταση των υδροφορέων είναι μια από τις μεγαλύτερες απειλές εναντίον του παγκόσμιου περιβάλλοντος στον 21ο αιώνα και ότι αυτό αποτελεί μια βασική συνιστώσα του ζητήματος της υπανάπτυξης. Όπως προκύπτει από στοιχεία της Ουνέσκο (2015)⁶⁸ περίπου 800.000 άνθρωποι στον κόσμο δεν έχουν

68. *The UN Water Development Report 2015 (unesco.org).*

άμεση πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό. Πέραν αυτών, 2,5 δισεκατομμύρια χρησιμοποιούν νερό κακής ποιότητας για τις καθημερινές τους ανάγκες! Από την άλλη μεριά, η πληθυσμιακή αύξηση θα κάνει ακόμα πιο εκρηκτικά τα σημερινά αδιέξοδα. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις πολλών ειδικών, οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι ανά κάτοικο θα μειωθούν έως και 80% στο διάστημα των επόμενων 50 χρόνων. Για παράδειγμα, τα παγκόσμια αποθέματα νερού ήταν 16.000 κ.μ. ετησίως ανά κάτοικο το 1950. Το 2000 το μερίδιο μειώθηκε στα 7.300 κ.μ. ενώ αναμένεται να πέσει στα 4.800 κ.μ. το 2025. Τα ποσά όμως αυτά δεν εκφράζουν παρά μέσους όρους. Ήδη για ένα μεγάλο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού που βρίσκεται κάτω από το όριο των 2.000 κ.μ. ανά κάτοικο το χρόνο, έχει ανάψει το κόκκινο φως του συναγερμού.

Όμως η πληθυσμιακή αύξηση δεν είναι η μόνος λόγος της αναμενόμενης υδατικής έλλειψης. “Όπως ξέρουμε, ο παγκόσμιος πληθυσμός τριπλασιάστηκε μέσα στα προηγούμενα εκατό χρόνια και αυξάνεται με ρυθμούς 80 εκ. το χρόνο. Στο ίδιο διάστημα η κατανάλωση νερού πολλαπλασιάστηκε επί έξι! Η διαφορά εξηγείται από την αλλαγή των πολιτιστικών προτύπων, την βιομηχανική ανάπτυξη και την επέκταση της αρδευόμενης γεωργίας. Πράγματι, η μετάβαση από τη γεωργία της επιβίωσης στη γεωργία των μεγάλων αποδόσεων, συνοδεύτηκε από μια θεαματική αύξηση της ζήτησης νερού και την αντικατάσταση των παραδοσιακών με υδροβόρες καλλιέργειες. Τα 2/3 του γλυκού νερού που αντλείται από τις διάφορες πηγές τροφοδοτούν τη γεωργία. Σύμφωνα με στοιχεία του Διεθνούς Ινστιτούτου για τη Διαχείριση των Νερών (IWMI)⁶⁹ η ζήτηση αυτή θα αυξηθεί κατά 20% το 2025, εκτός κι αν αλλάξει κάτι στη διαχείριση: οι απώλειες νερού με βάση τους σημερινούς τρόπους άρδευσης είναι τεράστιες. Από μελέτες του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO)⁷⁰ προκύπτει ότι το 60% του νερού που χρησιμοποιείται για το πότισμα εξατμίζεται πριν το έδαφος προλάβει να το απορροφήσει. Πολλά επίσης προϊόντα, όπως το βαμβάκι, συναρτούν την τιμή τους με την παροχή άφθονου και φθηνού νερού. Έτσι, ο ανταγωνισμός προμηθεύει την σπατάλη των υδατικών πόρων!

Εκτός όμως από την έλλειψη των υδατικών πόρων, οι εντάσεις τροφοδοτούνται και από την άνιση κατανομή τους. Από τα 400.000 δις κυβικών μέτρων νερού που πέφτουν κάθε χρόνο στη Γη με τις βροχές, το 60% το απορροφούν 9 μόνο χώρες: η Βραζιλία, ο Καναδάς, η Κίνα, η Κολομβία, οι ΗΠΑ, η Ινδία, η Ινδονησία, η Δημοκρατία του Κονγκό και η Ρωσία. Στις υπόλοιπες περιοχές, όπως για παράδειγμα στην Αυστραλία και τη Μεσόγειο, όπου το νερό δεν ήταν ποτέ άφθονο, η κατάσταση θα συνεχίσει να επιδεινώνεται. Είναι εξάλλου γνωστό ότι το νερό αποτελεί μια βασική αιτία κοινωνικών, οικονομικών και πολιτικών εντάσεων και ότι τα φαινόμενα αυτά θα ενισχυθούν στο μέλλον στο βαθμό που δεν υπάρξει αλλαγή στο σύστημα της Παγκόσμιας Διακυβέρνησης ή στον τρόπο με τον οποίο παρεμβαίνουν οι διεθνείς οργανισμοί. Με μια άλλη διατύπωση, το νερό είναι ένα «γεωστρατηγικό όπλο» και οπωσδήποτε ένα μέσο πίεσης για την επίτευξη άλλων (πέραν των περιβαλλοντικών) στόχων. Μεταξύ των πιο εκτεταμένων και μακρόχρονων σύγχρονων διενέξεων για τον «γαλάζιο χρυσό» είναι αυτή για τον Ευφράτη ποταμό, τον δεύτερο σε μέγεθος μετά τον Τί-

69. *International Water Management Institute: Putting water at the heart of sustainable development* (2015).

70. *FAO: The state of the world's land and water resources* (2011).

γρη στη Μέση Ανατολή. Την δεκαετία του 80, ο Σαντάμ Χουσεΐν έκοψε το νερό από όλα τα αρδευτικά κανάλια που τροφοδοτούσαν τους υδροτόπους της Μεσοποταμίας για να τιμωρήσει τους Σίιτες αντιπάλους του καθεστώτος. Από το 1975 τα φράγματα και τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια της Τουρκίας στους δύο ποταμούς στερούν από το Ιράκ το 80% της παροχής και από τη Συρία το 40%. Μέχρι το 2016 ο ISIS είχε υπό τον έλεγχό του ένα μεγάλο μέρος της υπολειπόμενης ροής του Τίγρη και του Ευφράτη, όπως επίσης και τα φράγματα της Σαμάρρα (ανατολικά της Βαγδάτης) και το φράγμα της Μοσούλης. Ποταμοί, αρδευτικά δίκτυα, αγωγοί, λιμνοδεξαμενές και μονάδες αφαλάτωσης είναι το τελευταίο διάστημα στρατιωτικοί στόχοι από όλες τις αντιμαχόμενες πλευρές, σε μια ημι-άνυδρη περιοχή με έτσι κι αλλιώς περιορισμένους πόρους. Αντίστοιχες διαφορές συνδέονται με την διεκδίκηση των νερών του Νείλου από την Αιθιοπία, το Σουδάν και την Αίγυπτο ενώ είναι γνωστή η διαμάχη μεταξύ Ουγγαρίας και Σλοβακίας για τα νερά του Δούναβη. Άλλες λιγότερο γνωστές περιπτώσεις αποτελούν οι αντιδικίες ανάμεσα στον Καναδά και τις ΗΠΑ για τα νερά των Μεγάλων Λιμνών και του ποταμού St. Lawrence – που είναι και οι μεγαλύτερες φυσικές συγκεντρώσεις νερού παγκοσμίως – και της Ινδίας με το Μπαγκλαντές για το Γάγγη. Στο βόρειο τμήμα των Ελληνικών συνόρων, η κοινή χρήση λιμνών όπως οι Πρέσπες και η Δοϊράνη, ή ποταμών όπως ο Αξιός, ο Σρυμώνας, ο Νέστος και ο Έβρος, αποτέλεσαν για χρόνια ένα από τα βασικά θέματα της εξωτερικής μας πολιτικής και αντικείμενο πολλών διακρατικών συμφωνιών και αντιπαράθεσεων. Συνήθως όμως, τόσο τα προβλήματα ρύπανσης όσο και τα προβλήματα της μη εξασφάλισης μιας ομαλής παροχής, πλήττουν δυσανάλογα την μια εκ των δύο πλευρών.

Ίσως όμως το παράδειγμα των συγκρούσεων για τα νερά της λεκάνης απορροής του Ιορδάνη ποταμού να είναι το πιο χαρακτηριστικό. Ένας από τους στόχους του Εβραϊκού κράτους στο πόλεμο του 1967 ήταν ο έλεγχος των υψιπέδων του Γκολάν, μιας μικρής αλλά στρατηγικής σημασίας έκτασης ανάμεσα στο Ισραήλ, το Λίβανο, τη Συρία και την Ιορδανία. Η σημασία της όμως δεν ήταν μόνο στρατιωτική. Το Γκολάν είναι ένα οροπέδιο με τα πλουσιότερα υδατικά αποθέματα της περιοχής. Μετά τη λήξη του πολέμου, οι συμφωνίες με την Αίγυπτο δεν συμπεριελάμβαναν καθόλου το ζήτημα των δικαιωμάτων στους υδατικούς πόρους. Σύμφωνα μάλιστα με μια διατύπωση του Σιμόν Πέρες (που διετέλεσε πρωθυπουργός και υπουργός των εξωτερικών) «το Ισραήλ έχει μεγαλύτερη ανάγκη το νερό απ' ότι τα εδάφη». Στο σχετικό διάταγμα που καθόριζε τους όρους της στρατιωτικής επικυριαρχίας των Ισραηλινών στο Γκολάν, αναφερόταν ρητά η «απαγόρευση σε οποιονδήποτε να πραγματοποιεί ή να διατηρεί υδραυλικά έργα και εγκαταστάσεις χωρίς την άδεια των στρατιωτικών αρχών». Επιπλέον, ο έλεγχος του Γκολάν εξασφάλιζε στο Ισραήλ την απρόσκοπτη άντληση νερών από τη λίμνη Τιβεριάδα (στα νότια του Γκολάν) και την διοχέτευσή τους μέσω ενός ενισχυμένου αγωγού 130 χλμ. κατά μήκος της ακτής μέχρι το νότο της χώρας.

Αντίστοιχα είναι τα πράγματα στην περιοχή της Δυτικής Όχθης και στη λωρίδα της Γάζας. Οι Ισραηλινοί έποικοι έχουν οικειοποιηθεί περίπου τα 9/10 των νερών από βαθιές γεωτρήσεις σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Διεθνούς Τράπεζας. Εκτός από την προφανή υπερίσχυση του «δικαίου του ισχυρού» οι οικολογικές επιπτώσεις της υπεράντλησης είναι ήδη καταφανείς. Η πτώση της στάθμης των υπόγειων δεξαμενών, έχει ως συνέπεια την είσοδο θαλασσινού νερού που καταλαμβάνει τα ανώτερα στρώματα. Η υπαλμύρωση των υπόγειων νερών πλήττει κατ' εξοχήν τους Παλαιστίνιους που κάνουν μικρού βάθους γεωτρήσεις και που διαθέτουν υποδεέστερη τε-

χνολογία. Βέβαια, οι συμφωνίες του 1995 για τη Λωρίδα της Γάζας και την Δυτική Όχθη αναφέρουν ότι «το Ισραήλ αναγνωρίζει τα υδατικά δικαιώματα των Παλαιστινίων στα εδάφη που κατοικούν» αλλά τα δικαιώματα αυτά δεν πρόκειται να αποκτήσουν εμπράγματο αντίκρισμα αν δεν υπάρξουν οριστικές συμφωνίες για το καθεστώς των εδαφών και το μοίρασμα των φυσικών πόρων.

Ο διαρκής πόλεμος γύρω από το νερό δεν είναι η μόνη προοπτική για την περιοχή λένε οι Φίλοι της Γης για τη Μέση Ανατολή, μια μη κυβερνητική οργάνωση που εδώ και 25 χρόνια μελετά την κατάσταση στην περιοχή σε μια προσπάθεια να κάνει το πρόβλημα μέρος της λύσης. Η καμπάνια που έχουν αναλάβει εστιάζει στην αξιοποίηση των νερών της Νεκρής Θάλασσας, της αλμυρής αυτής λίμνης που βρίσκεται στο «τρίγωνο του θανάτου» ανάμεσα στο Ισραήλ, την Παλαιστίνη και την Ιορδανία. Μια θάλασσα που όχι μόνο δεν είναι νεκρή, όπως προδίδει τ' όνομά της, αλλά φιλοξενεί μια σημαντική ποικιλία ειδών της άγριας ζωής, υδροβία πουλιά, αμφίβια, θηλαστικά, στο σύνολο πάνω από 400. Επίσης, παρά τις κατά καιρούς πολεμικές επιχειρήσεις, ήταν πάντα πόλος έλξης για το διεθνή τουρισμό, τόσο για τα παράξενα φυσικά της χαρακτηριστικά όσο και για την ιστορία που τη συνοδεύει. Αυτή λοιπόν η νεκρή θάλασσα, σύμφωνα με τους Φίλους της Γης θα μπορούσε να αποτελέσει το κλειδί για μια συνεργασία πάνω στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Να αποτελέσει πρότυπο για μια οικολογική διαχείριση των νερών, για την προστασία της βιοποικιλότητας, για την αύξηση του εισοδήματος των κατοίκων. Το πλάνο έχει την συγκατάθεση των τοπικών πληθυσμών. Οι κυβερνήσεις όμως;

Το Λέξους και η ελιά

Ένας πόλεμος κρύβει πάντα έναν προηγούμενο. Ήδη απ' το 1967, όταν το Ισραήλ κατέλαβε τα Υψώματα του Γκολάν, την Υπεριορδανία, την Ανατολική Ιερουσαλήμ και τη Λωρίδα της Γάζας, έθεσε σε εφαρμογή το σχέδιο ιδιοποίησης των υδάτων της λεκάνης του Ιορδάνη, με έργα υδραυλικά, φράγματα, εκτροπές ποταμών και απαγορεύσεις που πλήττον κατά κύριο λόγο τους παραδοσιακούς αγρότες που έτυχε να βρίσκονται στο στρατόπεδο των ηττημένων. Σήμερα, πενήντα χρόνια μετά, οι ιδεολογικές αντιπαράθεσεις γύρω απ' τις αιτίες του πολέμου, κρύβουν τη συνεχιζόμενη υφαρπαγή των φυσικών πόρων απ' τη μεριά των κατακτητών και την σταθερή προσήλωση του Ισραήλ στην πολιτική της οικολογικής εξόντωσης του αντιπάλου. Μια πολιτική που στερεί στους Παλαιστίνιους το δικαίωμα της απόληψης νερού στα κατεχόμενα, παρά μετά από άδεια της κυβέρνησης και με γεωτρήσεις που δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα 140 μέτρα. Την ίδια στιγμή, οι έποικοι μπορούν, στις ίδιες πάντα περιοχές, να αναζητήσουν το νερό ως τα 800 μέτρα και φυσικά να στρέψουν όλες τις παροχές προς τα δικά τους τα χωράφια. Το αποτέλεσμα είναι ότι το Ισραήλ ελέγχοντας το 80% των υπόγειων υδροφορέων και με μια κατανάλωση που είναι εξαπλάσια αυτής των Παλαιστινίων στις παραμεθόριες περιοχές, δημιουργεί το δικό του "περιβάλλον" σε μια περιοχή που βρίσκεται από ανισότητες, οι οποίες με τη σειρά τους τροφοδοτούν το μίσος, που με τη σειρά του τροφοδοτεί τους φανατισμούς οι οποίοι πάντα προηγούνται των όλμων και των σφαγών, μαχητών και αμάχων.

Το 1978, μετά από τις συνεχιζόμενες επιθέσεις μουσουλμάνων ανταρτών που είχαν ως ορμητήριο το νότιο Λίβανο, το Ισραήλ εξαπέλυσε μια νέα επίθεση για την καταστροφή των βάσεων της PLO και τον περιορισμό των επιχειρήσεων που είχαν στόχο την “εθνική του ασφάλεια”. Η κατοχή ενός τμήματος του “ανεξάρτητου” προς βορράν γειτονικού κράτους, ξεσήκωσε και τότε τη διεθνή κατακραυγή και ανάγκασε τους Ισραηλινούς να αποσυρθούν, ξαναγυρίζοντας όμως το 1982 και τελικά παραδίδοντας τη ζώνη των εχθροπραξιών στη διεθνή επιτήρηση. Αησιωνήθηκε όμως μια σημαντική λεπτομέρεια: Τα νερά του ποταμού Λιτανί, που έδωσε και το όνομά του στην όλη επιχείρηση, περιέργως περιήλθαν στο Ισραήλ, χωρίς αυτό να απασχολήσει και πάλι την κοινή γνώμη που έμεινε στα πολιτικά επιφανόμενα. Αυτό που πέρασε στα ψιλά ήταν η μικρή διόρθωση στο χάρτη όπου τελικά ένα σύστημα αγωγών (10 χιλιομέτρων) και δεξαμενών έφερε τον πολύτιμο πόρο προς τη μεριά των εποίκων της Γαλιλαίας και αργότερα προς τη λίμνη Τιβεριάδα. Με παρόμοιο τρόπο το Ισραήλ έθεσε υπό τον έλεγχό του και το ποταμό Χασμπανί, ενώ ποτέ δεν έκρυψε το ενδιαφέρον του για τον Τίγρη και τον Ευφράτη, όπως άλλωστε και για το Νείλο. Στον πιο πρόσφατο επίλογο της ιστορίας περιλαμβάνεται και η κατασκευή του τείχους της Παλαιστίνης. Που, αν και έγινε για λόγους όπως λέγεται γεωστρατηγικούς, άφησε βαθειά τα σημάδια του στην καρδιά της εύφορης κοιλάδας στο σύνορο των δύο κρατών: η ανέγερσή του συνοδεύτηκε από την αποψίλωση 100.000 ελαιόδεντρων που αποτελούσαν το σύμβολο αλλά και την ουσία της οικονομίας της περιοχής. Το 1948, μετά τη Νάγκμπα (καταστροφή στα Αραβικά) και την δημιουργία του νέου κράτους, το Ισραήλ επιδόθηκε σε ένα συστηματικό εξεβραϊσμό τοπωνυμίων, όπως άλλωστε συμβαίνει συχνά με την αλλαγή των συνόρων. Ολόκληρα χωριά, πρώην Αραβικά, άλλαξαν όνομα και μετετράπησαν σε “φυσικά πάρκα” ώστε να παραπέμπουν σ’ ένα νέο περιβάλλον, αυτό που κάποτε ήταν ενός άλλου λαού. Η διαικασία συνεχίστηκε ως τις μέρες μας, με την επιχείρηση καταστροφής αυτού που συνιστά την ίδια την ταυτότητα των Παλαιστινίων: μια γεωργία συνδεδεμένη απόλυτα με τη δίαιτα των νερών, κι ένα τοπίο κυριαρχούμενο από την ελιά στο τελευταίο όριο της Μεσογείου. Όπως λέει κι ο Τόμας Φρίντμαν στο διάσημο βιβλίο του, ο σύγχρονος κόσμος αιωρείται ανάμεσα στην υψηλή τεχνολογία (το Λέξους) και την οικονομία της επιβίωσης (την ελιά). Χωρίς την ελιά, το Λέξους έχει πολύ επισφαλές μέλλον. Γι αυτό, όσοι τυχαίνει να διαθέτουν το πολυτελές όχημα, πέρα από το να εκφράζουν τα ειλικρινή αντιπολεμικά τους αισθήματα, ας κάνουν κάτι και για την προστασία των ελαιόδεντρων. Θα προσφέρουν πολλά και στην υπόθεση της ειρήνης και στο δοκιμαζόμενο Παλαιστινιακό λαό.

Άνθρωποι εναντίον πιθήκων

Το Μάρτιο του 2000, μια ομάδα πιθήκων σε κατάσταση απόγνωσης από την παρατεταμένη ξηρασία, ήρθε σε σύγκρουση με τους επίσης απελπισμένους χωρικούς μιας μικρής κοινότητας στη βόρεια Κένυα κοντά στα σύνορα με το Σουδάν. Αιτία ήταν η διεκδίκηση ενός φορτίου νερού που προφανώς η κάθε ομάδα προορίζε για τον εαυτό της. Το Παναφρικανικό Πρακτορείο Ειδήσεων ανέφερε ότι από τη συμπλοκή σκοτώ-

θηκαν οκτώ πίθηκοι και τραυματίστηκαν δέκα χωρικοί σε μια όπως χαρακτηρίστηκε «λυσσαλέα σύγκρουση» που κράτησε δύο ώρες. Η μάχη ξεκίνησε όταν μια βάρδια εργατών έφτασε στο σημείο εκείνο κι άρχισε να μοιράζει νερό από ένα βυτιοφόρο. Όσοι παρακολούθησαν το συμβάν εξήγησαν εκ των υστέρων ότι τα ζώα, παρακινημένα από τη δίψα, εγκατέλειψαν το δάσος για να αναζητήσουν το ζωτικό για κάθε οργανισμό νερό στους ανθρώπινους καταυλισμούς. Είπαν ακόμη ότι ουδέποτε στο παρελθόν οι πίθηκοι είχαν δείξει τέτοια επιθετική συμπεριφορά. Το επεισόδιο, αν και ακραίο, συμβολίζει παραστατικότερα την αντιπαλότητα ανάμεσα στο άνθρωπο και τον υπόλοιπο φυσικό κόσμο για το μοίρασμα ενός πολυτιμότερου πόρου όπως είναι το νερό. Στην πραγματικότητα, η χρήση και η κατάχρηση του νερού από τη γεωργία, τη βιομηχανία και την αστική κατανάλωση, στερεί από τα φυσικά οικοσυστήματα τη βάση του βιολογικού τους κύκλου. Οι λίμνες, τα ποτάμια και οι υγρότοποι δεν είναι απλώς δεξαμενές ή – στη χειρότερη περίπτωση – αναξιοποίητες εκτάσεις, αλλά το υπόβαθρο της υδρόβιας ζωής, ο φυσικός χώρος για ένα τεράστιο αριθμό ειδών που σήμερα βρίσκονται σχεδόν υπό διωγμό. Σύμφωνα με μελέτες για τη βόρειο Αμερική, την πιο μελετημένη ήπειρο, το 51% των οστροκόδερων, το 40% των αμφιβίων, το 37% των ψαριών και το 75% όλων των μαλάκιων του γλυκού νερού είναι σπάνια, υπό εξαφάνιση ή έχουν οριστικά χαθεί. Σε πολλές περιπτώσεις, η συρρίκνωση των χερσαίων υδατικών συγκεντρώσεων έχει πάρει δραματικές διαστάσεις. Παράδειγμα η λίμνη του Τσαντ, η δεύτερη σε μέγεθος στην Αφρική το 1960. Σήμερα έχει μειωθεί στο ένα δέκατο πέμπτο της αρχικής της επιφάνειας – από 25.000 σε 1.500 τετραγωνικά χλμ. Η λίμνη βρίσκεται στα σύνορα τεσσάρων χωρών: της Νιγηρίας, του Νίγηρα, του Τσαντ και του Καμερούν. Η μεγάλη πληθυσμιακή ανάπτυξη της περιοχής και η απόληψη νερού για γεωργικές χρήσεις, έφεραν τη λίμνη στα πρόθυρα της εξαφάνισης. Τα αλιεύσιμα ψάρια είναι σχεδόν παρελθόν, ενώ ένα μεγάλο μέρος της παρὰυδάτιας πανίδας έχει χάσει τα φυσικά του ενδιαίτηματα. Όλα τα μεγάλα σαρκοβόρα θηλαστικά, όπως τα λιοντάρια και οι λεοπαρδάλεις ακολούθησαν την τύχη των μικρότερων ζώων και κυρίως των φυτοφάγων των οποίων επίσης μειώθηκαν οι πληθυσμοί. Άλλα μεγάλα ζώα, όπως οι ιπποπόταμοι και οι ρινόκεροι έχουν απομονωθεί σε μικρές νησίδες και σε ολιγομελείς ομάδες αμφίβολης βιωσιμότητας.

Η άποψη του Μάικλ Κόε του πανεπιστημίου του Ουσκόνσιν, είναι πως στην περίπτωση της λίμνης του Τσαντ, οι απαιτήσεις της γεωργίας ξεπερνούν κατά πολύ το νερό που είναι διαθέσιμο για τη φύση⁷¹. Η ξηρασία που έπληξε το δυτικό Σαχέλ κατά τη δεκαετία του 60 εντάθηκε στις δύο επόμενες δεκαετίες και καθώς οι βροχοπτώσεις μειώθηκαν, οι ανάγκες τεχνητής άρδευσης αυξήθηκαν. Το 95% της μείωσης του όγκου της λίμνης συνέβη τα 40 τελευταία χρόνια. Αυτό φαίνεται καθαρά και από τις δορυφορικές εικόνες που μας δίνουν επιπλέον μια χρονοσειρά δεδομένων. Έτσι, οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι στην αμέσως προηγούμενη περίοδο, οι βροχοπτώσεις και η άντληση νερού από τη λίμνη ήταν σε απόλυτη ισορροπία. Στη συνέχεια τα πράγματα άλλαξαν δραματικά και στη μείωση των φυσικών εισροών ήρθε να προστεθεί η εκτροπή των υδάτων του κυριότερου ποταμού, του Τσάρι, με τα μεγάλης κλίμακας αρδευτικά έργα.

71. Coe, Michael T.; Foley, Jonathan A. (2001). "Human and natural impacts on the water resources of the Lake Chad basin".

Κατά την γνώμη όμως ενός Άγγλου οικονομολόγου, του Τέρι Σαρς που δουλεύει για λογαριασμό ενός αναπτυξιακού οργανισμού στη Νιγηρία, οι απώλειες του νερού αποκαλύπτουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις οι οποίες μάλιστα βρέχονται περιοδικά από τις επεκτάσεις της λίμνης κατά την περίοδο των βροχών. Όταν η λίμνη συρρικνώνεται και πάλι κατά την ξηρά περίοδο, τότε αφήνει πίσω της μια αρκετά εύφορη γη εμπλουτισμένη μάλιστα από τα περιττώματα των ψαριών. Το πιο σημαντικό όμως είναι πως η υγρασία του χώματος μπορεί να στηρίξει μια καλλιεργητική περίοδο τριών περίπου μηνών κατά το διάστημα της ξηρασίας. Η απόδειξη κατά τον Σαρς είναι η σχετική διατροφική επάρκεια. Ενώ άλλες περιοχές του Σαχέλ στεγνώνουν και αδυνατούν να θρέψουν τους κατοίκους τους, η λεκάνη της λίμνης Τσαντ παραμένει εύφορη και τα κράτη γύρω απ' αυτήν δεν γνώρισαν στο πρόσφατο παρελθόν λιμούς, παρά τον διπλασιασμό των πληθυσμών τους. Βέβαια, λέει ο Σαρς, λιγόστεψαν τα ψάρια και οι ψαράδες έχασαν τη δουλειά τους. Αυτό δεν είναι τόσο τραγικό αφού πολλοί απ' αυτούς απορροφήθηκαν απ' τη γεωργία.

Ο αντίλογος έρχεται από την περαιτέρω ανάλυση των στοιχείων. Στο διάστημα της τελευταίας 40ετίας, ο πληθυσμός πράγματι αυξήθηκε κατά 100% το νερό όμως που αφαιρέθηκε από τις λίμνες και τα ποτάμια αυξήθηκε κατά 400%. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι μικρό μόνο μέρος των καλλιεργειών αντιστοιχεί στην παραγωγή δημητριακών που καλύπτουν τις τοπικές διατροφικές ανάγκες. Το υπόλοιπο αφορά νεοφανείς βιομηχανικές καλλιέργειες όπως το βαμβάκι, τα φυσιτικά και το ξαχαροκάλαμο, που εκτός των άλλων είναι εξαιρετικά υδροβόρες και προορίζονται για

Ο γαλάζιος πλανήτης

Οι εικόνες της γης από το διάστημα δικαιολογούν την ονομασία της ως «γαλάζιος πλανήτης». Όμως, το 97.5% του νερού που καλύπτει την επιφάνειά της είναι αλμυρό και μόνο το 2.5% είναι γλυκό νερό εγκλωβισμένο σε πάγους, χιόνια και (τις περισσότερες φορές απρόσιτες) υπόγειες δεξαμενές. Αυτό που μένει για τις ανθρώπινες ανάγκες (οικιακή κατανάλωση, βιομηχανία και γεωργία) ή για τις ανάγκες των υπόλοιπων ζωντανών οργανισμών, είναι λιγότερο από το 1% των χερσαίων γλυκών υδάτων και βρίσκεται είτε σε επιφανειακούς υδροφορείς (λίμνες και ποτάμια) είτε σε χαμηλού βάθους υπόγειους ταμιευτήρες. Το νερό αυτό είναι κατά κανόνα ανανεώσιμο μέσα από τον υδρολογικό κύκλο⁷², αλλά και ταυτόχρονα απειλούμενο από τη ρύπανση, την υπερκατανάλωση και την άνιση κατανομή. Οι άνδρες ή σχεδόν άνδρες εκτάσεις του πλανήτη καλύπτουν το 40% του συνόλου των χερσαίων επιφανειών, αλλά δέχονται μόνο το 2% των βροχοπτώσεων. Επιπλέον, τα 3/4 του νερού της βροχής καταλήγει σε περιοχές που μετά βίας φιλοξενούν το 1/3 του παγκόσμιου πληθυσμού. Όμως, η ανισοκατανομή αυτή δεν ήταν πάντα ο κανόνας στην ιστορία της ανθρωπότητας. Οι πρώτοι και μεγάλοι πολιτισμοί αναπτύχθηκαν σε περιοχές πλούσιες σε υδατικούς πόρους ή είχαν τα μέσα να μεταφέρουν το νερό σε μεγάλες αποστάσεις. Το πρόβλημα εμφανίστηκε με την αστικοποίηση, την πληθυσμιακή έκρηξη και την εντατική γεωργία. Σήμερα, οι αρδευόμενες γεωργικές εκτάσεις απορροφούν το 70% του νερού που φτάνει στην κατανάλωση.

εξαγωγές. Να σημειώσουμε ακόμη ότι η περιοχή είναι ιδιαίτερα πλούσια σε πετρέλαιο και ουράνιο, αλλά οι λαοί παραμένουν φτωχοί και – με εξαίρεση το Καμερούν – κυβερνώνται από αυταρχικά και δικτατορικά καθεστώτα. Η φτώχεια αναγκάζει τους περισσότερους να επιδίδονται σε μια επίσης μη αειφορική κτηνοτροφία, κύρια χαρακτηριστικά της οποίας είναι η υπερβόσκηση και η ανάγκη στήριξης της από καλλιεργούμενες ζωοτροφές. Η πρακτική όμως αυτή συμβάλλει στην ερημοποίηση (είναι γνωστή η προς Νότον επέλαση της ερήμου στο Σαχέλ) και κατ' επέκτασιν στην αλλαγή του κλίματος που με τη σειρά του επηρεάζει τις βροχοπτώσεις κ.ο.κ. Να προσθέσουμε στο σημείο αυτό ότι σε όλη τη ζώνη του Σαχέλ (6.000 χλμ. 12 κράτη) το πέρασμα από τα χειροκίνητα πηγάδια στις μηχανοκίνητες αντλίες, οδήγησε αρχικά στην αύξηση του αριθμού των ζώων (λόγω επάρκειας νερού και βλάστησης) αλλά στη συνέχεια η υπερβόσκηση οδήγησε στην αποψίλωση του εδάφους, την μη συγκράτηση του νερού στο έδαφος, στην εξάντληση του νερού των πηγαδιών και εν τέλει σε μεγαλύτερη κοινωνική και περιβαλλοντική υποβάθμιση.

Το χειρότερο όμως είναι, πως η επερχόμενη Κλιματική Αλλαγή θα φέρει μεγαλύτερη ξηρασία στην περιοχή και θα αυξήσει ακόμη περισσότερο τις απαιτήσεις για κατακράτηση νερού από τους επιφανειακούς υδροφορείς. Σύμφωνα με τον Κοέ, η λίμνη Τσαντ θα συνεχίσει – για ένα τουλάχιστο διάστημα – να προμηθεύει με νερό την γεωργία και την οικιακή κατανάλωση, όμως το παιχνίδι με τη φύση έχει χαθεί οριστικά.

Φράγματα και ποταμοί

Τα υδροηλεκτρικά φράγματα, αν και θεωρητικά καταπάσσονται στις ανανεώσιμες και καθαρές πηγές ενέργειας, τα τελευταία χρόνια έχουν γεννήσει τόσες αντιδράσεις, που άνετα θα μπορούσαν να συγκριθούν με εκείνες εναντίον της πυρηνικής ενέργειας της δεκαετίας του 70. Από τη μια μεριά οι υπερασπιστές αυτών των έργων τα θεωρούν ως σημαντικό μοχλό της ανάπτυξης σε εθνικό επίπεδο, ιδιαίτερα για τις αναπτυσσόμενες χώρες, αφού μειώνουν την εξάρτηση από εισαγόμενη ενέργεια και κυρίως το πετρέλαιο και συμβάλουν στον εξηλεκτρισμό. Από την άλλη μεριά, η οικολογική κριτική εστιάζει στις σοβαρές επιπτώσεις των φραγμάτων – ιδίως των μεγάλων – σε ευαίσθητες από κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική άποψη περιοχές: απώλεια παραγωγικών εδαφών για τη γεωργία (η Ινδία στο διάστημα 1950 ως 1975 έχασε 5 εκ στρέμματα), μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών (περί τα 50 εκ από το 1950 ως το 2010), διαταραχή του υδρολογικού καθεστώτος μεγάλων υδατικών διαμερισμάτων (τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων, ιζηματοποίηση, μεταφορά ιλύος και φερτών υλικών κτλ.) αλλοίωση του μικροκλίματος, αύξηση των κινδύνων από σεισμούς, εκδίωξη ή και εξαφάνιση πολλών υδρόβιων ζώων και φυτών, εξάπλωση ασθενειών, αλλαγή της γεωγραφίας και καταστροφή του τοπίου.

Κι όμως, τα φράγματα δεν είναι μόνον υπόθεση του 20ου αιώνα. Πολύ πριν από μας, πρώτοι οι Αιγύπτιοι φαίνεται πως διέθεταν την τεχνολογία της «διευθέτησης» των

72. Ο υδρολογικός κύκλος, ή αλλιώς ο κύκλος του νερού, περιγράφει την παρουσία και την κυκλοφορία του νερού στην επιφάνεια της Γης, καθώς και κάτω και πάνω απ' αυτή. Το νερό της Γης είναι πάντα σε κίνηση και πάντα σε αλλαγή, από την υγρή μορφή στην αέρια κι από στον πάγο και αντίστροφα. Ο κύκλος του νερού λειτουργεί εδώ και δισεκατομμύρια χρόνια και αποτελεί προϋπόθεση της ζωής.

νερών. Το Σάαντ Ελ Καφάρα, κοντά στο Κάιρο, είναι η πιο αρχαία κατασκευή αυτού του είδους με ύψος 14 μ. μήκος 130 μ. και ηλικία 2.800 ετών. Βέβαια το φράγμα αυτό δεν ήταν προορισμένο να παράγει ηλεκτρισμό αλλά να συγκρατεί τα βίαια ξεσπάσματα του Νείλου κατά τη διάρκεια των σπάνιων αλλά εξαιρετικά καταστροφικών πλημμυρών. Αργότερα, αρκετοί λαοί της Μεσοποταμίας, όπως οι Βαβυλώνιοι, οι Πέρσες και οι Ασσύριοι, και της Αραβίας, όπως οι Νάμπα και οι Σαβά, κατασκεύασαν αντίστοιχα έργα που συνδύαζαν την αντιπλημμυρική προστασία με την *διοχευτική αποθήκευση* νερού για το πότισμα των καλλιεργειών. Το μεγαλύτερο απ' αυτά βρέθηκε στο Μαρίμπ (σημερινή Υεμένη) και ήταν σε θέση να αρδεύει 16.000 στρέμματα πριν καταστραφεί από έναν μεγάλο σεισμό τον 6ο μ.Χ. αιώνα. Αντίστοιχα μικρά φράγματα (για ποικίλες χρήσεις) μπορεί να βρει κανείς και σήμερα σε αρκετές χώρες με το κατάλληλο ανάγλυφο (π.χ. ορεινή Αλβανία) ή και σε αρκετά νησιά (εσχάτως και στο Αιγαίο) το μικρό τους όμως μέγεθος και η προφανής τους συσχέτιση με τις αυστηρά τοπικές ανάγκες τα τοποθετεί εκτός κριτικής, παρά τις συχνές κακοτεχνίες ή/και αστοχίες που πολλές φορές έχουν προκαλέσει σοβαρές ενστάσεις από τους υπερασπιστές του τοπίου.

Εκείνο όμως που διαφοροποιεί τις παραδοσιακές κατασκευές από τα μοντέρνα φράγματα, είναι αφενός το μέγεθος και αφετέρου η αλλαγή προορισμού: από την ικανοποίηση τοπικών αναγκών για ύδρευση και άρδευση στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Επιπλέον, πολλά από τα μικρά φράγματα αξιοποιούν εποχιακά νερά που καταλήγουν στις *λεκάνες απορροής*⁷³ μέσω επίσης εποχιακών χειμάρρων. Αντίθετα, τα μεγάλα φράγματα αξιοποιούν τη ροή των ποταμών με τη συνεχή παροχή, τις υψομετρικές διαφορές και τις μεγάλες ποσότητες νερού. Στα περισσότερα έργα που έγιναν στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, ο γιγαντισμός ήταν το κύριο χαρακτηριστικό. Από το φράγμα του Ασσανάν που ολοκληρώθηκε το 1970, ως το σύγχρονο των Τριών Φαργιών στον ποταμό Γιαν Τσε της Κίνας με ισχύ 22.000 Μεγαβάτ: το αντίστοιχο 22 πυρηνικών αντιδραστήρων. Η έκταση που καλύπτουν τα 40 δις κ.μ. νερού που το φράγμα συγκρατεί φτάνει τα 54.000 τ. χλμ. (περίπου όσο η μισή Ελλάδα). Για την Κινεζική κυβέρνηση, ο γιγαντισμός αυτός δικαιολογείται αφενός από τις αυξανόμενες ανάγκες σε ηλεκτρισμό, αλλά και από την πρόθεση της εξομάλυνσης της ροής του ποταμού που με τον τρόπο αυτό θα γίνει πλωτός σε ένα μήκος 600 χλμ. (όσο περίπου το μήκος της τεχνητής λίμνης) και θα περιορίσει τις καταστροφικές πλημμύρες, που μόνο το 1998 είχαν 4.000 ανθρώπινα θύματα. Το έργο έχει όμως και ένα έντονα συμβολικό χαρακτήρα. Η Κινεζική κυβέρνηση κατασκευάζοντας το μεγαλύτερο τεχνικό έργο στον κόσμο, δίνει το στίγμα για το είδος της οικονομικής ανάπτυξης που ακολουθεί, αλλά και για το είδος της πολιτικής που την υποστηρίζει. Όπως χαρακτηριστικά έχει ειπωθεί, αν τις ΗΠΑ τις κυβερνούν οι δικηγόροι, την Κίνα την κυβερνούν οι μηχανικοί. Το 90% των στελεχών του κόμματος που έχουν ηγετικές θέσεις στην κυβέρνηση, την αυτοδιοίκηση ή τη βιομηχανία έχουν τεχνική κατάρτιση, οι περισσότεροι πανεπιστημιακού επιπέδου.

Για τους αντιπάλους του έργου (και είναι αρκετοί τόσο μέσα όσο και έξω από την Κίνα) το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος είναι δυσανάλογο: περίπου 1,3 εκ. κάτοικοι από 13 πόλεις, 140 κομμοπόλεις και 1.300 χωριά, αναγκάστηκαν να μετα-

73. Η *λεκάνη απορροής* είναι μια γεωγραφική ενότητα που περικλείεται από τον υδροκρίτη (ορεινό ανάγλυφο) και στην οποία συγκεντρώνονται ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (χιόνι, βροχή). Αυτά στη συνέχεια καταλήγουν σε ένα κεντρικό σύστημα (ποτάμι, χείμαρρος ή λίμνη) κι από κει οδεύουν προς τη θάλασσα, εξατμίζονται ή απορροφώνται από το έδαφος.

ναστεύσουν, ένας μεγάλος αριθμός από πολιτιστικά μνημεία και αρχαίες πόλεις σβήνουν από το χάρτη καθώς κατακλύζονται από το νερό, και βέβαια θα χαθούν οριστικά μερικά από τα ωραιότερα τοπία της κεντρικής Κίνας. Το κυριότερο: ο τρίτος σε μέγεθος ποταμός του πλανήτη δεν θα είναι πια ο ίδιος και αυτό θα συμβεί σε μια χώρα όπου ο περιβαλλοντικός αντίλογος είναι ακόμη έγκλημα και η άποψη του καθεστώτος ο μοναδικός νόμος. Σε ότι αφορά τις αντιδράσεις και τις πιέσεις από το εξωτερικό, αυτές είναι ακαδημαϊκού χαρακτήρα, αν και τα 30 δις \$ που στοίχισε το έργο και σε μεγάλο βαθμό προέρχονται από ξένες τράπεζες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως μέσον, όχι για το σταμάτημα του έργου (κάτι που θα ήταν εξωπραγματικό) αλλά για την μείωση των επιπτώσεων και την αποζημίωση των εκτοπιζόμενων πληθυσμών. Πράγμα έτσι κι αλλιώς δύσκολο, αν σκεφθεί κανείς ανάλογες περιπτώσεις όπως της Ναομάντα στην Ινδία, το Ίτα στη Βραζιλία ή το Ιταϊπού⁷⁴ στα σύνορα Παραγουάης – Βραζιλίας, όπου οι πολύχρονες κινητοποιήσεις των κατοίκων κατέληξαν σε συμβολικές αποζημιώσεις ή ακόμα σπανιότερο, σε περιορισμένες ανταλλαγές των γαιών.

Πάντως, κάτω από την αυξανόμενη πίεση του οικολογικού κινήματος, ακόμη και οι ακραιφνώς αναπτυξιακοί οργανισμοί, όπως η Διεθνής Τράπεζα, άρχισαν να διαφοροποιούν την τακτική τους και να δίνουν χώρο σ' έναν πιο αντιπροσωπευτικό διάλογο. Έτσι, για παράδειγμα δημιουργήθηκε η Διεθνής Επιτροπή Φραγμάτων (CMB) της οποίας η 12μελής σύνθεση δημιουργεί τις προϋποθέσεις διαλόγου, μεταξύ των επίσημων φορέων και των κινημάτων αμφισβήτησης σε μια προσπάθεια να βρεθεί ο πάντοτε δύσκολος συμβιβασμός. Προσπάθεια που αντανακλάται και στην πρώτη έκθεση της Επιτροπής (2000) όπου γίνεται λόγος για τις κοινωνικές και οικολογικές ανησυχίες από τη μια μεριά και τα πλεονεκτήματα για την ενεργειακή επάρκεια και την οικονομική ανάπτυξη από την άλλη. Καμιά αμφιβολία ότι η συνιστώσα της ανάπτυξης είναι αυτή που συνήθως επικρατεί, όμως ο αγώνας της άλλης πλευράς δεν είναι πάντοτε μάταιος. Στις ΗΠΑ για παράδειγμα, τη δεύτερη παγκοσμίως χώρα σε αριθμό φραγμάτων (6.575) μετά την Κίνα (22.000), κάτω από την πίεση του οικολογικών κινητοποιήσεων, γύρω στα 120 φράγματα καταστράφηκαν ή τέθηκαν εκτός λειτουργίας στην εικοσαετία 1980-2000.

Εκτός από τα επιχειρήματα για το (δύσκολα άλλωστε μετρήσιμο) περιβαλλοντικό κόστος, αρκετοί είναι εκείνοι που αμφισβητούν πλέον και τη συμβολή των έργων αυτών στην τοπική ανάπτυξη. Σε πολλές από τις χώρες του Τρίτου Κόσμου, οι επενδύσεις γίνονται μέσω εξωτερικού δανεισμού. Πολλές φορές στις συμφωνίες προβλέπονται ειδικές και ευνοϊκές ρυθμίσεις για εταιρείες που θα χρησιμοποιήσουν τον ηλεκτρισμό. Το παράδειγμα του φράγματος Τουκουρούι στη Βραζιλία είναι χαρακτηριστικό. Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται κατά προτεραιότητα στο εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου στην πόλη του Μπελέμ, αλουμίνιο το οποίο εξάγεται για να επιστρέψει στη χώρα με τη μορφή επεξεργασμένων προϊόντων. Η εταιρεία κερδίζει από τη φτηνότερη ενέργεια και τα φτηνότερα εργατικά, βγαίνει ευνοημένη στη μάχη του ανταγωνισμού, αλλά το κόστος (ή τη διαφορά κόστους από ένα αντίστοιχο εργοστάσιο στην Ευρώπη, την Ιαπωνία ή τις ΗΠΑ) την υφίσταται το περιβάλλον, ή/και οι κα-

74. Ιταϊπού: το μεγαλύτερο υδροηλεκτρικό έργο στον κόσμο πριν αυτό των Τριών Φαραγγιών. Βρίσκεται στα σύνορα Βραζιλίας και Παραγουάης στην οποία και παρέχει το 70% της ηλεκτρικής της ενέργειας. Η συνολική ισχύς της μονάδος είναι 12.000 MW, περίπου όσο δώδεκα πυρηνικά εργοστάσια.

ταναλωτές ενέργειας της Βραζιλίας οι οποίοι στην ουσία επιδοτούν μια επιχείρηση που κάτω από άλλους όρους δεν θα ήταν βιώσιμη.

Στις περισσότερες πάντως περιπτώσεις, τα μεγάλα υδραυλικά έργα εξυπηρετούν ταυτοχρόνως οικονομικές και γεωστρατηγικές σκοπιμότητες. Η ιστορία του Μεγάλου Ανατολικού Προγράμματος (Great Anatolian Project – GAP) της Τουρκίας είναι χαρακτηριστική. Το συνολικό έργο, που ήδη εγκαινιάστηκε και προβλέπεται να ολοκληρωθεί το 2020, περιλαμβάνει 22 φράγματα στον Τίγρη και τον Ευφράτη και το κόστος του θα φτάσει τα 32 δις \$. Το GAP εγγράφεται σε ένα γενικότερο σχέδιο οικονομικής ανάπτυξης του τουρκικού Κουρδιστάν, μιας περιοχής φτώχειας και πολιτικά ασταθούς. Με την συγκράτηση των νερών το τουρκικό κράτος αναμένει να ποτίσει 17 εκ. στρέμματα, ήτοι το 1/5 των συνολικών αρδεύσιμων καλλιεργειών, και να προμηθεύσει στην κατανάλωση 27 δις κιλοβατώρες το χρόνο. Σύμφωνα με οικονομικούς αναλυτές, όταν τα αρδευτικά έργα ολοκληρωθούν, θα ρίξουν το κόστος της καλλιέργειας του βαμβακιού και οι διεθνείς τιμές θα γνωρίσουν πτώση της τάξης του 10%.⁷⁵ Παράλληλα όμως, αποσκοπεί στη σταθεροποίηση (ή καλύτερα στον έλεγχο) μιας περιοχής που εδώ και δεκαετίες αποτελεί εστία ταραχών στη νοτιοδυτική Ανατολία. Όμως η ανάγκη εκτεταμένων απαλλοτριώσεων και οι αυξανόμενες αντιδράσεις των τοπικών πληθυσμών, κινδυνεύουν να έχουν το αντίθετο αποτέλεσμα: ήδη η GAP έγινε όπλο στα χέρια των αυτονομιστών.

Η κριτική εναντίον της Τουρκίας για το φαραωνικό αυτό έργο δεν σταματάει στο εσωτερικό. Ήδη αναφερθήκαμε στις έντονες αντιδράσεις των όμορων χωρών (ή ότι απέμεινε απ' αυτές) που βλέπουν τον βόρειο γείτονά τους να παίρνει την μερίδα του λέοντος από τους δύο ποταμούς και να περιορίζει σημαντικά τις παροχές στα κατάντι. Για μια ακόμα φορά, το μοίρασμα των διασυννοριακών υδάτων ανάγεται σε πρόβλημα διεθνούς δικαίου. Η σχετική Σύμβαση του Ελσίνκι για τη Χρήση των Ρεόντων Υδάτων και των Λιμνών μεταξύ των όμορων κρατών κάνει λόγο για λύσεις βασισμένες στο δικαιολογημένο μερίδιο των κρατών στις ευρύτερες λεκάνες απορροής. Η διατύπωση είναι όμως τόσο γενική, που δύσκολα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μέσον για τις διεκδικήσεις των κρατών που βρίσκονται σε μειονεκτική θέση λόγω γεωγραφίας. Οι πολλοί και διαφορετικοί μεταξύ τους παράγοντες όπως είναι η βροχομετρία εντός των εθνικών συνόρων, το μερίδιο της κάθε χώρας στα νερά της υδρολογικής λεκάνης και οι παραδοσιακές μορφές εκμετάλλευσης των υδάτων από τη μια κι από την άλλη πλευρά, κάνουν εξαιρετικά δύσκολη τη δουλειά του διεθνούς δικαστή. Υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι θα στηθούν τέτοια δικαστήρια και ότι η ετυμηγορία τους θα γίνεται σεβαστή. Ακριβώς η έλλειψη ενός τέτοιου θεσμικού πλαισίου ώθησε μια πλειάδα Μη Κυβερνητικών Οργανώσεων της Λατινικής Αμερικής να θεσπίσουν το δικό τους δικαστήριο το Σεπτέμβριο του 2000. Η πρώτη σύνοδος του δικαστηρίου έγινε στην Κόστα Ρίκα. Όλες οι αποφάσεις ήταν καταδικαστικές για τους εναγόμενους (πολυεθνικές εταιρείες και κρατικοί οργανισμοί). Δεν θα μπορούσε να είναι διαφορετικά, αφού στην πραγματικότητα δεν πρόκειται για δικαστήριο με την τυπική του όρου έννοια, αλλά για ένα βήμα μέσα απ' το οποίο οι ενάγοντες προσπαθούν να δώσουν στις υποθέσεις τους δημοσιότητα.

75. *Effect of the Southeastern Anatolia Project (GAP) on Cotton Markets of Turkey and the World*, Deepayan Debnath, *The Journal of Cotton Science* 20:46–55 (2016).

Η Ευρώπη μπαίνει μπροστά

Η «κρίση του νερού» δεν μπορούσε ν' αφήσει ασυγκίνητη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Παρά τις ανομοιογένειες και τις διαρκείς αλλαγές του πολιτικού της χάρτη, η ομοσπονδία των κρατών της γηραιάς ηπείρου διατηρεί τα πρωτεία στις θεσμικές ρυθμίσεις για την προώθηση της αειφορίας σε μια σειρά από κρίσιμους τομείς. Η Οδηγία-Πλαίσιο για το Νερό (2000/60) αποτελεί ένα πλήρες και συνεκτικό σχέδιο για την αειφορική διαχείριση των υδατικών πόρων. Έδωσε στα κράτη-μέλη την ευκαιρία να εκσυγχρονίσουν το νομοθετικό και πολιτικό τους οπλοστάσιο εισάγοντας την έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης, με την ταυτόχρονη μέριμνα τόσο για την ποσότητα όσο και την ποιότητα του νερού που φτάνει στην κατανάλωση. Παράλληλα, προέβλεψε μέτρα για την υγεία και τη βιωσιμότητα των υδατικών οικοσυστημάτων και των εξαρτώμενων απ' αυτά ειδών ή/και πληθυσμών (φυτικών και ζωικών) όχι μόνο για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας αλλά και για το ρόλο τους στη σταθερότητα του υδρολογικού κύκλου.

Είναι πράγματι γεγονός ότι η μέχρι σήμερα αντίληψη για το «δικαίωμα πάνω στο νερό» ήταν τελείως ανθρωποκεντρική. Οι υδατικοί πόροι ήταν προορισμένοι να καλύψουν πριν απ' όλα τις ανάγκες ενός εξαιρετικά υδροβόρου παραγωγικού και καταναλωτικού συστήματος, με ελάχιστη ή καθόλου μέριμνα για το φυσικό περιβάλλον. Και καθώς η ζήτηση του νερού προχωρά με ρυθμούς τριπλάσιους από την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, είναι προφανές ότι τα φυσικά οικοσυστήματα θα συνεχίσουν να θυσιάζονται στο βωμό μιας από πολλούς αμφισβητούμενης και κοινωνικά άδικης ανάπτυξης. Μερικοί δείκτες είναι χαρακτηριστικοί: Το ένα πέμπτο του συνόλου των ψαριών του γλυκού νερού είτε κινδυνεύουν είτε έχουν εξαφανισθεί. Στη στεριά το 50% των αμφίβιων βρίσκεται στα πρόθυρα της κατάρρευσης. Χίλια περίπου είδη πτηνών – τα περισσότερα υδροβία – κατατάσσονται στα απειλούμενα. Πάνω από το μισό των υγροτόπων του πλανήτη έχουν καταστραφεί τα τελευταία 100 χρόνια. Η γεωγραφία των ποταμών έχει άρδην μεταβληθεί αφού 40.000 φράγματα συγκρατούν τα νερά σε τεχνητές λίμνες και 500.000 χλμ. φυσικής ροής έχουν δώσει τη θέση τους σε διευθετημένες αρτηρίες για πλωτά μέσα μεταφοράς. Είναι προφανές ότι η κατάσταση αυτή έχει σημαίνει συναγερμό μεταξύ των παγκόσμιων οργανισμών, πράγμα που άρχισε να φαίνεται, τόσο στις διακηρύξεις αρχών, όσο και στις πολιτικές. Η Οδηγία 2000/60 της ΕΕ για τα νερά ήταν αποτέλεσμα αυτής της αλλαγής, στις συνειδήσεις και τις πολιτικές.

Σύμφωνα με την Οδηγία, η διαχείριση θα πρέπει να γίνεται πλέον στο επίπεδο της *Υδρολογικής Λεκάνης*⁷⁶, άρα στο επίπεδο του φυσικού συστήματος, λαμβάνοντας υπόψιν την διαθεσιμότητα του νερού, τις προβλέψεις για το μέλλον και τα φαινόμενα της ρύπανσης. Η προσέγγιση αυτή, όσο κι αν φαίνεται αυτονόητη, μεταφέρει το ζήτημα της διαχείρισης του νερού από τη σφαίρα της μη αειφορικής οικονομίας (το νερό ως εισροή στα παραγωγικά συστήματα) στη σφαίρα της περιβαλλοντικής πολιτικής. Αυτός είναι άλλωστε και ο λόγος όπου την κύρια ευθύνη την έχουν πλέον τα υπουργεία περιβάλλοντος και οι συναφείς οργανισμοί, και όχι τα παραγωγικά λεγόμενα

76. *Συνώνυμη της λεκάνης απορροής.*

υπουργεία, τα οποία άλλωστε βασίστηκαν, για μια μεγάλη περίοδο, στις χρησιμοποιηζόμενες αντιλήψεις για τους φυσικούς πόρους.

Με τη νέα προσέγγιση που εισάγει η οδηγία 2000/60 διαφοροποιείται επίσης η γεωμετρία του χώρου άσκησης πολιτικής. Το κρατικό-συγκεντρωτικό μοντέλο δίνει τη θέση του στη τοπικότητα, χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν μπορεί να υπάρχουν προτεραιότητες «εθνικής σημασίας» ή πως το κράτος δεν θα πρέπει να έχει το γενικό συντονισμό. Η κύρια όμως δουλειά θα πρέπει να γίνεται από τους Φορείς Διαχείρισης, οι οποίοι αναλαμβάνουν αμέσως ευθύνες ευθύς ως καθοριστούν τα Υδατικά Διαμερίσματα που βρίσκονται στην τομή των δύο γεωγραφικών υποδιαιρέσεων: της υδρολογικής λεκάνης και της περιφερειακής διοίκησης. Με βάση επίσης τη ίδια οδηγία, τα κράτη-μέλη υποχρεώνονται να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να δημοσιοποιούν τα πάσης φύσεως υδρολογικά δεδομένα (μετεωρολογικά και φυσικοχημικά) και μάλιστα με μια ενιαία μεθοδολογία έτσι ώστε τα στοιχεία να είναι συγκρίσιμα και να προσφέρονται για την παραγωγή συγκεντρωτικών πινάκων, στατιστικών, χαρτών και γραφικών παραστάσεων με τις χρονικές μεταβολές.

Το νέο θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ φάνηκε κατ' αρχήν πως ήταν μια καλή ευκαιρία για τον εκσυγχρονισμό και της Ελληνικής νομοθεσίας, αλλά κυρίως για την αλλαγή των δομών. Πράγματι, το Ελληνικό μοντέλο έπασχε από τη χρόνια ασθένεια της πολυδιάσπασης και της σύγκρουσης των αρμοδιοτήτων με τρία τουλάχιστον υπουργεία να διεκδικούν την πρωτοκαθεδρία στο έλεγχο του νερού: το ΥΠΑΝ για την ποσότητα, το ΥΠΕΧΩΔΕ για την ποιότητα και το Γεωργίας για τις αρδεύσεις. Αντί όμως για τη συνεργασία και την συμπληρωματικότητα, επικράτησε ο ανταγωνισμός και η ασυνεννοησία και εν τέλει η έλλειψη ολοκληρωμένης και συνεκτικής πολιτικής. Την παραπάνω εικόνα συμπληρώνει η συναρμολογημένη ημι-κρατικών φορέων όπως η ΔΕΗ και το ΙΓΜΕ, ενώ τα πράγματα ήταν ακόμη χειρότερα στο τοπικό επίπεδο. Η απουσία δεδομένων, η ανυπαρξία στρατηγικού σχεδιασμού σχετικά με τις προτεραιότητες και μάλιστα σε βάθος χρόνου και η μη-διάκριση των εξουσιών ανάμεσα στις Νομαρχίες και την Τοπική Αυτοδιοίκηση καθιστούσε αδύνατη τη λήψη ορθολογικών αποφάσεων. Όπως σημειώνεται χαρακτηριστικά σε έκθεση της Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής της Ελλάδος (ΟΚΕ) το 2002 *«για ένα μεγάλο διάστημα δεν υπήρξε ούτε η απαιτούμενη πολιτική βούληση να θιγούν τα κεκτημένα στους κόλπους της διοίκησης, ούτε και να καταπολεμηθούν τα οικονομικά συμφέροντα που είναι συνδεδεμένα με τον παραδοσιακό τρόπο κατανομής του νερού, του σχεδιασμού και της κατασκευής των υδραυλικών έργων. Έτσι, το εκάστοτε θεσμικό καθεστώς εφαρμόστηκε άτολμα, επιλεκτικά και κατά περίπτωση, με μια λογική μη ρήξης και εξισορρόπησης των συντεχνιακών συμφερόντων»*.

Το ίδιο περίπου συνέβη και με την Οδηγία 2000/60 κατά τη διάρκεια της εναρμόνισης. Εκτός από τη γραφειοκρατική καθυστέρηση και την έλλειψη προετοιμασίας, φάνηκε καθαρά από την αρχή ότι ο πόλεμος μεταξύ των υπουργείων δεν είχε κοπάσει και ότι η διατήρηση των κεκτημένων ήταν το κύριο μέλημα των εμπλεκόμενων. Να το πούμε καθαρά: το νερό είναι πλέον πόρος με τεράστια οικονομική σημασία. Ο ασκών τη διαχείριση έχει και τα οφέλη από τα συνοδευτικά έργα, τις έρευνες, τις αδειοδοτήσεις και τη χρήση του νερού (π.χ. ενέργεια) αλλά κυρίως έχει ένα μεγάλο κομμάτι της πραγματικής εξουσίας. Αυτό άλλωστε συνέβαινε κατά κόρον και στο παρελθόν. Μία από τις βασικές επιδιώξεις των φεουδαρχικών καθεστώτων ήταν ο έλεγχος των πηγών του νερού και των υδραυλικών συστημάτων.

Την κατάσταση αυτή προσπάθησε να επηρεάσει και ο ίδιος ο τότε πρωθυπουργός με επανειλημμένες παρεμβάσεις στην περίοδο 2000-1 χωρίς όμως αποτέλεσμα. Η λύση που τελικά επελέγη από την ηγεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ στην αμέσως επόμενη περίοδο ήταν πολύ μακριά από το πνεύμα της Οδηγίας. Ο Ενιαίος Φορέας εκφυλίστηκε σε μια υπηρεσία του υπουργείου, οι περιφερειακοί φορείς ταυτίστηκαν με τις υπάρχουσες (ή και τις ανύπαρκτες) δομές των διοικητικών Περιφερειών, η τομεακή αντίληψη για τη χρήση του νερού παρέμεινε κυρίαρχη, η φύση είναι παντελώς απύσχα, η αιφοριζή διάσταση – που ήταν και ο κύριος άξονας της Οδηγίας – κατέληξε κέλυφος κενό περιεχομένου. Ενδεικτική εν τέλει της απολμίας που χαρακτηρίζει τον νέο νόμο (3199/203 κατ' εφαρμογήν της Οδηγίας 2000/60) είναι η διατύπωση σχετικά με την κοστολόγηση του νερού: *Με απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων... καθορίζονται οι διαδικασίες, η μέθοδος και τα επίπεδα ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών ύδατος στις διάφορες χρήσεις...* Είναι προφανές ότι η πρόθεση των συντακτών δεν ήταν να εισαχθεί, έστω και δειλά, η έννοια της τιμολόγησης του νερού ως φυσικού πόρου εν ανεπαρκεία, αλλά να καλυφθούν τα έξοδα κάποιων υπηρεσιών...

Δημόσιο αγαθό ή βιομηχανικό προϊόν;

Μια άποψη με πολλούς θιασώτες τα τελευταία χρόνια είναι αυτή που θεωρεί το πόσιμο νερό «δημόσιο» αγαθό, επομένως θα πρέπει να είναι εκτός της διαδικασίας της αγοράς και οπωσδήποτε έξω από τα χέρια του ιδιωτικού τομέα.

Είναι γεγονός ότι το κράτος και η τοπική αυτοδιοίκηση, έχουν την τάση να διατηρούν τον πλήρη έλεγχο του πόσιμου νερού και να ρυθμίζουν την τιμή του η οποία πρέπει, σύμφωνα με αυτήν τη θεωρία, να παραμένει σε χαμηλά επίπεδα για λόγους “κοινωνικής ευαισθησίας”. Η σχετικά χαμηλή όμως τιμή του νερού, τουλάχιστον εκεί που υπάρχουν δημοτικές επιχειρήσεις ύδρευσης, θα έπρεπε να διαμορφώνεται ως το αποτέλεσμα των κεφαλαιουχικών αποσβέσεων για εξοπλισμό και υποδομές από τη μια μεριά και το λειτουργικό κόστος και τα έξοδα του προσωπικού από την άλλη. Όχι με βάση τις πολιτικές επιδιώξεις. Αυτό επιτάσσει η Ευρωπαϊκή νομοθεσία όπως και η Ελληνική, η οποία συμμορφώθηκε αντιστοίχως. Να συγκρατήσουμε βεβαίως το γεγονός ότι οι κρατικές επιχειρήσεις ήταν πάντα μια δεξαμενή για την απόσβεση των πιέσεων της δομικής ανεργίας και εργαλείο στα χέρια της εκάστοτε κυβέρνησης για εξυπηρέτηση της εκλογικής της πελατείας. Δεν είναι όμως μόνον αυτό.

Η κερδοφορία των μεγάλων επιχειρήσεων όπως η ΕΥΔΑΠ στην Αθήνα, συναρτάται και με το χρηματιστήριο, με την τιμή των μετοχών, με τα έσοδα από τις χρηματιστηριακές συναλλαγές και το γενικότερο οικονομικό περιβάλλον. Άρα τα περιθώρια άσκησης “κοινωνικής πολιτικής” είναι αυτά που ανέχεται το μίγμα των μετόχων. Όμως κι αυτό δεν είναι σταθερό αφού οι μετοχές αλλάζουν συχνά χέρια. Για παράδειγμα το 2014 το 10% της ΕΥΔΑΠ αγοράστηκε από το αμερικανικών συμφερόντων hedge fund του John Paulson μέσω του ΧΑ στην τιμή των 8,10 € ανά μετοχή. Σημειώνεται ότι ο Paulson που διατηρεί μεταξύ άλλων συμμετοχές σε Alpha Bank και Τράπεζα Πειραιώς, άλλοτε ονομάζεται κερδοσκόπος και άλλοτε επενδυτής, ανάλογα με την ιδεολογική προσέγγιση του εκάστοτε υποκειμένου. Σήμερα το κράτος διατηρεί μόνο το 30% των μετοχών της ΕΥΔΑΠ ενώ άλλο 1/3 είναι στο ΤΑΙΠΕΔ (προς πώληση) και άλλο ένα 30-40% σε ιδιωτικά χέρια (νομικών και φυσικών προσώπων).

Το νερό στην περιφέρεια και στους μικρούς δήμους στοιχίζει γενικά λιγότερο (πολλές φορές είναι και δωρεάν) αλλά με ποιό αντίτιμο; Στα νησιά του Αιγαίου για παράδειγμα, στην πλειονότητά τους οι δήμοι, ασκώντας φιλολαϊκή πολιτική, διέθεταν και διαθέτουν το νερό σε τιμή κάτω του κόστους – τη διαφορά την πληρώνει ο γενικός φορολογούμενος. Όμως το νερό δεν είναι πουθενά πόσιμο. Λόγω της κακής κατάστασης των δικτύων και παρά τα δισεκατομμύρια των κοινοτικών διαρθρωτικών κονδυλίων που εισέρρευσαν για τον εκσυγχρονισμό των υποδομών εδώ και τρισημίσις δεκαετίες. Το μόνο νερό που πίνεται είναι αυτό των αφαλατώσεων με πολύ ανταγωνιστικό κόστος (περίπου 2 €/κ.μ. για τον καταναλωτή σε τιμές 2016) και με διαρκείς ελέγχους ποιότητας που είναι μέσα στις συμβατικές υποχρεώσεις. Ιδιωτικές ή δημοτικές οι εταιρείες αφαλάτωσης λειτουργούν στο 100% με όρους αγοράς. Οι δήμοι (δηλαδή το δημόσιο) που προσφέρουν νερό φτηνό αλλά ακατάλληλο, είναι πράγματι οι θεματοφύλακες του δημόσιου αγαθού και συμφέροντος;

Η ακαταλληλότητα του δημόσιου νερού στα νησιά (και αλλού) έχει τροφοδοτήσει τον πλέον ακμαάζοντα κλάδο των εμφιαλωμένων (φυσικών/μεταλλικών κτλ.) νερών με τζίρο – στην Ελλάδα – γύρω στα 1 δις € το χρόνο. Αυτό μεταφράζεται σε 2 δις μπουκάλια ετησίως του 1,5 λίτρου, του οποίου λίτρου έτσι το μέσο κόστος είναι 1000 φορές μεγαλύτερο απ' αυτό της ΕΥΔΑΠ ή της αφαλάτωσης. Όμως οι επιχειρήσεις του κλάδου δεν έχουν περιέργως αποκληθεί κερδοσκόποι, όπως συμβαίνει με αυτούς που φτιάχνουν αφαλατώσεις ή θέλουν να αγοράσουν τις μετοχές της ΕΥΔΑΠ. Να προσθέσουμε στα παραπάνω το τεράστιο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος για την απομάκρυνση/διαχείριση/ απόρριψη των πλαστικών δοχείων.

Για την ιστορία και τη θεωρία να πούμε ότι η έννοια του δημόσιου αγαθού σηκώνει πολλαπλές ερμηνείες όταν δεν ορίζεται ή όταν ξεχειλώνεται για να χωρέσει σε ιδεολογικά στερεότυπα. Έτσι και οι δρόμοι είναι δημόσια αγαθά (ασχέτως αν τους έχουν κατασχευάσει ιδιώτες) και άρα δεν πληρώνουμε διόδια. Πρόσφατα τα ίδια γνωστά επιχειρήματα δεν χρησιμοποιήθηκαν και για τις τηλεοπτικές συχνότητες;

Με όρους στοιχειώδους πολιτικής οικονομίας, γίνεται φανερό ότι ο αρχικός χαρακτήρας του πόσιμου επεξεργασμένου νερού «ως φυσικού πόρου σε ελεύθερη πρόσβαση» καταργείται στο βαθμό που με τον ένα ή τον άλλο τρόπο υπεισέρχονται ρυθμιστικοί παράγοντες που διαφοροποιούν τόσο τη χρήση (δικαίωμα), όσο και την ελευθερία στην πρόσβαση (τιμολόγηση). Είναι όμως η ίδια η διαδικασία της μεταποίησης που το καθιστά αυτομάτως βιομηχανικό προϊόν. Δεν είναι το νεράκι της πηγής. Βέβαια, πολλοί καταναλωτές που είτε δεν κατανοούν είτε δεν θέλουν να κατανοήσουν την παραπάνω πραγματικότητα, συνεχίζουν να θεωρούν ως αναφαίρετο το δικαίωμά τους στην ελεύθερη χρήση (αν είναι δυνατόν και δωρεάν) παραβλέποντας είτε από άγνοια είτε από εθελουφλία ότι το πραγματικό ή το αγοραίο κόστος δεν μπορούν να εξαφανιστούν. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι η πώληση/ιδιωτικοποίηση των εταιρειών ύδρευσης είναι αναγκαστικά και εξ ορισμού η προσφορότερη λύση. Η απάντηση είναι κατά περίπτωση και με βάση τις ψύχραιμες και αντικειμενικές εκτιμήσεις. Η εξέλιξη όμως δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να καθοδηγηθεί από συνδικαλιστικές σκοπιμότητες ή από αντιπαλότητες κομματικού χαρακτήρα.

Είναι γεγονός ότι η μέχρι σήμερα πολιτική για το νερό, καθώς και η απουσία πολιτικής, βασίστηκαν στον αυτοτροφοδοτούμενο μύθο του «δωρεάν και άφθονου νερού» που κατάφερε βέβαια να επιβιώσει χάρις στην μεταφορά του εξωτερικού κόστους, όχι στους χρήστες, αλλά στο ευρύτερο κοινωνικό σύνολο. Εκείνο που συμβαί-

νει στην πραγματικότητα είναι ότι ορισμένοι χρήστες (π.χ. οι αγρότες) επιδοτούνται αφού δεν είναι αυτοί που υφίστανται το κόστος των υποδομών, των δικτύων άρδευσης κτλ. αλλά το κεντρικό κράτος (δηλαδή το σύνολο των φορολογούμενων) και σε πολλές περιπτώσεις δεν πληρώνουν καν το κόστος της τρέχουσας χρήσης (π.χ. ιδιωτικές γεωτρήσεις). Το σημαντικότερο όμως είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος του περιβαλλοντικού κόστους μεταφέρεται στις επόμενες γενιές ή μεταφράζεται σε επιδείνωση της κατάστασης των εξαρτώμενων από το νερό οικοσυστημάτων.

Η απόδοση μιας τιμής στο νερό που να αντανακλά το πραγματικό κόστος (κόστος έργων και υποδομών, κόστος διαχείρισης και περιβαλλοντικό κόστος) ήταν μέσα στα ζητούμενα της Οδηγίας που προαναφέρθηκε, όχι με την έννοια μιας καταληκτικής διατύπωσης, αλλά με την έννοια της απαρχής ενός διαλόγου για τη εξεύρεση μιας κοινά αποδεκτής λύσης. Λύσης που θα αντιμετώπιζε σε σημαντικό βαθμό το πρόβλημα της σπατάλης αλλά και της δικαιοκατανομής των επιβαρύνσεων. Η συζήτηση όμως αυτή και προφανώς η αναζήτηση λύσης παραπέμφθηκε στο μέλλον.

Θα πρέπει βέβαια να αναγνωρίσουμε πως η εσωτερίκευση του εξωτερικού κόστους⁷⁷ είναι μια έτσι κι αλλιώς δύσκολη άσκηση, που γίνεται ακόμη δυσκολότερη όταν συγκρούεται με την αντίληψη που καλλιεργήθηκε για δεκαετίες ότι η δωρεάν πρόσβαση στους φυσικούς πόρους είναι μέρος της κοινωνικής πολιτικής. Τουλάχιστον για ορισμένες κοινωνικές κατηγορίες όπως οι αγρότες. Οι οποίοι δεν είναι έτοιμοι να δεχθούν άλλη επιβάρυνση του κόστους παραγωγής, ακόμη κι αν είναι για το δικό τους μακροπρόθεσμο συμφέρον (διατήρηση των αποθεμάτων). Θεωρητικά βέβαια υπάρχει πάντα η δυνατότητα της επιστροφής μέρους των εσόδων που θα εισέπραττε το κράτος (ή η αυτοδιοίκηση) αν προχωρούσε στην αύξηση της τιμής του νερού, προς εκείνους που θα ήθελαν να πραγματοποιήσουν επενδύσεις εξοικονόμησης ή γενικότερα ορθές γεωργικές πρακτικές, αλλ' αυτό προϋποθέτει αλλαγή παραδείγματος και άλλη πολιτική κουλτούρα.

Η Διεθνής Τράπεζα και μεγάλο μέρος των οικονομολόγων πιστεύουν πως η άρδευση θα ήταν περισσότερο φειδωλή στην κατανάλωση νερού αν οι τιμές του σημειώναν μια ελαφρά αύξηση. Γενικά όμως οι αρχές διστάζουν να προβούν σε τέτοιες κινήσεις λόγω του φόβου των αγροτικών κινητοποιήσεων. Εντούτοις ο Οργανισμός Γεωργίας και Τροφίμων (FAO) σε επανηλειμμένες εκθέσεις του επισημαίνει (χωρίς απήχηση μέχρι σήμερα) πως αν δεν τιμολογηθεί το νερό στη γεωργία, τουλάχιστον για τους μεγάλους καλλιεργητές, δεν υπάρχει ελπίδα να αλλάξει το σημερινό καθεστώς εκμεταλλεύσεων⁷⁸.

Οι δρόμοι της ρύπανσης είναι καθημερινοί

Για την παραγωγή ενός αυτοκινήτου χρειάζονται 400.000 λίτρα νερό. Το πρόβλημα όμως δεν είναι μόνο ποσοτικό. Η βιομηχανική χρήση του νερού δημιουργεί απορροές, όπως άλλωστε και η γεωργική, ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού. Με τις απορροές μεταφέρονται μεγάλες ποσότητες ανόργανων και οργανικών ουσιών, τόσο

77. Εξωτερικό κόστος: δαπάνες που δεν υπολογίζονται στις τιμές της αγοράς και βαρύνουν την εν γένει κοινωνία ή το φυσικό περιβάλλον (αν μπορεί σ' αυτό να αποδοθεί μια οικονομική αξία).

78. Δες και *Water charging in irrigated agriculture*, FAO 2004. *Water charging in irtd.*

στους επιφανειακούς όσο και στους υπόγειους αποδέκτες. Η ρύπανση είναι πλέον ένα διαρκές φαινόμενο με βαθιές ρίζες στην ίδια την ιστορία του βιομηχανικού πολιτισμού, αλλά και με προεκτάσεις στο μέλλον. Η κακή και ακατάλληλη ποιότητα του νερού μεταφέρεται στις πλάτες των επόμενων γενεών που ενδεχομένως δεν θα ήθελαν να κάνουν τις ίδιες επιλογές. Στις μέρες μας η ρύπανση πλήττει τις ασθενέστερες τάξεις και τις χώρες του Τρίτου Κόσμου που δεν διαθέτουν ούτε την κατάλληλη τεχνολογία, ούτε τις κατάλληλες πολιτικές δομές. Στην Αλγερία, στο Πακιστάν ή στη Βολιβία, οι κάτοικοι των φτωχών περιοχών είναι εκτεθειμένοι στις σφαίρες της αστυνομίας όταν διεκδικούν επαρκές πόσιμο νερό ή αντιτίθενται σε σκανδαλώδεις ιδιωτικοποιήσεις. Στην νοτιοανατολική Ασία, περιοχή με τις μεγαλύτερες πλημμύρες κατά τη διάρκεια των μουσώνων, τα υπόγεια νερά περιέχουν ποσότητες αρσενικού σε συγκεντρώσεις που απειλείται η ζωή περίπου 100 εκ. ανθρώπων. Όμως και στο Βορρά τα πράγματα δεν είναι πάντα ιδανικά. Το 1993, η πόλη του Μιλγουόκι στις ΗΠΑ θρήνησε περί τους 100 νεκρούς λόγω της εμφάνισης ενός παθογόνου παράγοντα (*cryptosporidium*) στο πόσιμο νερό. Στο Οντάριο του Καναδά λόγω ενός επεισοδίου ρύπανσης του νερού της πόλης από ένα χοιροτροφείο, είκοσι άτομα έχασαν τη ζωή τους από τροφική δηλητηρίαση.

Πρακτικά στο νερό μπορεί να βρει κανείς σήμερα τα πάντα, τουλάχιστον εκείνες τις ουσίες που δεν έχουν σύντομη *βιο-διασπασιμότητα*⁷⁹. Στη λεκάνη απορροής του Σηκουάνα, το ένα τέταρτο της ποσότητας του νερού που προορίζεται για πόσιμο, περιέχει ποσότητες Ατραζίνης (ενός ισχυρού ζιζανιοκτόνου) πάνω από το όριο που προβλέπει η νομοθεσία. Το προϊόν αυτό είναι τόσο διαδεδομένο σε ολόκληρη την υδροσφαίρα, ώστε μπορεί να ανιχνευθεί ακόμη και στα καλύτερα εμφιαλωμένα νερά. Η υπερβολική άλλωστε κατανάλωση του φυτοφαρμάκου από του Ευρωπαίους αγρότες οδήγησε αρκετές χώρες (Δανία, Σουηδία, Γερμανία και Γαλλία) να απαγορεύσουν τελείως τη χρήση του μετά το 1995. Όμως, πολλές μετέπειτα μετρήσεις έδειξαν πως ακόμη και τα νερά της βροχής στη γηραιά ήπειρο ήταν τόσο ρυπασμένα από τα φυτοφάρμακα, που κατέστησαν ακατάλληλα για πόση. Ανάλογες, αν όχι σοβαρότερες ανησυχίες είχαν προκύψει και από την παρουσία στο νερό φαρμάκων που χρησιμοποιούνται από την κτηνοτροφία αλλά και τη σύγχρονη ιατρική. Σε μια έρευνα που έγινε το 1995 για την πόλη του Βερολίνου, μια πλειάδα σύγχρονων φαρμακευτικών ουσιών (αντιβιοτικά, ορμόνες, σκευάσματα χημειοθεραπείας κτλ.) ανιχνεύθηκαν στο δίκτυο του πόσιμου νερού. Σε μια άλλη παλιότερη, το 1980, στον ποταμό Λη κοντά στο Λονδίνο, βρέθηκαν στα νερά του 170 διαφορετικά φάρμακα από ασπιρίνη μέχρι και μορφίνη. Σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας, ο ποταμός παρέσχε με το ρεύμα του ετησίως πάνω από ένα τόνο ασπιρίνης. Πολλά από τα ανιχνευόμενα φάρμακα προέρχονται από τις εγκαταστάσεις της εντατικής κτηνοτροφίας, μια και η σύγχρονη τεχνολογία της εκτροφής ζώων κάνει εκτεταμένη χρήση φαρμάκων είτε για τη γρήγορη ανάπτυξη, είτε για την πρόληψη των ασθενειών που είναι συχνές στα εκτροφεία αυτού του είδους. Η βιολογική δράση των φαρμάκων μπορεί στην περίπτωση των ασθενειών να είναι ευεργετική, στην κανονική όμως κατάσταση του φυ-

79. Η βιοδιάσπαη αναφέρεται στη δυνατότητα των μικροοργανισμών στο έδαφος να μετατρέπουν τις σύνθετες χημικές ενώσεις σε απλούστερες και να τις καθιστούν αβλαβείς για τα φυτά και την τροφική αλυσίδα.

σικού κόσμου μπορεί να προκαλέσει διαταραχές οφειλόμενες κυρίως στην ανάπτυξη ορισμένων οργανισμών σε βάρος άλλων. Σε ότι αφορά τον ανθρώπινο οργανισμό, η εκτεταμένη και άσκοπη παρουσία αντιβιοτικών στην τροφική αλυσίδα υπάρχουν φόβοι πως μπορεί να προκαλέσει εθισμό και άρα περιορισμό της αντίστασης σε παθογόνα μικρόβια.

Στην πιο πρόσφατη ανασκόπηση της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος⁸⁰, επισημαίνεται ότι περίπου οι μισοί από τους ποταμούς και τις λίμνες της Ευρώπης εξακολουθούν να είναι ρυπασμένοι παρά τον προ 15ετίας στόχο της ΕΕ να έχει αποκαταστήσει την οικολογική υγεία σε όλα τα νερά της ηπείρου μέχρι το 2015. Η έκθεση ξεκινάει με μια λιτανεία των περιβαλλοντικών αποτυχιών της περιόδου που περιλαμβάνουν την αύξηση της απώλειας της βιοποικιλότητας (συγκριτικά με την τελευταία έκθεση) την ποιότητα του αέρα και την ηχορύπανση (που συνδέεται με θανάτους μέσα από εμφράγματα και εγκεφαλικά επεισόδια). Σχετικά με την κατάσταση των υδάτων σημειώνει, ότι παρά τις επτά μείζονες πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής τα τελευταία 15 χρόνια, μόνο το 53% των οργανισμών του γλυκού νερού αναμένεται να είναι σε καλή οικολογική κατάσταση – μια «μέτρια βελτίωση» σε σχέση με το 2009 όταν μόνο το 43% των ποταμών και των λιμνών ήταν υγιείς. Μεταξύ των χωρών με τις μεγαλύτερες αποτυχίες είναι η Γερμανία και η Ολλανδία, όπου περισσότερο από το 90% του γλυκού νερού έχει αποτύχει να φθάσει το επίπεδο της καλής οικολογικής κατάστασης⁸¹. **Να σημειώσουμε ότι η Ελλάδα στην έκθεση αναφέρεται ως μη προμηθεύσασα στοιχεία!**

Η ρύπανση από τη γεωργία και την αστικοποίηση έχουν και το μεγαλύτερο μέρος της ευθύνης, παρά τα συντονισμένα μέτρα για τη μείωση της χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και τις αλλαγές στη βιομηχανική διαδικασία παραγωγής.

Αλλά δεν είναι όλοι οι οικολόγοι τόσο ανήσυχoi. Η κατάσταση των γλυκών νερών της Ευρώπης δεν είναι τόσο κακή όσο ακούγεται λέει ο Alan Jenkins, αναπληρωτής διευθυντής του Κέντρου του Ηνωμένου Βασιλείου για την Οικολογία & Υδρολογία. Ο Jenkins λέει ότι οι νομοθετικοί στόχοι για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού ήταν ανέφικτοι – έτσι δεν είναι έκπληξη το γεγονός ότι δεν ικανοποιήθηκαν. Υποστηρίζει επίσης ότι σε γενικές γραμμές, στην Ευρώπη τα ποτάμια και ρέματα λειτουργία αρκετά καλά αν και συμφωνεί ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και φωσφορικών ιόντων είναι ένα παραμένον πρόβλημα, που εκτός των άλλων προκαλούν περιδικές (πληθυσμιακές) εκρήξεις από τοξικά φύκια.

Με τυπικούς όρους, η ρύπανση των νερών αναφέρεται στην παρουσία στοιχείων ξένων προς τη φύση του υδατικού οικοσυστήματος και σε ποσότητες ικανές να βλάψουν τους ζωντανούς οργανισμούς. Οι ρύποι μπορεί να είναι διαφόρων κατηγοριών και προελεύσεων. Μπορεί να είναι φυσικοί παράγοντες όπως οι ραδιενέργεια, μπορεί να είναι βιολογικοί όπως π.χ. παθογόνα βακτήρια, μπορεί να είναι χημικοί, όπως τα βαριά μέταλλα. Οι ρύποι μεταφέρονται συνήθως από τον αέρα ή το νερό της βροχής και από κει καταλήγουν στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά (με διύση). Ένα από τα ευρύτερα γνωστά προβλήματα ρύπανσης υπόγειων υδροφορέ-

80. Περιοδικό, *Nature*, March 2015.

81. Τα νερά με καλή οικολογική κατάσταση ορίζονται ως εκείνα των οποίων οι τιμές των χαρακτηριστικών τους παραμέτρων (χημική ρύπανση, βιολογικοί δείκτες, υδρολογικά τοπία κ.α.) αποκλίνουν πολύ λίγο από τις τιμές αναφοράς.

ων, στην Ελλάδα, είναι οι υψηλές συγκεντρώσεις αρσενικού σε πολλές περιοχές που χρησιμοποιούν τα υπόγεια νερά για ύδρευση (Καλλικράτεια, Χαλκιδικής, Πολύκαстро, Κιλκίς, περιοχή Σίνδου-Χαλάστρας-Αξιού, Θεσσαλονίκη, Ροδόπη, Κορινθία, Εύβοια και ορισμένα νησιά του Αιγαίου)⁸². Επιπλέον έχουν καταγραφεί και σημαντικές περιπτώσεις ρύπανσης εδαφών και υπόγειων υδροφορέων από βαριά μέταλλα λόγω εξορυκτικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων, από άλατα λόγω της εισόδου θαλασσινού νερού σε υπόγειους υδροφορείς, από οργανικούς ρύπους λόγω καύσης σε ανεξέλεγκτες χωματερές, από πετρελαιοειδή κυρίως σε σχέση με πρατήρια βενζίνης και εγκαταστάσεις αποθήκευσης, αλλά και ρύπανση από παθογόνους μικροοργανισμούς. Και σίγουρα υπάρχουν περιπτώσεις ρύπανσης που ακόμα δεν έχουν καταγραφεί.

Η ποιότητα του νερού μπορεί βεβαίως να μετρηθεί. Το είδος των μετρήσεων, το πλήθος των παραμέτρων και η συχνότητα της δειγματοληψίας ποικίλουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αποδέκτη, τον προορισμό του νερού (πόσιμο, νερό κλύμβησης, νερό σε φυσικά οικοσυστήματα κτλ.) και τις απαιτήσεις της νομοθεσίας. Μία από τις πιο χαρακτηριστικές παραμέτρους, κοινή σε όλα τα συστήματα μέτρησης είναι το *Βιοχημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)*⁸³. Ως γνωστόν, η νεκρή οργανική ύλη στο νερό αποσυντίθεται. Η αποσύνθεση γίνεται από βακτήρια τα οποία για να «δουλέψουν» καταναλώνουν οξυγόνο. Όσο πιο πολλή είναι η οργανική ύλη που πρόκειται να αποσυντεθεί, τόσο περισσότερο από το διαλελυμένο στο νερό οξυγόνο καταναλώνεται και επομένως αφαιρείται από αυτό που χρειάζεται για τον μεταβολισμό των υπόλοιπων οργανισμών. Ένα υδατικό σύστημα φτωχό σε οξυγόνο θεωρείται ρυπασμένο, αλλά κυρίως θεωρείται ακατάλληλο για τη διατήρηση της ιχθυοπανίδας και πολλών άλλων οργανισμών. Η νεκρή οργανική ύλη – η οποία προκαλεί την αύξηση του BOD – προέρχεται είτε από φυσικές πηγές (όπως είναι η φυτομάζα των δασών) είτε από την ανθρωπογενή δραστηριότητα όπως είναι οι γεωργικές απορροές και τα αστικά λύματα – κυρίως στις πόλεις όπου τα ακάθαρτα καταλήγουν ανεπεξέργαστα στους αγωγούς των ομβρίων, είτε ως αποτέλεσμα υπερχυλίσσεων, είτε λόγω ατελούς λειτουργίας των συστημάτων καθαρισμού.

Ανάλογος του BOD είναι και ο ρόλος των *θρεπτικών συστατικών* και ιδιαίτερα του αζώτου και του φωσφόρου που και τα δύο προέρχονται από χερσαίες πηγές. Στις αστικές περιοχές τη μεγαλύτερη ευθύνη έχουν τα απορρυπαντικά, ενώ στις γεωργικές περιοχές τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα. Η κατάληξη μεγάλων ποσοτήτων θρεπτικών συστατικών σε ένα υδατικό οικοσύστημα έχει ως αποτέλεσμα την υπερβολική του «λίπανση» και την υπερ-ανάπτυξη κυανοπράσινων βακτηριδίων και φυκών, ικανών να φωτοσυνθέτουν με μεγάλη απόδοση. Στην πραγματικότητα πρόκειται για μια πληθυσμιακή έκρηξη των οργανισμών αυτών που στέκουν στην επιφάνεια του νερού δημιουργώντας ένα αδιαπέραστο για το φως στρώμα. Τα βακτήρια όμως που βρίσκονται στην υπόλοιπη μάζα του νερού, όπως και οι λοιποί φυτικοί οργανισμοί ασφυκτούν και, καθώς δεν έχουν ηλιακό φως, γρήγορα πεθαίνουν. Η αύξηση της νεκρής οργανικής ύλης στο νερό προκαλεί την ανάπτυξη άλλων βακτηριδίων που καταναλώ-

82. Δημήτρης Δερματάς, *Η ρύπανση των υπόγειων νερών*, Θερινό Οικολογικό Πανεπιστήμιο, 2009.

83. Για μια δεδομένη ποσότητα νερού, εκφράζει το ποσόν του οξυγόνου που απαιτείται για την αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Υψηλό BOD σημαίνει αυξημένη οργανική «ρύπανση».

νουν έτσι και το διαλελυμένο οξυγόνο στο νερό. Το φαινόμενο που περιγράψαμε είναι γνωστό ως *ευτροφισμός*. Συμβαίνει πολύ συχνότερα σε λίμνες και κλειστούς κόλπους και συνήθως συνοδεύεται από θολά νερά, δυσσομία και νεκρά ψάρια στην ακτή. Αυτή είναι όμως η ακραία του εκδοχή. Ο ευτροφισμός μπορεί να είναι και μια συνήθης κατάσταση, όπου απλώς τα νερά είναι πολύ πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και επομένως πλούσια σε υδρόβια ζωή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μόνιμα ευτροφικού συστήματος είναι οι εκβολές ενός ποταμού. Αντίθετα, τα oligotroφικά συστήματα χαρακτηρίζονται από χαμηλά ποσοστά πρωτογενούς παραγωγής, τα νερά τους είναι πιο διαυγή και είναι πιο ελκυστικά για δραστηριότητες αναψυχής.

Η νιτρορύπανση στα νερά της Ευρώπης

Η μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό και η διατάραξη της ισορροπίας των υδατικών οικοσυστημάτων λόγω ευτροφισμού, αποτέλεσαν την αφορμή για την ανάληψη μιας σημαντικής πρωτοβουλίας σε επίπεδο ΕΕ για την προστασία των νερών από την (γεωργικής κυρίως προέλευσης) νιτρορύπανση. Η όλη συζήτηση και η διαπραγμάτευση μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών κατέληξε στην ψήφιση της Οδηγίας 91/676 που συνδέει το αποτέλεσμα (παρουσία νιτρικών ιόντων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά) με το αίτιο (μια υπερβολική σε χημικές εισροές γεωργία). Πράγματι, η εντατικοποίηση των αγροτικών εκμεταλλεύσεων και η υψηλή παραγωγικότητα που χαρακτηρίζουν το πρωτογενή τομέα της οικονομίας στην Ευρώπη στο διάστημα 1950-2000, συνοδεύτηκαν από μια αλματώδη άνοδο της χρήσης λιπασμάτων. Στις ποσότητες των βιομηχανικής προέλευσης αζωτούχων λιπασμάτων – που κατά το διάστημα της δεκαετίας 1990-2000 έφταναν τα 10 εκ. τόνους ετησίως – θα πρέπει να προσθέσουμε και την αύξηση της αζωτοπαραγωγής μέσω της κοπριάς των ζώων που επίσης αυξήθηκε κατακόρυφα. Έτσι, γύρω στο 2000 η συνολική «πίεση» του αζώτου από τη γεωργία στις 15 χώρες – μέλη της ΕΕ έφτανε τα 18 εκ. τόνους.

Στο ίδιο διάστημα, η συρρίκνωση των μόνιμων χορτολιβάδων και η κατάργηση των διαχωριστικών ζωνών ανάμεσα στις καλλιέργειες (αυλάκια, φυτοφράχτες, δασικές εκτάσεις) ευνόησαν τη διάβρωση, την ταχύτερη απορροή των νερών (της βροχής και του ποτίσματος) και εν τέλει την διήθηση των χημικών ουσιών στα φυσικά οικοσυστήματα και τα υπόγεια νερά. Το ίδιο αποτέλεσμα είχε και η δραστική μείωση των υγροτόπων: οι υγρότοποι είναι ικανοί να συγκρατήσουν μέχρι και 20 κιλά αζώτου/στρέμμα/ημέρα μέσω της αφομοίωσής του από τα φυτά λειτουργώντας ως φυσικά φίλτρα και μηχανισμοί απονίτρωσης.

Η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων

Οι υδρογεωλόγοι συχνά χρησιμοποιούν τον όρο ταμειευτήρας για τις υπόγειες δεξαμενές του νερού. Η αναλογία με το σύστημα της τραπεζικής αποταμίευσης είναι προφανής. Οι δεξαμενές αυτές, συχνά σε βάθος εκατοντάδων μέτρων από την επιφάνεια της Γης, κρατούν αποθηκευμένο το 97% του συνόλου των γλυκών νερών του πλανήτη και τροφοδοτούνται από τα νερά της βροχής που σιγά-σιγά διηθούνται στο υπέδαφος. Ο τεράστιος χρόνος ανανέωσης (1.400 περίπου χρόνια) δικαιολογεί και την τε-

Τα πλεονάσματα του αζώτου

Το άζωτο που χρησιμοποιείται από τη γεωργία με τη μορφή αμωνιακών αλάτων, εν μέρει αφομοιώνεται από τα φυτά, εν μέρει καταλήγει στο ευρύτερο περιβάλλον συμβάλλοντας στη ρύπανση. Ένα μεγάλο μέρος του αζωτικού πλεονάσματος (απώλειες του αζώτου προς το περιβάλλον) καταλήγει στα νερά και στο έδαφος όπου συμβάλλει στη νιτρορύπανση, τον ευτροφισμό (μαζί με τον φώσφορο) και στην ενίσχυση των φαινομένων της όξινης βροχής. Ένα άλλο ποσοστό μετασχηματίζεται από βακτηρίδια του εδάφους και των ιζημάτων ή από φυσικοχημική αναγωγή σε αδρανές άζωτο ή σε υποξείδιο του αζώτου που καταλήγοντας στην ατμόσφαιρα συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Όπως φαίνεται από την έκθεση της Επιτροπής το 2000 (Εφαρμογή της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την Προστασία των Υδάτων από τη Νιτρορρύπανση Γεωργικής Προελεύσεως) η δεκαετία που μεσολάβησε από την ψήφιση της Οδηγίας μέχρι την πρώτη αποτίμηση της εφαρμογής της στα κράτη-μέλη, δεν ήταν ιδιαίτερα αποδοτική. Σ' αυτό συνέβαλε και η καθυστέρηση της ενσωμάτωσης της Οδηγίας στις εθνικές νομοθεσίες, αλλά και η εγγενής αδράνεια του γεωργικού τομέα σε τεχνολογικές αλλαγές. Το ουσιαστικό όμως συμπέρασμα είναι πως διαμέσου των 200 περίπου προγραμμάτων που «έτρεξαν» στις διάφορες χώρες και περιφέρειες, άρχισε μια αλλαγή της νοοτροπίας και τελικά ο φόβος της μείωσης της παραγωγής με την υιοθέτηση των λεγόμενων ορθών γεωργικών πρακτικών απεδείχθη εντελώς αβάσιμος. Το παράδειγμα της Θεσσαλίας λέει πολλά: το Πρότυπο Εθνικό Σχέδιο Δράσης της περιόδου 1996-2000 στο οποίο συμμετείχαν περισσότεροι από 3.200 αγρότες έδειξε πως η μείωση της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων έως και 30% (περίπτωση του βάμβακος) δεν επηρέασε στο παραμικρό την απόδοση των καλλιεργειών. Πράγμα που με τη σειρά του απέδειξε πως υπήρχε σημαντική σπατάλη πόρων, η οποία σε ένα μεγάλο βαθμό ενισχύθηκε από το σύστημα των επιδοτήσεων.

Στη συνέχεια, είτε εξαιτίας των περιβαλλοντικών μέτρων στη γεωργία, είτε εξαιτίας της οικονομικής κρίσης σε πολλές από τις χώρες της ΕΕ, τα πλεονάσματα του αζώτου μειώθηκαν σημαντικά, χωρίς όμως να παρατηρηθούν οι αντίστοιχες μειώσεις των συγκεντρώσεων νιτρικών ενώσεων στα υπόγεια νερά. Αυτό προφανώς οφείλεται στη μεγάλη διάρκεια του «εδαφικού» υδρολογικού κύκλου, ή άλλως στη μεγάλη αδράνεια του συστήματος έδαφος-νερά⁸⁴.

ράστια αξία αυτού του κεφαλαίου. Αν δεν θέλει κανείς να το καταναλώσει στο διάστημα των λίγων γενεών, θα πρέπει να του εξασφαλίζει την ανανεωσιμότητα. Αυτό σημαίνει πως θα έπρεπε να καταναλώνουμε ένα μικρό μόνο ποσοστό από τον συνολικό πόρο, αντίστοιχο με την πρόσοδο που προσφέρει ένα τραπεζικό επιτόκιο, αλλά και να φροντίζουμε για τη διατήρηση της ποιότητας του κεφαλαίου (κάτι ανάλογο με

84. Nitrogen as a threat to European water quality, Bruna Grizzetti, Conference: The European Nitrogen Assessment, 2011.

την επιλογή του νομίσματος). Στις μέρες μας συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Από τη μια μεριά υπάρχει η υπερεκμετάλλευση. Η στάθμη των υπόγειων νερών στην Κίνα, στην Υεμένη και την Ινδία μειώνεται κατά ένα μέτρο το χρόνο. Στη Σαουδική Αραβία η εκμετάλλευση αυξήθηκε κατά 300% μέσα στη δεκαετία 1980-90. Στο Μεξικό η Διεθνής Τράπεζα έχει χαρακτηρίσει 80 υπόγειους υδροφορείς σε κατάσταση μέγιστου κινδύνου. Από την άλλη μεριά είναι η ρύπανση, κυρίως γεωργικής προέλευσης. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος είναι ασφαλώς τα νιτρικά που περιέχονται στα λιπάσματα και φτάνουν στο υπέδαφος υπό μορφή διαλύματος, καθώς διηθούνται τα νερά της βροχής και της άρδευσης. Όμως ακόμη κι αν έπαυε ολοκληρωτικά η χρήση χημικών λιπασμάτων σήμερα, η μείωση της περιεκτικότητας των (υπόγειων κυρίως) νερών σε νιτρικά δεν θα γινόταν αισθητή πριν από δέκα χρόνια. Κι αυτό γιατί η συσσωρευμένη εδώ και 50 χρόνια ρύπανση θα συνέχιζε τη δράση της πριν η φυσική ανανέωση αναλάβει το δικό της ρόλο, αυτόν της φυσικής εξυγίανσης.

Όπως έχει αποδειχθεί από διάφορες έρευνες, η ύπαρξη νιτρικών αλάτων στο πόσιμο νερό – που στις περισσότερες περιπτώσεις αντλείται από φυσικές υπόγειες ή επιφανειακές πηγές – μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Το κομμάτι του πληθυσμού που κινδυνεύει περισσότερο είναι τα παιδιά. Ιδιαίτερα τα πολύ μικρά ηλικίας μερικών μηνών. Ο μηχανισμός είναι λίγο-πολύ γνωστός: τα νιτρικά άλατα μετατρέπονται με τη βοήθεια βακτηριδίων που υπάρχουν στο πεπτικό σύστημα σε νιτρίδια. Τα νιτρίδια μετατρέπουν την αιμογλοβίνη σε μεθαιμογλοβίνη εμποδίζοντας έτσι την κανονική μεταφορά του οξυγόνου και προκαλώντας φαινόμενα ασφυξίας (σύνδρομο κυάνωσης των βρεφών). Στις περισσότερες χώρες το όριο επικινδυνότητας για την έκθεση του παιδικού πληθυσμού στα νιτρικά άλατα που περιέχονται στο πόσιμο νερό είναι 10mg/l. Μετά την ηλικία των 6 μηνών, τα οξέα που εμφανίζονται στο στομάχι των παιδιών καταστρέφουν τα εν λόγω βακτήρια, οπότε ο κίνδυνος απομακρύνεται. Επιπτώσεις όμως υπάρχουν και στον πληθυσμό των ενηλίκων. Οι νιτρικές ενώσεις μπορούν με τη βοήθεια αμινών να μετατραπούν σε νιτροζαμίνες για τις οποίες υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι είναι καρκινογόνες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Η ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΕΚΡΗΞΗ

Πεθαίνοντας στο Μπαγκλαντές

Το πιο πυκνοκατοικημένο μέρος του κόσμου είναι σίγουρα το Μπαγκλαντές. Βρίσκεται στις εκβολές των ποταμών Γάγγη και Βραχμαπούτρα, στο μεγαλύτερο δέλτα του κόσμου. Τα νερά των δύο ποταμών και οι απορροές των Ιμαλαϊών δημιουργούν έναν εξαιρετικά εκτεταμένο υδάτινο κόσμο με υγροτόπους, υγρά λιβάδια, νησίδες και πλημμυρισμένα έλη. Εκεί βρίσκονται και πολλά από τα απειλούμενα σήμερα μαγκρόβια δάση του πλανήτη. Η μοναδική αυτή γεωγραφία είναι η ευλογία και η κατάρα μαζί του Μπαγκλαντές. Ευλογία γιατί οι φερτές ύλες των ποταμών δημιουργούν ένα εξαιρετικά εύφορο υπόστρωμα για τη γεωργία και κατ' επέκτασιν για την εκτροφή των ζώων, κατάρα γιατί η περιοχή είναι έρμαιο μετεωρολογικών φαινομένων που κυριολεκτικά μπορούν μέσα σε μια μέρα να αφανίσουν μεγάλο μέρος των καλλιεργειών και του πληθυσμού. Το 1991 περισσότεροι από 150.000 άνθρωποι πέθαναν στο Μπαγκλαντές λόγω των ισχυρών θυελλωδών ανέμων που παρέσυραν τα νερά του ωκεανού στο εσωτερικό και πλημμύρισαν τις χαμηλού υψομέτρου περιοχές που αποτελούν και την πλειοψηφία των παραγωγικών εδαφών αυτής της χώρας.

Φυσικά, αυτό το επεισόδιο δεν ήταν ούτε το πρώτο ούτε το τελευταίο. Τον Αύγουστο του 2014 οι συνεχείς βροχοπτώσεις και η εισβολή υδάτινων μαζών ενάντια στο ρεύμα των ποταμών στο βορειοανατολικό Μπαγκλαντές, έφεραν πλημμύρες που έπληξαν 800.000 ανθρώπους, εκ των οποίων οι 500.000 αναγκάστηκαν να μεταναστεύσουν. Πολλοί από πληγέντες μόλις είχαν μετακινηθεί στα μέρη αυτά, εξαιτίας της πληθυσμιακής αύξησης που τους οδηγεί σε μια διαρκή αναζήτηση νέων εκτάσεων. Εκτάσεις που εξαφανίζονται και αναδύονται από το πουθενά μέσα σε λίγες μόνο μέρες καθώς οι προσχώσεις και οι απότομες αλλαγές της στάθμης των νερών ανασχεδιάζουν συνεχώς τον χάρτη.

Το Μπαγκλαντές έχει 130 εκ. κατοίκους και ετήσια αύξηση του πληθυσμού 1.8%. Αυτό σημαίνει πως κάθε χρόνο 2,2 εκ. άνθρωποι προστίθενται σε κείνους που ήδη έχουν πρόβλημα να βρουν κατοικία, τροφή, εργασία και ασφαλές περιβάλλον. Το Μπαγκλαντές είναι μεταξύ των πιο φτωχών χωρών του πλανήτη και ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού του βρίσκεται κάτω από τη στάθμη επιβίωσης. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας, το 53% των κατοίκων είναι κάτω από το όριο της φτώχειας και 36% βρίσκονται στα πρόθυρα της εξαθλίωσης. Εννιά στα δέκα παιδιά υποσιτίζονται, το 50% παρουσιάζει προβλήματα στην ανάπτυξη, ενώ 600 απ' αυτά τα παιδιά πεθαίνουν καθημερινά εξαιτίας της έλλειψης τροφής. Λιγότερο από το μισό του πληθυσμού που ζει στις πόλεις έχει πρόσβαση σε καθαρό νερό και μόλις το 1/5 διαθέτει εγκαταστάσεις υγιεινής. Με τον σημερινό ρυθμό αύξησης του πληθυσμού και καθώς οι πόροι είναι περιορισμένοι, είναι δύσκολο να κρατηθεί για τα επόμενα χρόνια έστω και το παρόν επίπεδο ζωής. Πρόκειται για μια χώρα όπου είναι μάλλον άκομψο να μιλήσει κανείς για επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, για την προστασία της βιοποικιλότητας, ή για μια ορθολογική γεωργία και αλιεία, τη στιγμή το πρωταρχικό ζήτημα είναι η ίδια η επιβίωση.

Μια βόμβα στα θεμέλια του κόσμου

Ο υπερπληθυσμός είναι πρόβλημα γιατί οι χώρες που παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα μεγέθη καθώς και τους μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης, είναι κατά κανόνα οι φτωχότερες του πλανήτη. Περιορισμένοι φυσικοί πόροι, κακοί όροι κατοίκησης, λιγοστό νερό, στοιχειώδεις ή ανύπαρκτες υποδομές υγείας, καταστροφή των παραδοσιακών κοινωνικών δομών, ακατάλληλα συστήματα γεωργίας (και επομένως πρόβλημα διατροφικής επάρκειας), κακοδιοίκηση και εμφύλιες συρράξεις, είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά της υπανάπτυξης. Πολλά απ' αυτά συνδέονται με την εκθετική αύξηση του πληθυσμού, άλλα οφείλονται στην αποτυχία του μετα-αποικιακού μοντέλου διακυβέρνησης.

Ο υπερπληθυσμός όμως δεν παράγει μόνο δυστυχία. Ασκεί μια τεράστια πίεση στα οικοσυστήματα, καθώς στις χώρες με την μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα, η αναζήτηση νέων παραγωγικών δυνατοτήτων γίνεται εις βάρος του φυσικού περιβάλλοντος. Σε πολλές από τις χώρες του Τρίτου Κόσμου οι εισαγόμενες τεχνικές εντατικής-βιομηχανικής καλλιέργειας εξεδίωξαν τους αγρότες και τους ώθησαν σε νέες οριακές από άποψη αποδόσεων περιοχές. Στη ζώνη των τροπικών αυτό έγινε συχνά εναντίον του τροπικού δάσους. Σε άλλες περιπτώσεις οδήγησε σε μαζική αγροτική έξοδο⁸⁵ και υπερσυγκέντρωση των «περιβαλλοντικών» αυτών προσφύγων στις μεγαλουπόλεις. Εκεί, κάτω από απάνθρωπες συνθήκες συνθήκες διαμονής και διαβίωσης, επαναλαμβάνεται ο φαύλος κύκλος: η φτώχεια γίνεται συνώνυμη της περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Το 1968, ο σπουδαίος βιολόγος και συγγραφέας Paul Ehrlich έδωσε ένα δυνατό σήμα κινδύνου στον κόσμο με το βιβλίο του «Η πληθυσμιακή Βόμβα». Η θεωρία του για την επίπτωση του παγκόσμιου πληθυσμού στο περιβάλλον συμπυκνώθηκε σε μια απλή εξίσωση: $T = P \times i$ όπου P είναι ο πληθυσμός (αριθμός ανθρώπων) και i η μέση επίπτωση κατ' άτομο. Βέβαια, στον πραγματικό κόσμο η κατάσταση είναι πολύ περισσότερο περίπλοκη. Από την μια μεριά η επίπτωση ενός ατόμου που ζει στις ΗΠΑ είναι κατά μέσον όρο πολύ μεγαλύτερη από την κατ' άτομο επίπτωση στις χώρες με χαμηλό τεχνολογικό προφίλ. Από την άλλη μεριά, ακόμη και σε πολύ φτωχές χώρες όπως είναι οι Αφρικανικές και οι Ασιατικές, ο απόλυτα μεγάλος αριθμός ατόμων οδηγεί σε μεγάλης κλίμακας περιβαλλοντικές ανακατατάξεις. Το 1970 το ζεύγος Meadows δημοσίευσε ένα βιβλίο, που έμελλε να γίνει best seller, με τον τίτλο «Πέρα από τα όρια» (Beyond the limits). Ένα από τα σενάρια που περιέγραψαν είναι αυτό της «καταστροφής»: καθώς οι φυσικοί πόροι θα περιορίζονται και καθώς η τροφή και η βιομηχανική παραγωγή θα μειώνονται, ο παγκόσμιος πληθυσμός θα οδηγηθεί σε κατάρρευση.

Οι επιπτώσεις εξαρτώνται και από τους *υποδοχείς*. Η ευαισθησία που παρουσιάζουν οι διαφορετικοί τύποι περιβάλλοντος ποικίλει και δεν είναι πάντοτε προβλέψιμη. Υπάρχουν όρια τα οποία αν ξεπεραστούν οδηγούν σε γρήγορη εκπτώχευση και υποβάθμιση. Φυσικοί πόροι όπως τα αλιεύματα, τα δάση και τα υπόγεια νερά έχουν μια μέγιστη *αιφορική απόδοση* πέρα απ' την οποία δεν μπορούν να ανανεώσουν τα

85. Αγροτική έξοδος: όρος που περιγράφει τα πρότυπα της μετανάστευσης αγροτικών πληθυσμών σε αστικές περιοχές.

αποθέματά τους. Οι τόποι απόθεσης των αποβλήτων (έδαφος, λίμνες, ποτάμια, θάλασσα και ατμόσφαιρα) μπορούν να αντέξουν μέχρι ένα ορισμένο φορτίο ρύπανσης, πέρα από το οποίο σημαντικές πλευρές της παραγωγικότητάς τους και της λειτουργίας τους υφίστανται ανεπανόρθωτες βλάβες.

Μερικές φορές το περιβάλλον μπορεί να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στην αύξηση της πίεσης από τον άνθρωπο. Άλλες πάλι φορές μπορεί να υποστεί ξαφνικές (και συχνά ανεπιθύμητες) μεταβολές αν οι τιμές των παραγόντων που το επηρεάζουν ξεπεράσουν κάποια κρίσιμα μεγέθη. Αν η διάβρωση, για παράδειγμα, προχωρήσει τόσο ώστε το έδαφος να απογυμνωθεί μέχρι το βραχώδες υπόστρωμα, τότε η παραγωγικότητά του πέφτει κατακόρυφα. Αν το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλέσει τήξη των πολικών παγετώνων, τότε τα μεγάλα ωκεάνια ρεύματα μπορούν ν' αλλάξουν κατεύθυνση προκαλώντας μείζονες και ξαφνικές κλιματικές μεταβολές.

Για τη συνάρτηση πληθυσμός – περιβάλλον υπάρχουν δύο κυρίαρχα σενάρια. Το πρώτο, αυτό της *Μαλθουσιανής* σχολής που στην ουσία υιοθετούν και εξειδικεύουν οι Erlich και Meadows, εισάγει την έννοια της κρίσης στην οποία μπορεί να φτάσει ένα σύστημα (και ο πλανήτης στο σύνολό του) κάτω από το βάρος της αυξανόμενης ζήτησης σε πόρους και της προϊούσας ρύπανσης. Η εξέλιξη αυτή είναι ντετερμινιστική και προβλέψιμη. Αν δεν ληφθούν έγκαιρα μέτρα η οικονομία και η κοινωνία θα καταρρεύσουν, οι θάνατοι θα αυξηθούν και ο πληθυσμός θα πάρει τον κατήφορο.

Τόμας Μάλθους, Άγγλος οικονομολόγος

Γι αυτόν ο Δαρβίνος έγραψε το 1876: «Τον Οκτώβριο του 1838, και πριν ξεκινήσω την έρευνά μου, έτυχε να διαβάσω και για προσωπική μου ευχαρίστηση, το βιβλίο του Μάλθους για τον πληθυσμό. Ήμουν ήδη καλά προετοιμασμένος να αναγνωρίσω την προσπάθεια για επιβίωση που παρατηρούμε παντού, αλλά ιδιαίτερα στις συνήθειες των ζώων και των φυτών. Εκείνο που με εντυπωσίασε ήταν ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες οι ευνοϊκές γι αυτά διαφοροποιήσεις τείνουν να διατηρηθούν, ενώ οι δυσμενείς καταστρέφονται. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία νέων ειδών. Εδώ, είχα ήδη μια θεωρία για να ξεκινήσω τη δουλειά μου».

Το 1898 ο Μάλθους ξάφνιασε τον κόσμο θέτοντας πολύ νωρίς το παγκόσμιο πληθυσμιακό πρόβλημα. Στο βιβλίο του “an essay on the principle of population” αναπτύσσει την επιχειρηματολογία του βασιζόμενος σε τρεις παραδοχές: α) Η τροφή είναι απαραίτητη για την επιβίωση των ανθρώπων β) η σεξουαλική επιθυμία ανάμεσα στα φύλα θα συνεχίσει να υπάρχει και νέα παιδιά θα γεννιούνται συνεχώς και γ) η δύναμη της πληθυσμιακής αύξησης θα υπερισχύσει τελικά της ικανότητας της Γης να παράγει τους απαραίτητους για την διαβίωση των ανθρώπων πόρους.

Η τελευταία πρόταση, που αποτελεί και την ουσία της προφητικής του συνεισφοράς στην πρώιμη οικολογία, μπορεί με άλλα λόγια να ειπωθεί ως εξής: είναι αδύνατον να διατηρηθεί ένας πολλαπλασιαζόμενος ανθρώπινος πληθυσμός στη βάση πεπερασμένων και μη ανανεούμενων φυσικών πόρων. Την θεωρία του ο Μάλθους την ανέπτυξε παρατηρώντας ότι ο πληθυσμός των τότε φτωχών τάξεων αυξανόταν πολύ ταχύτερα απ’ ότι η παραγωγή τροφίμων. Ενώ η αύξηση του πληθυσμού ήταν εκθετική, η αύξηση της παραγωγής τροφίμων ήταν γραμμική. Ο λόγος ήταν ότι η αύξηση της παραγωγής ειδών διατροφής δεν ήταν δυνατή παρά μόνο με την καλλιέργ-

γεια νέων εδαφών με σταθερή μέση απόδοση. Ο Μάλθους, που ήταν και ιερωμένος συνέστησε ως λύση στα φτωχά στρώματα του πληθυσμού την εγκράτεια και την σεξουαλική αποχή. Οι παρατηρήσεις του Μάλθους ήταν για την εποχή του σωστές. Δεν είχε ωστόσο την δυνατότητα να προβλέψει δύο σημαντικές εξελίξεις: Την εκμηχάνιση της γεωργίας, που αύξησε εξαιρετικά την παραγωγή τροφίμων, και την σταθεροποίηση του πληθυσμού (τουλάχιστον στις ανεπτυγμένες χώρες), όχι βέβαια χάρη στην εγκράτεια και την σεξουαλική αποχή, αλλά χάρη στην αλλαγή των αντιλήψεων και την χρήση αντισυλληπτικών. Οι κριτικές στον Μάλθους εστιάζονται στο γεγονός ότι οι προβλέψεις του (για την καταστροφή του παγκόσμιου πληθυσμού) δεν επαληθεύθηκαν ακόμη. Οι επικριτές ισχυρίζονται ότι τα πράγματα δεν είναι τόσο σκούρα καθώς η τεχνολογία προσφέρει συνεχώς διεξόδους, επιτρέποντάς μας να ζούμε σε όλο και μεγαλύτερες πυκνότητες. Ποιος έχει δίκιο; Ο Μάλθους σίγουρα έχει μια βάσιμη θεωρία, όμως κάνει λάθος στο χρόνο (ο ίδιος μάλιστα έχει πάνω στο θέμα έναν ενδιαφέροντα διάλογο με τον σύγχρονό του πολιτικό J.M. Antoine Condorcet). Ίσως να μην μπόρεσε να εκτιμήσει σωστά τις δυνατότητες των τεχνολογικών αλλαγών να καθυστερήσουν το αναπόφευκτο. Όμως, ακόμη κι αν κάποιος πιστεύουν ότι η Γη μπορεί να συντηρήσει πολύ περισσότερους ανθρώπους απ' ό,τι σήμερα, δεν μπορούν να μην αναγνωρίσουν το λογικό και αυτονόητο επιχείρημα ότι κάπου πρέπει να υπάρχει ένα όριο. Εκείνο που άλλωστε επιτρέπει την συνύπαρξη αισιόδοξων και απαισιόδοξων σεναρίων, είναι η ανισοκατανομή του πλούτου και της δυστυχίας αντίστοιχα. Αν θέλαμε όλοι οι άνθρωποι στη Γη να έχουν το ίδιο επίπεδο διαβίωσης, όπως ο μέσος Άγγλος για παράδειγμα, τότε θα χρειαζόμασταν έναν πλανήτη με τριπλάσιο μέγεθος απ' τον σημερινό. Κάθε κοινωνική ομάδα, κάθε πόλη, κάθε οικονομικός οργανισμός, κάθε πληθυσμιακή ενότητα έχει το δικό της *οικολογικό αποτύπωμα*, απαιτεί δηλαδή ένα συγκεκριμένο ζωτικό χώρο που συναρτάται βέβαια με το επίπεδο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται ή από το καταναλωτικό της προφίλ.

Από μια άλλη σκοπιά, η ιστορία έχει ήδη αρκετά παραδείγματα Μαλθουσιανών κρίσεων, καθώς μεγάλοι πολιτισμοί απέτυχαν στην προσπάθειά τους να προσαρμοστούν στις αλλαγές που η ίδια τους η ανάπτυξη προκάλεσε στο περιβάλλον: η αλάτωση των εδαφών στη νότια Μεσοποταμία σήμανε και το τέλος της πρώτης γεωργικής επανάστασης. Η αποδάσωση ήταν πιθανότατα η αιτία που ο πολιτισμός των Μάγια έφτασε, μετά την ακμή του, στην κατάρρευση. Στη Βόρεια Ευρώπη του Μεσαίωνα, η επέκταση της γεωργίας σε οριακά εδάφη επιτάχυνε τη διάβρωση και οδήγησε σε δραματική πτώση των αποδόσεων. Φτωχές εσοδείες είχαν ως αποτέλεσμα τον υποσιτισμό, την μείωση της αντίστασης σε παθογόνους οργανισμούς και την πρωτοφανή πανδημία της πανώλης που έστειλε στο θάνατο πάνω από το 1/3 του πληθυσμού. Οι κοινωνίες μπορούν να καταρρεύσουν για τον ένα ή τον άλλο λόγο, αλλά πάντα υπάρχει ο κοινός παρονομαστής: η δυσκολία να σχεδιάσουν αποτελεσματικές στρατηγικές ή να επιστρατεύσουν τεχνολογικές καινοτομίες που θα μπορούσαν να σώσουν το κλυδωνιζόμενο σκάφος τους. Όταν το κλίμα κατά τη διάρκεια του 15ου αιώνα έγινε ψυχρότερο, οι Βίκινγκς θα μπορούσαν να επιβιώσουν αν εγκατέλειπαν την κτηνοτροφική δομή της οικονομίας τους και υιοθετούσαν τον τρόπο ζωής των Ινουίτ. Το άλμα ήταν τεράστιο και δεν επιχειρήθηκε.

Στον αντίποδα αυτών των απόψεων βρίσκεται η θεωρία της «οικονομικής προσαρμογής» όρο που εισήγαγε ο οικονομολόγος Julian Simon. Στο σενάριο αυτό, η ανθρωπότητα προσαρμόζεται στα προβλήματα που η ίδια δημιουργεί, και κατά κανόνα

αυτό γίνεται με ομαλό τρόπο χωρίς σοβαρές ταλαντώσεις. Κατά τη διάρκεια αυτής της εξέλιξης, οι άνθρωποι αυξάνουν την παραγωγικότητά τους και την αποτελεσματικότητα των τεχνολογικών τους εργαλείων, βελτιώνοντας έτσι τη γενική ευημερία. Ο Simon βλέπει τον πληθυσμό όχι ως βάρος αλλά ως κεφάλαιο που παράγει μια συλλογική διάνοια η οποία είναι σε θέση να δώσει λύσεις και μάλιστα βιώσιμες.

Μια πιο εξεζητημένη εκδοχή αυτής της προσέγγισης από την Δανέζα οικονομολόγο Ester Boserup (στο βιβλίο της «οι Προϋποθέσεις της Αγροτικής Μεγέθυνσης, 1965») υποστηρίζει ότι η αύξηση του πληθυσμού μπορεί να γίνει η βασική κινητήρια δύναμη των κοινωνιών μας για την αναζήτηση νέων τεχνολογικών λύσεων στο τομέα της γεωργίας. Αντίθετα με τον Simon, η Boserup δεν πιστεύει πως η διαδικασία αυτή εξελίσσεται ομαλά. Αναγνωρίζει ότι η πληθυσμιακή πίεση μπορεί να προκαλέσει κρίσεις, οι οποίες όμως βρίσκουν πάντοτε διεξόδους και καταλήγουν σε προσαρμογές. Οι προσαρμογές αυτές δεν είναι κατ' ανάγκην καλύτερες σε σύγκριση με την προηγούμενη κατάσταση. Μπορεί να είναι και χειρότερες. Για παράδειγμα, όταν ο πληθυσμός των κυνηγών-συλλεκτών εξάντλησε τα αποθέματα τροφής και τα θηράματα στην περιοχή της Εγγύς Ανατολής, αναγκάστηκε να ανακαλύψει τη γεωργία. Η γεωργία όμως συνοδεύτηκε από αύξηση των ωρών εργασίας και από μείωση του πλούτου και της θρεπτικής αξίας των ειδών διατροφής. Στη συνέχεια η προσφυγή στη μέθοδο slash – and – burn οδήγησε σε μείωση των περιόδων αγροανάπαυσης, σε πτώση της παραγωγής και στη διάβρωση των εδαφών. Η αροτριαία καλλιέργεια και κατόπιν η λίπανση ήρθαν σε συνδρομή, αλλ αυτό αύξησε ακόμα περισσότερο την εξάρτηση των γεωργών από την τεχνολογία και αύξησε τις ώρες απασχόλησης.

Πληθυσμός, κοινωνία και ανάπτυξη

Σήμερα, κάθε συζήτηση για το θέμα του παγκόσμιου πληθυσμού περιλαμβάνει κατά γενική ομολογία και μια σειρά από συναφή και καυτά θέματα μεταξύ των οποίων η συνύπαρξη μιας υπέρμετρης κατανάλωσης και μιας αυξανόμενης φτώχειας, καθώς και η ανικανότητα πολλών κυβερνήσεων να ικανοποιήσουν βασικές ανάγκες των ανθρώπων όπως είναι η περίθαλψη, η εκπαίδευση, το καθαρό νερό, η ενεργειακή επάρκεια, η κατοικία. Από την άλλη όμως μεριά, και αυτό είναι το ιστορικό παράδοξο, η πληθυσμιακή έκρηξη ξεκίνησε από τη στιγμή που ακόμη και οι φτωχές χώρες βελτίωσαν σημαντικά την υγεία, την πρόληψη των ασθενειών (πλύσιμο χεριών, εμβολιασμός, αντιβιοτικά) και εν τέλει μείωσαν την παιδική θνησιμότητα. Οι ίδιοι δηλαδή οι παράγοντες που οδήγησαν στον τετραπλασιασμό του πληθυσμού στα τελευταία 100 χρόνια – περίοδο γνωστή και ως βιομηχανική επανάσταση – είναι εκείνοι που υποφέρουν σήμερα από την προς τα πάνω ανεξέλεγκτη πορεία της δημογραφικής καμπύλης. Αυτό δεν είναι βέβαια τόσο παράδοξο, αν σκεφτεί κανείς πως και οι ανθρώπινες κοινωνίες ακολουθούν σε γενικές γραμμές τους ίδιους νόμους που ισχύουν στο υπόλοιπο ζωικό βασίλειο: η διακύμανση του πληθυσμού της άγριας πανίδας σε μια δεδομένη περιοχή (βίοτοπος) είναι συνάρτηση των πιέσεων που δέχεται (π.χ. κυνήγι) και της διαθέσιμης τροφής.

Εδώ και αρκετά χρόνια οι οικονομολόγοι προσπαθούν, χωρίς επιτυχία, να καταλήξουν σε μια κοινά αποδεκτή θέση για τη σχέση δημογραφίας και οικονομικής ανάπτυξης. Οι διαφωνίες οφείλονται αφ' ενός στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν κοι-

νές μεθοδολογικές προσεγγίσεις και απ' ετέρου στο ότι η πληθυσμιακή αύξηση προχωρά με διαφορετικούς τρόπους από χώρα σε χώρα και μάλιστα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, έτσι που να είναι δύσκολο να συναχθεί μια συνάφηση αιτίου-αποτελέσματος. Αυτό βέβαια δεν εμποδίζει αρκετούς κυβερνητικούς παράγοντες στις αναπτυσσόμενες χώρες να προσχωρούν στην άποψη ότι ο υπερπληθυσμός αντιστρατεύεται την οικονομική ανάπτυξη. Στις Φιλιππίνες για παράδειγμα, ο υπεύθυνος εκ μέρους της κυβέρνησης για τον οικογενειακό προγραμματισμό, εξήγγειλε ένα πρόγραμμα επιβράδυνσης της δημογραφικής αύξησης και τούτο παρά τις ισχυρές αντιρρήσεις της Καθολικής Εκκλησίας. Το επιχείρημα ήταν ότι η υψηλή γονιμότητα στις αγροτικές περιοχές εξάγει τελικά το πληθυσμιακό πλεόνασμα στο αστικό χώρο, δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα στη λειτουργία των πόλεων.

Μετά το 1970, πολλές χώρες της νοτιο-ανατολικής Ασίας άρχισαν να επενδύουν στο ζήτημα του οικογενειακού προγραμματισμού. Το σύνθημα ήταν «μικρότερες οικογένειες – περισσότερη ασφάλεια». Εννοούσαν βέβαια ασφάλεια στο επίπεδο του κοινωνικού κράτους, στην απασχόληση, στην οικονομική σταθερότητα και στην ανάπτυξη. Η στρατηγική αυτή απέδωσε. Έχοντας λιγότερα παιδιά οι γονείς μπορούσαν να διαθέσουν περισσότερα χρήματα για την εκπαίδευση και την υγεία, πράγμα που με τη σειρά του δημιουργεί καλύτερες συνθήκες για το μέλλον. Αρκετές μάλιστα μελέτες έδειξαν ότι καθώς το μέγεθος των οικογενειών μειωνόταν, αυξάνονταν οι ιδιωτικές αποταμιεύσεις που στις αναπτυσσόμενες χώρες αποτελούν την κύρια πηγή ενδογενών επενδύσεων. Για παράδειγμα, οικονομολόγοι του Χάρβαρντ απέδειξαν ότι στη Νότιο Κορέα και την Ταϊβάν, στο διάστημα 1965-90, η επιβράδυνση της πληθυσμιακής μεγέθυνσης συνετέλεσε κατά το 1/3 στην ταχεία αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος.

Το κύριο βέβαια ερώτημα είναι πως μπορεί να είναι αποτελεσματική μια πολιτική ελέγχου των γεννήσεων. Όπως εύστοχα παρατηρεί ο Μιχάλης Μοδινός (στο βιβλίο του «από την Εδέμ στο Καθατήριο») *μια σχετική έρευνα το 1977 σε πέντε χώρες της Μαύρης Αφρικής σε δείγμα 600 γυναικών, είχε καταδείξει ότι η απέχθεια προς τον έλεγχο των γεννήσεων αποτελεί καθολικό χαρακτηριστικό των κοινωνιών αυτών και ότι ο μόνος τρόπος προφύλαξης παραμένει η γνώση των γόνιμων ημερών. Εννοείται ότι στις χώρες αυτές, το ένστικτο και η γνώση του σώματος είναι πολύ βαθύτερα απ' ότι στις δικές μας, αφού η εξοικείωση με τις λειτουργίες του σώματος είναι απόλυτη, η (ελεύθερη) ερωτική πράξη απόλυτως αποδεκτή, το εξώγαμο παιδί στόχος και θεσμός, η τεκνοποίηση στις μικρές ηλικίες κανόνας, οι παρεκκλίσεις στις ερωτικές συνήθειες ανύπαρκτες και τα τεχνητά μέσα προφύλαξης περίπου απαράδεκτα.*

Νεότερες έρευνες έδειξαν ότι ένας υπολογίσιμος συντελεστής στην καθυστέρηση των συλλήψεων (και της εγκυμοσύνης) και εν τέλει στη μείωση της γονιμότητας, είναι η καθιέρωση μιας (υποχρεωτικής) εκπαίδευσης για τουλάχιστον 7 χρόνια. Στο βαθμό που τα νεαρά κορίτσια καταφέρνουν να περνούν ένα σημαντικό (και κρίσιμο) χρόνο στο σχολείο στην προεφηβική και στην εφηβική ηλικία και να διδαχθούν τα βασικά ζητήματα της υγείας, της σεξουαλικότητας και της θέσης τους σ' ένα μεταβαλλόμενο κόσμο, τότε τείνουν να μεταθέσουν την ηλικία του γάμου τους και θέλουν να αποκτήσουν μικρότερες οικογένειες. Σε χώρες με υψηλά ποσοστά γονιμότητας, όπως είναι οι Αφρικανικές, αυτές της νότιας Ασίας και ορισμένες της νότιας Αμερικής, οι γυναίκες που είχαν δευτεροβάθμια εκπαίδευση απέκτησαν 2 και 3 φορές λιγότερα παιδιά από κείνες που δεν είχαν την ευκαιρία να φοιτήσουν σε σχολείο.

Μια άλλη σοβαρή πλευρά του ζητήματος έχει να κάνει με την κατανομή των ηλικιών. Στις προβιομηχανικές κοινωνίες με την μεγάλη παιδική θνησιμότητα και το μικρό προσδόκιμο ζωής, η ηλικιακή καμπύλη έδινε ένα μεγάλο ποσοστό στις μεσαίες ηλικίες, αυτές που άλλωστε ήταν οι παραγωγικότερες. Στις σύγχρονες βιομηχανικές κοινωνίες η εικόνα είναι αρκετά διαφορετική με κύριο στοιχείο αυτό της μετατόπισης του κέντρου βάρους στις μεγαλύτερες ηλικίες (πράγμα που άλλωστε δημιούργησε τεράστια προβλήματα στους ασφαλιστικούς οργανισμούς: όλο και λιγότεροι εργαζόμενοι πληρώνουν όλο και περισσότερα για έναν αυξανόμενο αριθμό απόμαχων και συνταξιούχων). Στις χώρες του τρίτου κόσμου η πυραμίδα έχει μεγάλη βάση και μικρή κορυφή με τελείως διαφορετική γεωμετρία. Αυτό δεν φανερώνει μόνο τη διαφορετική κοινωνική συγκρότηση με βάση τη σύνθεση του πληθυσμού, αλλά και ερμηνεύει σε ένα μεγάλο βαθμό τα σημερινά αδιέξοδα. Μεγάλος αριθμός παιδιών(και μάλιστα χωρίς την απαραίτητη γονική ή κρατική φροντίδα και εκπαίδευση) σημαίνει μελλοντικές στρατιές ανέργων και υψηλά ποσοστά παραβατικότητας. Μερικοί πηγαίνουν ακόμη πιο μακριά: έρευνες που έγιναν στο York University⁸⁶ συνδέουν τους περισσότερους από τους σύγχρονους εμφύλιους πολέμους με τα μεγάλα μεγέθη του νεανικού πληθυσμού στις αντίστοιχες χώρες. Αυτό, σύμφωνα με τους ερευνητές δεν συναρτά αναγκαστικά τον πόλεμο με την επιθετικότητα των νέων ανθρώπων, αλλά κυρίως με τη δυνατότητα των τοπικών δικτατόρων, φυλάρχων, ή αρχηγών συμμοριών να αλιεύουν (φθηνούς) μισθοφόρους και πολεμιστές από μια ανεξάντλητη πρακτικά δεξαμενή.

Το βάρος της ιστορίας

Το 1952 ο Φερνάν Μπροντέλ, γνωστός στους περισσότερους από τις ιστοριογεωγραφικές του εργασίες για τη Μεσόγειο, αναλαμβάνει – κατά παραγγελία όπως λέει ο ίδιος στην εισαγωγή του βιβλίου «Υλικός Πολιτισμός, Οικονομία και Καπιταλισμός από τον 15-18ο αιώνα» – την εκπόνηση ενός πολύ φιλόδοξου έργου. Αντικείμενό του η διερεύνηση των αιτίων και των προϋποθέσεων της βιομηχανικής επανάστασης που είχε τις ρίζες της στην Αναγέννηση. Είναι σαφές ότι η περίοδος αυτή όχι μόνο προηγείται και προετοιμάζει τις μεγάλες αλλαγές που θα αντιμετωπίσει ο πλανήτης και η ανθρωπότητα κατά τη διάρκεια του 19ου και του 20ου αιώνα, αλλά, έστω και εν σπέρματι, τις εμπεριέχει. Η πληθυσμιακή έκρηξη είναι ένα από τα κυριότερα ζητήματα που απασχολούν το συγγραφέα. Το πρόβλημα δεν είναι μόνο οι απόλυτοι αριθμοί, αλλά και η ταχύτητα της αύξησης του αριθμού των ανθρώπων. Κατά τη διάρκεια των τεσσάρων αιώνων που περνούν από το βιβλίο του Μπροντέλ, ο πληθυσμός της Γης διπλασιάστηκε. Στις μέρες μας όμως ο διπλασιασμός αυτός συμβαίνει κάθε 30 ή 40 χρόνια και αν δεν υπάρξουν αυτορρυθμιστικοί μηχανισμοί, το τέλος του αιώνα θα μας βρει με μερικά ακόμη δισεκατομμύρια προστεθειμένα σε ένα κόσμο όπου η δυστυχία και η περιβαλλοντική υποβάθμιση πλήττουν κυρίως τις πολυπληθέστερες χώρες. Που οφείλεται η αύξηση του πληθυσμού αναρωτιέται ο Μπροντέλ; Προφανώς στην

86. Christian G. Masquida & Neil I. Wiener, *Male Composition and Severity of Conflicts*, York University 1998.

Πόσοι άνθρωποι έζησαν στη Γη;

Πριν από τη γραπτή ιστορία δεν υπάρχουν απογραφές. Οι πρώτες εκτιμήσεις του πληθυσμού στον δυτικό πολιτισμό ανάγονται στην εποχή των Ρωμαίων. Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης, σπουδαστές κάνουν περιστασιακές δημογραφικές εκτιμήσεις. Η πρώτη σύγχρονη απογραφή γίνεται στις Γαλλικές και Βρετανικές αποικίες του Καναδά το 1665. Οι πρώτες κανονικές απογραφές “σε μια χώρα” ξεκινούν στη Σουηδία το 1790 με συχνότητα μια ανά δεκαετία. Οι περισσότερες χώρες ακολούθησαν πολύ αργότερα. Όμως ακόμη και σήμερα, σε πολλά κράτη του Τρίτου Κόσμου, η καταμέτρηση του πληθυσμού παρουσιάζει ασυνέχειες και γίνεται χωρίς ιδιαίτερη αξιοπιστία. Ένας από τους παράγοντες της ασάφειας είναι και οι μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών. Υπολογίζεται ότι πάνω από 150 εκ. άνθρωποι παγκοσμίως έχουν μετακινηθεί οριστικά από τον τόπο που γεννήθηκαν, ενώ ο ρυθμός αύξησης των οικονομικών μεταναστών είναι 50% μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της πληθυσμιακής αύξησης. Τα τελευταία χρόνια, με τη μελέτη των πρωτόγονων φυλών που έχουν απομείνει και χρησιμοποιώντας μοντέλα πληθυσμιακής οικολογίας⁸⁷ μπορούμε να έχουμε μια χονδρική ιδέα του αριθμού των ανθρώπων που έζησαν στη Γη. Οι υπολογισμοί αυτοί καταλήγουν σε ένα μέγεθος 50 δις, πράγμα που σημαίνει ότι ο σημερινός πληθυσμός ξεπερνά το 10% του συσσωρευμένου αυτού μεγέθους από την αρχή της ιστορικής περιόδου.

υλική πρόοδο απαντάει ο ίδιος, αν και αυτό στη συνέχεια το αναιρεί αφού ακούγεται ως ταυτολογία. Άλλωστε η υλική πρόοδος δεν ήταν ποτέ ομοιόμορφα κατανομημένη, όπως κι αν τη μετρήσει κανείς. Η άνιση ανάπτυξη ήταν πάντα χαρακτηριστικό της παγκόσμιας οικονομίας και παράγων μιας «διαφορικής γεωγραφίας» είτε πρόκειται για τη συγκέντρωση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο χώρο, είτε πρόκειται για τις συνέπειες των δραστηριοτήτων αυτών πάνω στη φύση και τα οικοσυστήματα. Το σχετικά παράδοξο εδώ είναι ότι οι χώρες με υψηλότερο επίπεδο ανάπτυξης παρουσιάζουν μια δημογραφική σταθερότητα, σε αντίθεση με τις φτωχές χώρες που εξαιτίας ακριβώς της συνεχιζόμενης διαίρεσης των κόσμων, δεν είναι σε θέση να εφραμώσουν αποτελεσματικές ρυθμιστικές πολιτικές.

Άμπωτις και παλίνρροια

Τα πληθυσμιακά μεγέθη είναι σίγουρα ένας δείκτης των διακυμάνσεων του υλικού πολιτισμού. Τι προηγείται όμως; Η αύξηση του πληθυσμού και η δια της εργασίας αύξηση της παραγωγής, ή αντίστροφα το ευνοϊκό παραγωγικό και οικονομικό περιβάλλον που διαμορφώνει τις προϋποθέσεις για περισσότερες «θέσεις εργασίας» και περισσότερα στόματα; Η απάντηση είναι από δύσκολη έως παρακινδυνευμένη. Εκείνο

⁸⁷. Η πληθυσμιακή οικολογία μελετά τις ποσοτικές μεταβολές ενός ζωικού πληθυσμού στον χώρο και χρόνο.

που έχει μεγαλύτερη σημασία είναι να παρατηρήσουμε την παλινδρόμηση των πληθυσμιακών φαινομένων κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου και να συμφωνήσουμε πως οι κινήσεις δεν είναι ούτε συνεχείς ούτε μονοσήμαντες. Από τον 15ο ως τον 18ο αιώνα ο πληθυσμός της Γης τότε αυξάνεται και τότε μειώνεται σημαντικά. Όταν οι άνθρωποι γίνονται περισσότεροι αυξάνεται το μέγεθος της υλικής παραγωγής και της «αγοράς». Νέες εκτάσεις προστίθενται στις γεωργικές καλλιέργειες και νέοι πόροι επιστρατεύονται για τις ανάγκες των μηχανών και των μεταποιητικών μονάδων. Όμως ο πληθυσμός συνήθως αυξάνει πάνω από το όριο που θα φαινόταν εκ πρώτης απόψεως ρεαλιστικό, αν υποθέσουμε πως η δημογραφική εξέλιξη ήταν αντικείμενο σχεδιασμού ή μιας βούλησης που μπορούσε να την περιορίσει στα επιθυμητά μεγέθη. Εκείνο που παραβιάζεται συνήθως είναι αυτό που θα λέγαμε σήμερα «φέρουσα ικανότητα» του συστήματος και που σε κάθε εποχή έχει και διαφορετική τιμή και διαφορετική σημασία. Ένας αυξανόμενος πληθυσμός ανέκαθεν ξεπερνούσε τις ικανότητες των δεδομένων κοινωνιών να τον θρέψουν. Τότε έρχονται οι περίοδοι των κρίσεων. Μεγάλοι πληθυσμοί σε καθεστώς περιορισμένων πόρων είναι λόγος για αλλαγές συνόρων και επομένως για πολέμους. Οι σιτοδείες αυξάνονται και οι επιδημίες ακολουθούν. Ο πληθυσμός ισορροπεί τότε σε ένα κατώτατο επίπεδο για να ξεκινήσει και πάλι ο ίδιος κύκλος από την αρχή.

Η παλινδρομική αυτή κίνηση των πληθυσμιακών φαινομένων (περίοδοι ευημερίας και περίοδοι κρίσεων) κυριαρχούσε πάντα και κατηύθυνε την ιστορία. Όμως ποτέ άλλοτε η ένταση των διακυμάνσεων δεν ήταν τόσο ισχυρή, ούτε και επηρέαζε με τόσο καθοριστικό τρόπο τη συνολική ψυχολογία των υποκειμένων. «Ο άνθρωπος, λέει ο Μπροντέλ, δεν είναι ευτυχισμένος παρά για σύντομα χρονικά διαστήματα και δεν το αντιλαμβάνεται παρά μόνον όταν είναι αργά». Στις περιόδους της πληθυσμιακής κάμψης, ο «αστικός» χώρος συρρικνώνεται σε όφελος της φύσης. Μεγάλες γεωργικές εκτάσεις ξαναγίνονται δασωμένοι δρυμοί και τα άγρια ζώα κατακλύζουν την ύπαιθρο. Και πάλι όμως, όταν οι συνθήκες το επιτρέψουν, ο άνθρωπος θα σηκώσει κεφάλι, θα καθαρίσει τις πέτρες από τους αγρούς, θα επανακτήσει αυτό που του είχαν υποκλέψει τα ζώα, θα δημιουργήσει τις προϋποθέσεις της επανάληψης του έργου της δυστυχίας του. Τα παραδείγματα από την Ευρώπη πολλά. Στην περιοχή του Λάγκεντοκ της Γαλλίας, όπως αναφέρει ο γεωγράφος Emmanuel Ladurie «ο αγρότης με την παραδοσιακή πατριαρχική του οικογένεια, για έναν περίπου αιώνα (1350-1450) θα είναι ο αφέντης μιας έρημης χώρας. Τα δέντρα και τα ζώα κατέκλυσαν την ύπαιθρο που άλλοτε ευημερούσε».

Όμως κατά ένα περίεργο τρόπο, το φαινόμενο της Ευρώπης επαναλήφθηκε και σε άλλες περιοχές της Γης με τελείως διαφορετικά πολιτιστικά και γεωγραφικά δεδομένα. Η Κίνα και η Ινδία για παράδειγμα προόδευσαν ή οπισθοδρόμησαν με τον ίδιο ρυθμό όπως και η Δύση λες και η ανθρωπότητα αιχμαλωτίστηκε σ' ένα αρχέγονο κοινωνικό πεπρωμένο ή σαν να αποτελούνταν από μία και μόνη μάζα, ένα ενιαίο- και με κοινές αναγκαστικά συμπεριφορές – βιολογικό απόθεμα. Αυτό δεν ηχεί από μια πρώτη άποψη και τόσο παράδοξο αν αναλογισθεί κανείς πως οι κοινωνίες της εποχής αυτής είναι κατά βάση αγροτικές (το 80-90% του πληθυσμού ζει και εργάζεται στην ύπαιθρο) πράγμα που δεν συμβαίνει βέβαια στις μέρες μας. Σε μια παλιότερη έκδοση του Worldwatch Institute (τίτλος Beyond Malthus – The Population Challenge, 1999) τα σύγχρονα κράτη ομαδοποιούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες σε ότι αφορά την πληθυσμιακή τους εξέλιξη: στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι 32 Ευρωπαϊκές χώ-

ρες και η Ιαπωνία όπου η δημογραφική αύξηση τείνει να γίνει μηδενική ή ακόμη και να παρουσιάσει αρνητικές τιμές (Γερμανία, Ρωσία, Ιαπωνία). Στη δεύτερη κατηγορία, που περιλαμβάνει 39 χώρες, η γονιμότητα έχει περιοριστεί σε ένα επίπεδο αντικατάστασης – περίπου δύο παιδιά ανά οικογένεια – αλλά ο πληθυσμός τους θα συνεχίσει να αυξάνει για μερικές ακόμα δεκαετίες εξαιτίας του γεγονότος ότι το πληθυσμιακό τους μίγμα περιλαμβάνει ένα δυσανάλογα μεγάλο αριθμό νέων ανθρώπων, που αντίθετα με τις χώρες της προηγούμενης κατηγορίας, βρίσκεται σε ηλικία αναπαραγωγής. Στις χώρες αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνονται η Κίνα και οι ΗΠΑ που από μόνες τους αποτελούν το 26% του παγκόσμιου πληθυσμού. Στο άλλο άκρο του φάσματος βρίσκονται τέλος 66 χώρες της Ασίας και της Αφρικής όπου οι προβολές των σημερινών τάσεων τις θέλουν να διπλασιάζουν ή και να τριπλασιάζουν τον πληθυσμό τους μέχρι το 2050.

Με τη γλώσσα των αριθμών

Ενώ όμως σήμερα είμαστε σε θέση να κάνουμε προβλέψεις και να εκπονούμε σενάρια, η εικόνα του παρελθόντος είναι εξαιρετικά δύσκολο να συντεθεί και μάλιστα με ένα επιστημονικά αδιαμφισβήτητο τρόπο. Κανείς δεν γνωρίζει με ακρίβεια τον παγκόσμιο πληθυσμό ανάμεσα στον 15ο και τον 18ο αιώνα. Στατιστικολόγοι και ιστορικοί διαφωνούν και ακολουθούν διαφορετικές προσεγγίσεις. Οι λίγοι αριθμοί που υπάρχουν, από διασωζόμενα αρχεία και έμμεσες καταγραφές, αφορούν την Ευρώπη και την Κίνα. Τίποτα για την Ινδία, τίποτα για την υπόλοιπη Ασία και την Ωκεανία, τίποτα για την Αφρική. Τίποτα βέβαια ακόμα και για την Αμερική, που παρά την ανακάλυψή της από την Ευρώπη, βρίσκεται ακόμα πολύ μακριά και σε ένα σχεδόν ιστορικό σκοτάδι. Οι εκτιμήσεις διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία. Πάντως όλοι συμφωνούν πως πρόκειται για μια εξαιρετικά αραιοκατοικημένη ήπειρο με πληθυσμό που δεν ξεπερνά τις μερικές δεκάδες εκατομμύρια. Ο Angel Rosenblat⁸⁸ δεν ανεβάζει το σύνολο του πληθυσμού της Αμερικανικής ηπείρου σε πάνω από 10-15 εκατομμύρια στις αρχές μόλις του 15ου αιώνα. Έκτοτε ο πληθυσμός αυτός συρρικνώνεται για να φτάσει σε ένα ελάχιστο 8 εκατομμυρίων τον 17ο αιώνα, μέχρις ότου αρχίσει σιγά-σιγά να ανακάμπτει και να φτάσει στα σημερινά μεγέθη του 1 δις. Όλοι όμως συμφωνούν πως η βασική αιτία της αρχικής δημογραφικής συρρίκνωσης της Αμερικής δεν είναι άλλη από την Ευρωπαϊκή κατάκτηση.

Το 1519 ο Φερντινάντο Κορτέζ φτάνει στο Μεξικό και, καταστρέφοντας την αυτοκρατορία των Ατζέκων, γίνεται κυβερνήτης της Νέας Ισπανίας. Η βίαιη κατάκτηση, μαζί με την καταναγκαστική εργασία αποδεκάτισαν τους τοπικούς ινδιάνικους πληθυσμούς. Η Ισπανική κυριαρχία συνοδεύτηκε επιπλέον από ένα μαζικό προσηλυτισμό στον καθολικισμό, διαλύοντας έτσι και έναν πολιτισμό που οι ρίζες του φτάνουν μέχρι το 5000 π.Χ. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της «Σχολής του Μπέρκλεϋ» το Μεξικό είδε μέσα σε μια 100ετία (1500-1600) τον πληθυσμό του να μειώνεται στο 4% του αρχικού, ενώ αντίθετα η εγκατάλειψη της υπαίθρου πολλαπλασιάζει τον αριθμό των

88. Ιστορικός, συγγραφέας του *“Indigenous population and mestizaje in America”*, 1954.

ελεύθερων βοοειδών που από 500.000 φτάνουν τα 8.000.000 ! Όμως η δημογραφική κατάρρευση στη χώρα αυτή, όπως άλλωστε και σε άλλες αποικίες στον Ειρηνικό, ενισχύθηκε και από έναν άλλο παράγοντα: οι αρρώστιες, δηλαδή οι ιοί και τα βακτηρίδια που εισήχθησαν με την κατάκτηση από την Ευρώπη και την μετανάστευση από την Αφρική, εξαπλώθηκαν γρηγορότερα με τα ζώα, τα φυτά και τους ανθρώπους που ήρθαν και αυτοί από την άλλη όχθη του Ατλαντικού. Οι αυτόχθονες πληθυσμοί, που δεν ήταν προσαρμοσμένοι παρά στους δικούς τους παθογόνους φορείς, έμειναν άοπλοι και απροστάτευτοι σ' αυτήν την επιπρόσθετη εισβολή. Δεν πρόλαβαν οι Ευρωπαίοι να πατήσουν το πόδι τους στον Άγιο Δομήνικο και η ευλογία κάνει θραύση ήδη από το 1453. Το ίδιο και στο Μεξικό και το Περού όπου προηγείται της εγκατάστασης των Ισπανών. Στην Βραζιλία φτάνει το 1560 και λίγο αργότερα στον Καναδά. Η Ευρώπη, που ήδη έχει περάσει την μεγάλη κρίση και έχει αποκτήσει σε μεγάλο βαθμό ανοσία, μεταφέρει την ασθένεια στην Αμερικάνικη ήπειρο και ανατρέπει ισορροπίες χιλιετιών. Το ίδιο συνέβη με τη λέπρα, την ερυθρά, τη γρίπη, την δυσεντερία, την πανούκλα, τα αφροδίσια νοσήματα, τον τυφοειδή πυρετό και την ελεφαντίαση, αρρώστιες μέχρι τότε άγνωστες στους πληθυσμούς των Ινδιάνων. Με μια ορισμένη έννοια, τόσο η ιστορία του Μεσαίωνα, όσο και της εποχής που στην Ευρώπη ονομάστηκε Αναγέννηση, θα μπορούσε να ερμηνευθεί από την παρατήρηση και μόνο της οικογεωγραφίας των μολυσματικών ασθενειών, των επιδημιών και των μαζικών θανάτων.

Μήπως φταίει και το κλίμα;

Μέχρι και το τέλος του 15ου αιώνα και για πολλούς αιώνες πίσω, ο παγκόσμιος πληθυσμός παραμένει, παρά τις έντονες αυξομειώσεις, στο όριο των 500 εκατομμυρίων. Από κει και μετά, η καμπύλη αρχίζει την ανοδική της πορεία για να αλλάξει πραγματικά κλίση τον 18ο αιώνα και να αρχίσει να απογειώνεται σε πρωτόγνωρα για την παγκόσμια ιστορία μεγέθη. Σίγουρα συνέβαλαν σ' αυτό πολλοί παράγοντες, μεταξύ των οποίων και οι τεχνολογικές ανακαλύψεις. Όμως ο Μπροντέλ διαφωνεί με τους ιστορικούς που προβάλλουν ως βασική αιτία την βελτίωση της υγιεινής στα αστικά κέντρα και την κατασκευή βασικών έργων υποδομής, όπως τα υδραγωγεία. Δεν θεωρεί ακόμη ως επαρκή αιτία τη μείωση της παιδικής θνησιμότητας, αφού όπως λέει σε πολλές από τις κρίσιμες χώρες – Κίνα, Ρωσία, Βραζιλία – οι συνθήκες παραμένουν εξαιρετικά δυσμενείς και οι όποιες βελτιώσεις είναι ανεπαίσθητες. Δεν υπάρχει ακόμη κάποια σοβαρή αλλαγή στα κοινωνικά ήθη, π.χ. μείωση του μέσου όρου ηλικίας στο γάμο, και πάντως όχι τέτοια που να δικαιολογεί την πληθυσμιακή έκρηξη. Σίγουρα, ένας παράγοντας είναι και η αύξηση της δυνατότητας πρόσβασης σε νέες, παρθένες εκτάσεις: η Ευρώπη επωφελείται από τις υπερπόντιες αποικίες της και από τις ανακατατάξεις στην ανατολική Ευρώπη, όπως και από την υποχώρηση της Οθωμανικής αυτοκρατορίας. Η Κίνα επίσης γεμίζει τα κενά στη δική της επικράτεια, ενώ στην Αμερική και στον Καναδά οι άποικοι που από τον 17ο αιώνα μεταναστεύουν μαζικά, από τη Γαλλία αρχικά, και από την Αγγλία στη συνέχεια, βρίσκουν απέναντί τους φτωχούς ημινομαδικούς πληθυσμούς που εύκολα τους εκτοπίζουν για να στήσουν τη δική τους γεωργο-κτηνοτροφική επικράτεια.

Όμως το ερώτημα παραμένει: η γεωγραφική συγκυρία σίγουρα παίζει το ρόλο της αλλά από μόνη της δεν επαρκεί. Άλλωστε η προσφορά του χώρου ήταν συνεχής

σε όλη την ιστορία της ανθρωπότητας. Τι είναι εκείνο που αλλάζει τα δεδομένα και κάνει τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν να λειτουργήσουν ώστε η πλάστιγγα να γείρει και μάλιστα με μη αναστρέψιμο – κατά τα φαινόμενα – τρόπο; Η απάντηση του Μπροντέλ είναι «οικολογική». Ο βασικός παράγοντας είναι η αλλαγή του κλίματος και η σχεδόν μονοσήμαντη μέχρι τότε εξάρτηση της υλικής παραγωγής απ' αυτό. Μην ξεχνάμε ότι έχουμε να κάνουμε με κατά κύριο λόγο αγροτικές κοινωνίες. Η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, οι απότομες αλλαγές του καιρού, ακόμη και οι επιδρομές των εντόμων συνδέονται άρρηκτα με τα καιρικά φαινόμενα, επηρεάζουν την ικανότητα και την παραγωγικότητα των γεωργών, αποφασίζουν για τη συγκομιδή και την ανανέωση μιας βιολογικής (με ελάχιστες τεχνολογικές εισροές) γεωργίας. Ήδη, τον 14ο αιώνα, το ψύχος που ενσκήπτει στο βόρειο ημισφαίριο, αφαιρεί από τη γεωργία πολύτιμη γη, οι πάγοι κατεβαίνουν νοτιότερα και οι χειμώνες γίνονται δυσβάστακτοι. Ο δρόμος των Βίκινγκς κόβεται στον Βερίγγειο Πορθμό και οι νορμανδικές αποικίες στη Γροιλανδία είναι αδύνατο να επιβιώσουν.

Η άποψη ότι τα κλιματικά φαινόμενα επηρέασαν με τρόπο καθοριστικό τη γεωγραφική εξάπλωση των πληθυσμών κατά τη διάρκεια των 4 αιώνων της προβιομηχανικής εποχής, όσο κι αν είναι δύσκολο να στηριχθεί σε αδιάσειστα επιστημονικά ντοκουμέντα, φαίνεται ωστόσο σιγά-σιγά να κερδίζει έδαφος. Τουλάχιστον σε ότι αφορά το σκέλος της υπόθεσης που θέλει την «μικρή παγετώδη περίοδο» να εκτείνεται ως τις αρχές του 19ου αιώνα. Από το 1500 και μετά, πολλές από τις «μεσογειακές» καλλιέργειες – όπως το αμπέλι – που είχαν φτάσει και μέχρι την Αγγλία εκμεταλλεόμενες το μακρύ «Μεσαιωνικό καλοκαίρι» μετατοπίζονται και πάλι προς το Νότο. Πολλές από τις συγκοινωνίες που γίνονταν με πλωτά μέσα διακόπτονται εξαιτίας του πάγου των ποταμών, ενώ στο Λονδίνο το 1607 εγκαινιάζονται οι γιορτές του παγωμένου Τάμεσι που διαρκούν μέχρι το χειμώνα του 1814.

Βέβαια τα στοιχεία είναι συνήθως έμμεσα και μόνο τελευταία γίνεται μια προσπάθεια συστηματικής επεξεργασίας τους. Οι μεμονωμένες αναφορές, όσο κι αν είναι χρήσιμες, δεν παύουν να είναι υποκειμενικές, μια και οι άνθρωποι είχαν πάντα την τάση να υπερβάλλουν για τον καιρό και να τονίζουν ιδιαίτερα τα δυσμενή περιστατικά που σίγουρα επηρέαζαν την οικονομία και τη ζωή τους. Οι πιο αξιόπιστες πάντως πηγές είναι εκείνες που δίνουν παρατηρήσεις για μια μεγάλη σειρά ετών και που προέρχονται από θεσμικούς παράγοντες όπως το κράτος και η εκκλησία. Στη Μεσόγειο για παράδειγμα και ιδιαίτερα στο Αιγαίο που μέχρι το 1797 βρισκόταν υπό Ενετική κατοχή, οι διοικητές των νησιών έδιναν κανονικές αναφορές στον Δόγη της Βενετίας, μεταξύ άλλων και για τα καιρικά φαινόμενα αφού αυτά συνδέονταν με τη σοδειά των αγροτών (και ως εξ αυτού με τη φορολογία) όπως επίσης και με τους προβολογισμούς των επισκευών των κτιρίων και των υποδομών στο βαθμό που είχαν υποστεί ζημιές από τις θεομηνίες. Μια τέτοια εργασία αποκωδικοποίησης των Ενετικών αρχείων της Κρήτης έγινε από το Πανεπιστήμιο του Καίμπριτζ⁸⁹. Τα στοιχεία δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια του πρώτου μισού του 17ου αιώνα δηλώθηκαν εξαιρετικά ακραία φαινόμενα και οι αναφορές μιλούν για πολύ υγρούς και ψυχρούς χειμώνες που έκτοτε δεν φαίνεται να έχουν ξαναπαρουσιαστεί. Άλλες εργασίες προσπα-

89. Hippolyte Noiret, *Documents inédits pour servir à l'histoire de la domination Vénitienne en Crète de 1380 à 1485*, Cambridge Library Collection – Medieval Histo tirés des archives de Venise, Février 2012.

θούν να συνθέσουν το παζλ από σκόρπιες μετρήσεις μετεωρολογικών παραμέτρων, που αφορούν όμως κυρίως την Ευρώπη και χωρίς την απαραίτητη κοινή μεθοδολογία. Άλλωστε, η Μετεωρολογία δεν υπάρχει ακόμη ως ανεξάρτητη επιστήμη και βρίσκεται στη σκιά της Αστρονομίας που κι αυτή αναδύεται μόλις τον 15ο αιώνα.

Μεταξύ των έμμεσων δεδομένων είναι και οι ημερομηνίες των αρχών του τρύγου, μια και οι ημέρες αυτές ήταν ημέρες δημόσιας γιορτής και αναφέρονται στα δημοτικά αρχεία. Από μια σειρά 300 τέτοιων καταγραφών που αφορούν τη Γαλλία, την Ελβετία και την κοιλάδα του Ρήνου για την περίοδο 1474-1879, προκύπτει πως οι χαμηλές θερμοκρασίες περιορίζονταν σε στενά χρονικά διαστήματα, με πιο χαρακτηριστικά αυτά των δεκαετιών του 1620 και του 1690. Στις περιόδους αυτές, οι καλοκαιρινές θερμοκρασίες (από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο) ήταν χαμηλότερες κατά ένα βαθμό από τις μέσες ετήσιες θερμοκρασίες που καταγράφονται στις μέρες μας για τις ίδιες γεωγραφικές συντεταγμένες. Τέλος, μια άλλη έρευνα, για τη Βαλτική Θάλασσα αυτή τη φορά, φτάνει στο ίδιο περίπου αποτέλεσμα μετά από επεξεργασία στοιχείων κόστους για το σπάσιμο των πάγων, προκειμένου να διευκολυνθεί η κίνηση των πλοίων που πολλές φορές αφνιδιάζονταν από την απρόσμενη πτώση των θερμοκρασιών.

Κοινωνίες της αυτοκαταστροφής

Το 1994 η Ρουάντα έζησε μια απ' τις μεγαλύτερες ενδο-εθνοτικές σφαγές που καταγράφηκαν στην σύγχρονη ιστορία. Προηγήθηκαν αυτές του Μπαγκλαντές το 1971 και της Καμπότζης λίγα χρόνια μετά. Οι αναλύσεις, οι περισσότερες δημοσιογραφικές, έδωσαν έμφαση στους ηθικούς και εν τέλει στους πολιτικούς παράγοντες που βρισκονταν πίσω απ' τη γενοκτονία: Οι διαβολικοί Χούτου, σε μια απέλπιδα προσπάθεια να κρατηθούν στην εξουσία, εξαπέλυσαν ένα άνευ προηγουμένου αθροποκυνηγό, κυρίως εναντίον των Τούτσι και δευτερευόντως εναντίον άλλων πιο ολιγάριθμων φυλών όπως οι Πυγμαίοι. Μέσα σε έξι εβδομάδες και με σύνθημα τη δολοφονία του ουδετερόφилου προέδρου Χαμπιαριμάνα, 800.000 άτομα, ήτοι το 11% του πληθυσμού είχαν σφαγιαστεί. Μετά την επικράτηση των ανταρτών του Πατριωτικού Μετώπου, 2 εκατομμύρια άνθρωποι κατέφυγαν σε γειτονικές χώρες (Κονγκό και Τανζανία) ενώ 750.000 πρώην εξόριστοι Τούτσι ξαναγύρισαν στον τόπο τους. Όμως το μίσος και η δίψα για την εξουσία, δεν είναι επαρκείς εξηγήσεις για ένα τόσο αιματηρό και ασύλληπτο στις διαστάσεις του ολοκαύτωμα. Ο Τζάρετ Ντάϊαμοντ, δέκα χρόνια μετά τη γενοκτονία, στο βιβλίο – ποταμός με τον τίτλο «Κατάρρευση», προσπαθεί να ξαναδιαβάσει με πιο ψύχραιμη ματιά την ιστορία. Βασική του θέση είναι πως πίσω απ' τους ανθρώπινους παράγοντες, πίσω απ' τους πολιτισμούς, τα συμφέροντα και τις οικονομίες, πίσω από τα συγκυριακά φαινόμενα, η γεωγραφία, το κλίμα και αυτό που τελευταία αποκαλούμε περιβάλλον, ρίχνουν αποφασιστικά το βάρος τους και κάνουν τη πλάστιγγα να γέρνει προς μια τη μια ή προς την άλλη κατεύθυνση.

Ο Ντάϊαμοντ, καθηγητής γεωγραφίας, εξελικτικός βιολόγος και συγγραφέας, έγινε κυρίως γνωστός με το βιβλίο του «Όπλα, Μικρόβια και Ατσάλι» που κέρδισε το βραβείο Πούλιτζερ και μια σημαντική θέση στο παλμαρές των διανοητών μιας νέας γενιάς που τόσο το έργο τους όσο και η αντίληψή τους βασίζονται στην «μαχόμενη διεπιστημονικότητα». Στην κατάρρευση, υφαίνει μια συναρπαστική και διαχρονική περιήγηση που ξεκινά από την αρχαία Πολυνησία, τους Μάγια και τους Ανασά-

ξι, περνάει από τους Βίκινγκς στη μεσαιωνική Γροιλανδία και φτάνει στα σύγχρονα παραδείγματα της Αϊτής, της Κίνας, της Αυστραλίας και βέβαια της πολύπαθης μαύρης Αφρικής. Κοινός παρανομαστής είναι η περιφρόνηση του περιβάλλοντος από τη μια (ο δρόμος προς την κατάρρευση) και η πετυχημένη στρατηγική της επιβίωσης από την άλλη. Στην εποχή της παγκοσμιοποίησης λέει ο Ντάϊαμοντ, τα πράγματα είναι λίγο καλύτερα λόγω της τεχνολογίας, της κινητικότητας και των επικοινωνιών, αλλά και χειρότερα λόγω της έκτασης που παίρνει η φτώχεια, ο υπερπληθυσμός και η μείωση των πόρων. Η μόνη μας ελπίδα είναι να διδαχτούμε από τα λάθη του παρελθόντος που συχνά και με δραματικό τρόπο χτυπάνε την πόρτα μας.

Στην περίπτωση της Ρουάντα, μια από τις 13 περιπτώσεις που εξετάζει στο βιβλίο του ο Ντάϊαμοντ, φαίνεται πως ήδη απ' τη δεκαετία του '80 διαφαίνονταν τα σημάδια της συμφοράς. Η χώρα είχε μια απ' τις μεγαλύτερες πληθυσμιακές πυκνότητες στον κόσμο, αντίστοιχη μ' αυτήν της Ολλανδίας. Όμως η παραγωγική της βάση ήταν ακόμη στη λίθινη εποχή: ελάχιστη εκμηχάνιση της γεωργίας και άμεση εξάρτησή της από τις κλιματικές συνθήκες. Έφτανε η μεγάλη ξηρασία των χρόνων που προηγήθηκαν του εμφυλίου, μαζί με την εξάντληση των εδαφών και την αποψίλωση του δάσους για την επέκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, να οδηγήσουν στο λιμό και από κει στην κατάρρευση του εύθραυστου κράτους και των ήδη τραυματισμένων απ' την μετα-αποικιοκρατική περιπέτεια κοινωνικών δομών. Περιβαλλοντικός ντετερμινισμός; Ο ίδιος αρνείται με έμφαση τόσο τον όρο όσο και τις μονοδιάστατες ολιστικές θεωρίες και σχολές. Εκείνο που κάνει είναι να αξιοποιεί τα ευρήματα και τη μεθοδολογία μιας ανακάμπτουσας επιστήμης (της οικο-γεωγραφίας), που μετά τον τουλάχιστον για ένα αιώνα θρίαμβο του οικονομισμού, ξαναβρίσκει τη θέση της ανάμεσα στις κοινωνικές επιστήμες και τις επιστήμες του ανθρώπου.

Είναι λίγο πολύ οι ίδιες καταβολές που οδηγούν τους αρχαιολόγους και παλαιολογολόγους John Flenley and Paul Bahn στην ερμηνεία του «Αινίγματος της Νήσου του Πάσχα» (Oxford Univ. Press 2003) τους οποίους ξαναβρίσκουμε μέσα στην «Κατάρρευση» και με τη μεσολάβηση του Ντάϊαμοντ να ανατέμνουν ένα από τα πιο συγκλονιστικά παραδείγματα ολικής παρακμής στην ιστορία των εδραίων κοινωνιών.

Η νήσος του Πάσχα είναι σήμερα γνωστή από τις τεράστιες λίθινες κατασκευές, λείψανα ενός πολιτισμού που χάθηκε χωρίς ν' αφήσει άλλα ίχνη και κυρίως ζωντανούς επιγόνους – μάρτυρες. Για την ύπαρξη των εντυπωσιακών αυτών μνημείων, πολλές θεωρίες έχουν κατά καιρούς προταθεί: από τους εξωγήινους του Ντένικεν που ήρθαν κι έφυγαν αφήνοντας πίσω τους τα παράξενα αυτά σημάδια της σύντομης παρουσίας τους, έως την υπόθεση της διηπειρωτικής συνεργασίας παλιών πολιτισμών με κατασκευές εξ ίσου εντυπωσιακές όπως οι πυραμίδες της Αιγύπτου και οι ναοί των Ίνκας. Οι πιο πρόσφατες όμως ανθρωπολογικές έρευνες απέδειξαν ότι οι πρώτοι κάτοικοι του νησιού που το αποίκισαν γύρω στο 900, ήταν πράγματι τυπικοί Πολυνήσιοι και λόγω των ευνοϊκών συνθηκών ο πληθυσμός τους έφτασε γρήγορα τις 15.000. Ήταν χωρισμένοι σε 12 φυλές και ήταν κυρίως γεωργοί και ψαράδες. Η σχεδόν όμως απόλυτη απομόνωσή τους από τον υπόλοιπο κόσμο, μετέφερε τον ανταγωνισμό (που σε άλλους λαούς εκδηλώνονταν είτε με το εμπόριο είτε με κατακτητικούς πολέμους) στο εσωτερικό, και οι φυλές απεδόθησαν – δια των αρχηγών τους – σ' έναν αγώνα για την διεκδίκηση της εξουσίας. Ένα από τα εργαλεία στον αγώνα αυτόν ήταν τα υπερμεγέθη πέτρινα αγάλματα που αναπαριστούσαν μορφές των προ-

γόνων, που όσο πιο επιβλητικά και πιο ευμεγέθη γίνονταν, τόσο μεγαλύτερο κύρος προσέδιδαν στους εκπροσώπους της φυλής.

Από την αρχαιολογική επίσης έρευνα αποδείχθηκε ότι οι κάτοικοι του Πάσχα δεν είχαν την εποχή εκείνη ούτε γερανούς, ούτε τροχούς, ούτε μηχανές, ούτε καν σιδηρά εργαλεία, παρά μόνο αξίνες, σφυριά και τρυπάνια από σκληρά ορυκτά που χρησιμοποιούσαν για τις εκσκαφές και την εξόρυξη των ογκόλιθων στο λατομείο. Κατά τα άλλα, η μετακίνηση των αγαλμάτων και το στήσιμό τους σε αποστάσεις αρκετών εκατοντάδων μέτρων από το λατομείο, απαιτούσε κατ' αρχήν ανθρώπινη μυϊκή δύναμη, και αφετέρου την χρησιμοποίηση ξυλείας (των κυλινδρικών κορμών) για τη διευκόλυνση του έργου των ανθρώπων. Που βρέθηκαν όμως όλα αυτά τα δέντρα στο γυμνό σήμερα τοπίο του νησιού;

Πράγματι, η αυτόχθονη γλωρίδα στο νησί του Πάσχα δεν μετρά πλέον πάνω από 45 είδη, από τα οποία όμως κανένα δεν φτάνει σε ύψος ικανό να χαρακτηριστεί δέντρο. Πρόκειται κατά κανόνα για θαμνώδη και χορτολιβαδική βλάστηση. Εντούτοις, οι έρευνες του Flenley το 1984, χρησιμοποιώντας την ανάλυση του DNA των απολιθωμάτων και της γύρης από απανθρακωμένα φυτά, έδειξαν ότι μέχρι και πριν από την έλευση των πρώτων ανθρώπων στο νησί, η βλάστηση είχε τα χαρακτηριστικά του τροπικού δάσους. Ένα από τα πολλά είδη που εξαφανίστηκαν, προφανώς από την υπερεκμετάλλευση, ήταν και το μεγαλύτερο φοινικόδεντρο που πληνίτη, ύψους 20 μέτρων και με διάμετρο 1-1,5 μ. Το μόνο συγγενές είδος, που κι αυτό βρίσκεται μόνο σε βοτανικούς κήπους, είναι το Φοινικόδεντρο του Κρασιού της Χιλής, που πήρε την ονομασία του από τον σακχαρώδη χυμό που βγαίνει απ' τον κορμό του και που με ζύμωση μετατρέπεται σε αλκοολούχο ποτό. Το φοινικόδεντρο του Πάσχα, εκτός από τους βρώσιμους καρπούς του και το χυμό του, χρησίμευε για την παραγωγή ινών, εργαλείων, οικοδομικών υλικών, καθώς και για την κατασκευή των ξύλινων κανό. Η χρήση του για την μεταφορά των αγαλμάτων και η ολοκληρωτική ξύλευση του δάσους, είναι προφανές πως στέρησαν από τους κατοίκους του Πάσχα μια βασική πρώτη ύλη, θεμελιώδους σημασίας για την οικονομία τους.

Έρευνες που έγιναν σε θαμμένα σκουπίδια εκείνης της εποχής, έδειξαν από τα υπολείμματα οστών που ανήκαν σε σπονδυλωτά, ότι το νησί φιλοξενούσε μια σημαντική πτερωτή πανίδα η οποία κι αυτή εξαφανίστηκε, προφανώς από την υπερβολική θήρευση. Βρέθηκαν επίσης 25 είδη θαλάσσιων πουλιών που χρησιμοποιούσαν τις ακτές του Πάσχα ως τόπους αναπαραγωγής, καθιστώντας το νησί την πιο σημαντική ορνιθολογική βάση της Πολυνησίας και ίσως ολόκληρου του Ειρηνικού. Προφανώς τα πουλιά αυτά οδηγήθηκαν στη μακρινή αυτή τοποθεσία λόγω της έλλειψης θηρευτών, μέχρι την έλευση του ανθρώπου. Η συνύπαρξη απέβη μοιραία.

Εξίσου εντυπωσιακά ήταν τα ευρήματα στα υπολείμματα της διατροφής. Σημαντικό μέρος σ' αυτήν κατείχαν τα ιχθυοειδή και πολλά μεγάλα κήτη, μεταξύ αυτών και δελφίνια. Είναι προφανές, πράγμα που άλλωστε συνάγεται και από τη διαμόρφωση των ακτών, ότι τα μεγάλα αυτά ψάρια ήταν δυνατόν να αλιευθούν χάρις στην ύπαρξη ικανού στόλου από ψαροκάϊκα, που καθώς τα δέντρα λιγότευαν, λιγότευαν κι αυτά. Το αποτέλεσμα ήταν πως η αλιευτική συγκομιδή κατέληγε σε όλο και μικρότερα ψάρια και όστρακα, στοιχείο που προκύπτει από τα χρονικά νεώτερα ευρήματα στα «σκουπίδια» του πρωτόγονου αυτού πολιτισμού. Καθώς τα ψάρια μειώνονταν, οι κάτοικοι στρέφονταν προς τα χερσαία και αργότερα στα θαλάσσια πουλιά.

Την καταστροφή της αυτόχθονης ορνιθοπανίδας ολοκλήρωσε και η εξ αμελείας εισαγωγή ποντικών που έφτασαν στο νησί με τα πλοία των πρώτων εξερευνητών.

Η οικολογική αυτή κατάρρευση, που άρχισε από την υπερεκμετάλλευση του δάσους και κατάρληξε στην απώλεια όλων των βασικών ειδών διατροφής, δεν ήταν βέβαια χωρίς συνέπειες για τον ίδιο τον πληθυσμό και τις κοινωνικές του δομές. Γύρω στο 1.400, όπου και το απόγειο αυτής της πορείας προς την αυτοκαταστροφή, οι μόνες ζωϊκές τροφές ήταν οι ποντικοί. Ακολούθησε η απώλεια της γεωργικής γης, μια και η αποδάσωση έφερε εκτεταμένη διάβρωση από τις έντονες βροχοπτώσεις. Το χώμα παρασύρθηκε στη θάλασσα και οι καλλιέργειες περιορίστηκαν δραματικά. Η τελευταία πράξη του δράματος ήταν ο κανιβαλισμός. Όταν έφτασαν στο νησί οι πρώτοι Ευρωπαίοι, οι λιγοστοί κάτοικοι είχαν επιστρέψει στην εποχή των ζώων, κρύβονταν σε σπηλιές από το φόβο των θηρευτών τους (όλοι ήταν υποψήφια θηράματα) και φυσικά είχαν απωλέσει σημαντικά στοιχεία του προηγούμενου πολιτισμού τους. Εν τω μεταξύ και επειδή ο συναγωνισμός για μεγαλύτερα επιτεύγματα είχε προφανώς εκφυλιστεί, η μάχη για την επικράτηση είχε στραφεί στην καταστροφή των μνημείων του αντιπάλου. Το μεγαλύτερο μέρος των αγαλμάτων κατεδαφίστηκαν (τα όσα βρίσκονται σήμερα όρθια είναι προϊόντα αναστήλωσης) έσπασαν ή και βανδαλίστηκαν αγριώς (τα μάτια τους βρέθηκαν βγαλμένα και θαμμένα σε σπηλιές).

Η κατάρληξη είναι προφανώς διδακτική και πλήρης αλληγοριών και σημασιοδοτήσεων. Στην αρχή, οι αρχηγοί των φυλών και οι ιερείς, αντλούσαν τη δύναμή τους από την επίκληση της σχέσης που είχαν με τους θεούς και την υπόσχεση που έφερναν από τη διαμεσολάβηση αυτή για ευτυχία και διατροφική επάρκεια. Η μνημειακή αρχιτεκτονική και οι επιβλητικές τελετές ήταν απαραίτητες για τον εντυπωσιασμό των μαζών και την επιστροφάτευσή τους στην παραγωγή του πλεονάσματος. Όταν η υπόσχεση αυτή δεν μπορούσε πλέον να εκπληρωθεί, ήρθε και το τέλος της ελίτ των ηγετών (πολιτικών και θρησκευτικών) η εξουσία των οποίων διήρκεσε περί τα 600 χρόνια. Γύρω στο 1680 καθαιρέθηκαν από εξεγερμένους πολεμιστές, οι οποίοι όμως δεν κατάφεραν να στήσουν μια εναλλακτική μορφή διακυβέρνησης. Τους πρόλαβε ο εμφύλιος και η δημογραφική κατάρρευση. Οι αναλογίες με σύγχρονα παραδείγματα, όπως αυτό της Ρουάντα που προαναφέρθηκε, δεν είναι μακριά.

Το ερώτημα βέβαια είναι γιατί οι κάτοικοι του Πάσχα και κυρίως οι αρχηγοί τους προχώρησαν στη μοιραία όπως αποδείχθηκε αποδάσωση, αφού οι συνέπειες ήταν κατά το μάλλον ή ήττον προφανείς; Αυτή είναι μια ερώτηση κλειδί σε κάθε περίπτωση που μια κοινωνία βρίσκεται αντιμέτωπη με αυτοκαταστροφικά φαινόμενα. Τι σκεφτόταν άραγε εκείνος ο κάτοικος του νησιού που έκοβε το τελευταίο δέντρο; Ότι ίσως η τεχνολογία θα δώσει την λύση; Ότι το ζήτημα είναι οι θέσεις εργασίας και όχι τα δέντρα; Ότι χρειάζεται περαιτέρω έρευνα και πιο ασφαλή δεδομένα; Το πιθανότερο είναι πως δεν έθεσε κανένα ερώτημα αφού το πρόβλημα ήταν κάτι έξω από την εμπειρία του. Το ίδιο και σήμερα: η υπεραλίευση των θαλασσών ή η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι έξω από την εμπειρία του καθημερινού ανθρώπου. Είναι σαν να μην υπάρχουν ως θέματα, ακριβώς επειδή δεν έχουμε βιώσει τις συνέπειές τους σε όλη τους τη μεγαλοπρέπεια.

Πάντως ένα είναι σίγουρο: όσοι, επειδή κατέχουν εξουσία, κόβουν δέντρα για να στήσουν αγάλματα, αργά ή γρήγορα θα βρεθούν χωρίς δουλειά.

Δημογραφική έκρηξη και δημογραφική κόπωση

Για την καλύτερη κατανόηση των δημογραφικών τάσεων που εμφανίζει ο παγκόσμιος πληθυσμός μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την κατάταξη που προτείνει ο Φρανκ Λότενστάϊν το 1945 διακρίνοντας τρία στάδια στην ιστορία των πληθυσμιακών μεταβολών. Στο πρώτο στάδιο, που αντιστοιχεί στις προβιομηχανικές κοινωνίες, τα ποσοστά των γεννήσεων και τα ποσοστά των θανάτων είναι υψηλά με τρόπο που οι δύο τάσεις αλληλοεξουδετερώνονται και κρατούν τον πληθυσμό σε σταθερά επίπεδα. Καθώς οι χώρες αρχίζουν να εκσυγχρονίζονται, τα ποσοστά των θανάτων πέφτουν, ενώ οι γεννήσεις παραμένουν σε υψηλό επίπεδο. Στο στάδιο αυτό ο πληθυσμός αυξάνει και αποκτά το τυπικό ποσοστό του 3% ετησίως. Όπως θα δούμε παρακάτω το στάδιο αυτό είναι ασταθές και πιθανότατα μη-διατηρήσιμο. Καθώς ο εκσυγχρονισμός συνεχίζεται, οι γεννήσεις μειώνονται και οι χώρες εισέρχονται σε ένα τελικό στάδιο δημογραφικής εξέλιξης, όπου οι γεννήσεις και οι θάνατοι ισορροπούν αλλά σε ένα χαμηλότερο επίπεδο. Πρακτικά, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης βρίσκονται σε αυτή τη φάση, ενώ οι χώρες του Τρίτου Κόσμου (και οι ΗΠΑ) βρίσκονται στη δεύτερη φάση. Όμως, στις χώρες της δεύτερης κατηγορίας, η απότομη αύξηση που παρατηρήθηκε τον 20ο αιώνα, φαίνεται πως φτάνει τα όριά της, σ' αυτό που ορισμένοι ονομάζουν «δημογραφική κόπωση» και που μία από τις πιο επώδυνες εκφάνσεις της ήταν η εξάπλωση του AIDS. Αν και στις βιομηχανικές χώρες η ασθένεια είναι υπό έλεγχο, με ποσοστά προσβολής του πληθυσμού κάτω από το 0,5 %, δεν συμβαίνει το ίδιο και με τις αναπτυσσόμενες χώρες. Για παράδειγμα, στη Ζιμπάμπουε – μια χώρα των 11 εκ. κατοίκων – γύρω στο 1,6 εκ. ενήλικες έχουν προσβληθεί από τον ιό HIV και εξ αυτών τα 150.000 είναι παιδιά έως 15 ετών (στοιχεία 2014). Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι το AIDS δεν προσβάλλει τα πολύ νεαρά άτομα, αλλά τους νέους εκείνους που φτάνουν στο στάδιο της ενηλικίωσης και λογικά βρίσκονται στη λεγόμενη παραγωγική ηλικία. Επιπλέον, το «προσδόκιμον ζωής» όπως λέγεται ο μέσος όρος της προβλεπόμενης ηλικίας θανάτου για τον πληθυσμό, έχει πέσει από τα 71 χρόνια που ήταν το 1993 στα 39 το 2014. Υπ' αυτούς τους όρους βέβαια, έχουμε μια σχεδόν σταθεροποίηση του πληθυσμού, δηλαδή μηδενική αύξηση. Αντίστοιχα ποσοστά με τη Ζιμπάμπουε παρατηρούνται και στις άλλες Αφρικανικές χώρες (Μποτσουάνα, Ναμίμπια, Ζάμπια) ενώ σε άλλες, όπως το Μπουρουντι, τη Κεντρική Αφρικανική Δημοκρατία, το Κογκό, την Ακτή του Ελεφαντοστού, την Αιθιοπία, την Κέννα, τη Μοζαμβίκη κτλ. η κατάσταση είναι στο κόκκινο εδώ και 20 χρόνια. Είναι ίσως η πρώτη φορά στη σύγχρονη ιστορία όπου χώρες της δεύτερης κατηγορίας (που αναλύσαμε πιο πάνω), ξαναγυρίζουν στην πρώτη, με απώλειες που μπορούν να συγκριθούν μόνο με εκείνες του Μεσαίωνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΤΟ ΑΡΧΑΙΟΤΕΡΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Όταν πριν μερικά χρόνια βρέθηκα σε μια διεθνή έκθεση τεχνολογίας στο Αννόβερο, είδα με έκπληξη ότι το Δανέζικο περίπτερο είχε δύο μόνο κατηγορίες προϊόντων: ανεμογεννήτριες και πιστοποιημένα είδη διατροφής. Το Ελληνικό περίπτερο είχε μακέτες με τα τεχνολογικά επιτεύγματα των αρχαίων. Αν και το δεύτερο είναι πολύ σημαντικό για την ιστορία, το πρώτο εξηγεί γιατί οι Δανοί κυριάρχησαν σε δυο πολύ σημαντικές αγορές: της ενέργειας και της ποιοτικής γεωργοκτηνοτροφίας. Το περιβάλλον, οι συνθήκες εκτροφής των ζώων και η θρεπτική αξία των βρώσιμων αγαθών, βρίσκονται (και ήταν ανέκαθεν) στην κορυφή της λίστας αξιολόγησης των καταναλωτών της μικρής αλλά δυναμικής αυτής χώρας του Ευρωπαϊκού Βορά. Η ιεράρχηση αυτή, μαζί με μια εξελιγμένη βιομηχανία μεταποίησης, κατέστησε τη Δανία όχι μόνο αυτάρκη σε τρόφιμα, αλλά και παγκόσμιο παράδειγμα πετυχημένων επιλογών, ιδιαίτερα στον δύσκολο κλάδο της οργανικής (βιολογικής) παραγωγής. Όμως οι Δανοί καταναλωτές δεν ζητούν μόνο ασφαλή προϊόντα. Με τη δική τους παρέμβαση κατάφεραν να καθιερώσουν ένα από τα πιο σοβαρά κινήματα για την υποστήριξη του «Δίκαιου Εμπορίου» στην Ευρώπη.

Η Urtekram είναι μια δανέζικη εταιρεία προσανατολισμένη στην παρασκευή και διανομή οργανικών και μη επεξεργασμένων προϊόντων. Η εταιρεία έχει τη έδρα της στην περιφερειακή πόλη Mariager sur Color στη χερσόνησο της Βόρειας Γιουτλάνδης. Το ιδιαίτερο στοιχείο της Urtekram είναι ότι πέρα από την επιδίωξη του στόχου για διατροφικά αγαθά μηδενικής χημικής επιβάρυνσης, χωρίς πρόσθετα και αυξητικές ουσίες, αγοράζει τις πρώτες ύλες κατεθείαν απ' τους παραγωγούς ή από προμηθευτές των οποίων οι εργαζόμενοι απολαμβάνουν φυσιολογικές και αξιοπρεπείς συνθήκες απασχόλησης.

Η Urtekram πήρε το όνομά της από μια πολύ παλιά δανέζικη λέξη που σημαίνει «καλά πράγματα». Η εταιρεία υποστηρίζει εδώ και πολλά χρόνια την *οργανική* παραγωγή, αλλά την ενδιαφέρει εξίσου και η ηθική της εργασίας και των οικονομικών συναλλαγών. Από την ίδρυσή της, το 1972, η γκάμα προϊόντων της μεγάλωσε και περιλαμβάνει από δημητριακά για πρωινό και σοκολάτες, έως σαμπουάν, κρέμες σώματος, σαπούνια και οδοντόκρεμες. Σήμερα (2016) είναι μακράν πλέον η πρώτη σε πωλήσεις οργανικών προϊόντων σε όλη τη Σκανδιναβία. Η εταιρεία είναι υπερέμφανη για την πολιτική της. Όλο το προσωπικό εργάζεται σε μικρές ομάδες που αποφασίζουν μόνες τους για το ωράριό τους, προσαρμόζοντάς το σε άλλες υποχρεώσεις, όπως η φροντίδα των παιδιών. Το νέο – οικολογικών προδιαγραφών – εργοστάσιο της Urtekram είναι το πρώτο στον κόσμο που έχει αυτοβούλως τεθεί κάτω από κυβερνητικό έλεγχο και υπόκειται στους αυστηρούς κανονισμούς του Τμήματος Περιβαλλοντικού Ελέγχου και Ελέγχου Τροφίμων. Πέραν αυτών, η εταιρεία προβάλλει τα ζητήματα του δίκαιου εμπορίου, δίνοντας έμφαση στην υποστήριξη της τοπικής παραγωγής στις χώρες προέλευσης (στην περίπτωση των εισαγωγών) και στην αποφυγή του περιβαλλοντικού *ντάμπινγκ*.⁹⁰

90. Περιβαλλοντικό ντάμπινγκ: μεταφορά της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από μια χώρα σε μια άλλη μέσω του εμπορίου.

Οι ρίζες της ιδέας του δίκαιου και αλληλέγγυου εμπορίου μπορούν να αναζητηθούν σε εγχειρήματα που ξεκίνησαν από εκκλησίες στη Νότιο Αμερική και στην Ευρώπη στα τέλη του 1940. Στόχος τους ήταν να προσφέρουν ανακούφιση σε πρόσφυγες και σε άλλες φτωχές κοινότητες ανθρώπων, πουλώντας τις χειροτεχνίες τους στις αγορές του Βορά. Το 1950 ιδρύεται η Oxfam στην Αγγλία και αρχίζει να διαθέτει από τα μαγαζιά της τα χειροτεχνήματα που έφτιαχναν Κινέζοι πρόσφυγες. Το 1964 η Oxfam δημιούργησε το πρώτο διεθνές δίκτυο, ενώ παράλληλες πρωτοβουλίες στην Ολλανδία οδήγησαν το 1967 στον εισαγωγικό οργανισμό Fair Trade Organisatie.

Συγκρινόμενες με τις δομές του συμβατικού εμπορίου, οι Οργανώσεις Εναλλακτικού Εμπορίου (Alternative Trade Organisations-ATOs) προσέφεραν μεγαλύτερες αμοιβές στους παραγωγούς του αναπτυσσόμενου κόσμου μέσω της σύντηξης των μεσολαβήσεων (μεσαζόντων) και της καθιέρωσης δικαιότερων τιμών. Η πιστοποίηση των αγαθών του δίκαιου και αλληλέγγυου εμπορίου ξεκίνησε στην Ολλανδία το 1988, σαν απόδειξη στην κατακόρυφη πτώση των τιμών στην παγκόσμια αγορά του καφέ. Η «υπερδίκαια σφραγίδα» ξεκίνησε λίγο αργότερα στη Γερμανία. Σήμερα, 19 χώρες έχουν τις δικές τους πρωτοβουλίες ετικετοποίησης, που λειτουργούν με τα ίδια κριτήρια υπό την αιγίδα του Οργανισμού Ετικετοποίησης Δίκαιου και Αλληλέγγυου Εμπορίου.

Το ίδιο χρονικό διάστημα, ομάδες ακτιβιστών από τη Δανία άρχισαν να προπαγανδίζουν την αγορά ζάχαρης από τον Τρίτο Κόσμο με το μήνυμα: «Αγοράζοντας ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο προσφέρετε στους ανθρώπους στις φτωχές χώρες μια θέση στον ήλιο της ευημερίας». Αυτές οι ομάδες συνέχισαν το έργο τους και με είδη χειροτεχνίας, και το 1969 το πρώτο «Κατάστημα του Τρίτου Κόσμου» άρχισε να λειτουργεί κανονικά στην Κοπεγχάγη. Τα καταστήματα αυτά έχουν παίξει κρίσιμο ρόλο στο κίνημα της ενίσχυσης των αυτόχθονων παραγωγών: όχι μόνο ως σημεία πώλησης των προϊόντων τους, αλλά και ως κέντρα για την προβολή εναλλακτικών ιδεών για τη λειτουργία της παγκόσμιας οικονομίας και το περιεχόμενο της ανάπτυξης. Χαρακτηριστικό της διεύθυνσης των οριζόντων και της οπτικής του νέου κινήματος είναι το σύνθημα «Trade Not Aid» που κυριάρχησε ήδη από το το δεύτερο συνέδριο του UNCTAD (United Nations Conference On Trade And Development) για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη (Δελχί το 1968) και έφερε στο προσκήνιο την υπόθεση της άνισης ανταλλαγής και των ευθυνών του Βορά για τη συνεχιζόμενη φτώχεια και την ομόλογό της περιβαλλοντική υποβάθμιση στο Νότο. Έτσι, το δίκαιο εμπόριο δεν είναι πια (ή μόνο) μια ένδειξη αλληλεγγύης προς τα θύματα της μετα-αποικιοκρατικής εποχής, αλλά και μια πρόταση για βιώσιμες μορφές γεωργίας ή/και επαναβίωσης παραδοσιακών μορφών παραγωγής που το άδικο διεθνές εμπόριο έχει εκτοπίσει απ' το προσκήνιο της ιστορίας.

Βέβαια, ο δρόμος είναι μακρύς και τα εμπόδια τεράστια. Κι αυτό γιατί στην πράξη, η προσπάθεια αναδιάρθρωσης των δυνάμεων και αναδιάρθρωσης των όρων του παγκοσμιοποιημένου εμπορίου, πρέπει να κινηθεί αναγκαστικά μέσα στο ίδιο το πεδίο της παγκοσμιοποίησης χρησιμοποιώντας εν μέρει τα δικά της εργαλεία. Το μεγάλο κόστος, για παράδειγμα, των μεταφορών, αυξάνει δυσανάλογα το κόστος των προμηθειών, ενώ η μεταβλητότητα των συνθηκών στις χώρες προέλευσης δημιουργεί προβλήματα στην κανονική ροή της τροφοδοσίας. Η ανάγκη για μεγαλύτερους αποθηκευτικούς χώρους (καθώς η αγορά διευρύνεται) προσθέτει πολυπλοκότητα στο σύστημα της διαχείρισης, το οποίο στην εξέλιξή του αρχίζει να εμφανίζει φαινόμενα κλίμακας, ανάλογα με αυτά του συμβατικού εμπορίου.

Παρά ταύτα, το δίκαιο – πιστοποιημένο εμπόριο κερδίζει συνεχώς έδαφος, αν και πηγαίνει αντίθετα προς τους νόμους της mainstream οικονομικής θεωρίας, όπου η μείωση του κόστους στο επίπεδο του παραγωγού είναι το βασικό κριτήριο για την επιβίωση των επιχειρήσεων στην ανταγωνιστική αγορά. Το 2013 ο κλάδος είχε ένα όγκο πωλήσεων στα 6 δις \$ παγκοσμίως με δραστηριότητες σε 60 χώρες του λεγόμενου Παγκόσμιου Νότου (Global South) με ένα εκατομμύριο πιστοποιημένους παραγωγούς και εκατοντάδες εκατομμύρια συμβεβλημένους πελάτες.⁹¹ Η χώρα με τη μεγαλύτερη αγορά είναι σήμερα η Αγγλία, ακολουθούμενη από τις ΗΠΑ, τη Γερμανία, τη Γαλλία, τον Καναδά, τη Νέα Ζηλανδία και την Ελβετία.

Να προσθέσουμε τέλος ότι όλο και περισσότεροι παραγωγοί στο πλαίσιο του δικαίου εμπορίου επιδιώκουν να χρησιμοποιούν οργανικές καλλιεργητικές μεθόδους, παρ' όλο που τα συμβόλαια δεν αποκλείουν τους αγρότες που δεν έχουν τη δυνατότητα να τηρήσουν τα αυστηρά πρότυπα της βιολογικής γεωργίας. Πολλές όμως οργανώσεις, όπως η Urtekram, πιστεύουν ότι στο μέλλον, η πολιτική ηθική και η περιβαλλοντική ευθύνη μπορούν να συμβαδίσουν κάνοντας το δίκαιο εμπόριο μια επικερδή και ταυτόχρονα αειφορική επιχείρηση για όλους τους εμπλεκομένους.

Διατροφικά πρότυπα και υπερπληθυσμός

Το δίκαιο εμπόριο, συνιστά σίγουρα μια πρόοδο, αλλά δεν φτάνει από μόνο του να θρέψει τα δισεκατομμύρια των φτωχών της Αφρικής και της Ασίας. Στο κλασικό βιβλίο του 1995 ο γνωστός Αμερικανός συγγραφέας Lester Brown θέτει το βασικό ερώτημα: «Ποιος θα θρέψει την Κίνα»? Ο συγγραφέας δεν εκφράζει μόνο μια απορία επιστημονικού ή κοινωνιολογικού χαρακτήρα για το μέλλον της μεγάλης αυτής χώρας, αλλά και την αγωνία ενός στρατευμένου οικονομολόγου για τη σύγκρουση ανάμεσα στον υπερπληθυσμό και την περιορισμένη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων. Στην πραγματικότητα ο Lester Brown ξαναβάζει το ζήτημα της πιθανότητας κατάρρευσης του παγκόσμιου φυσικο-παραγωγικού συστήματος, όχι μόνο λόγω του δημογραφικού ζητήματος, αλλά και ως συνέπεια ενός στρεβλού μοντέλου ανάπτυξης. Διακόσια χρόνια νωρίτερα, ο Τόμας Μάλθους (βλ. και Κεφάλαιο 9), προέβλεπε ότι ο πολιτισμός της νεωτερικότητας θα καταρρεύσει επειδή ακριβώς ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται γρηγορότερα από την ικανότητα της Γης να εξασφαλίζει την αναγκαία διατροφική βάση. Όπως ξέρουμε βέβαια, ο Μάλθους διαψεύστηκε. Για παράδειγμα ανάμεσα στο 1950 και το 1995 ο πληθυσμός αυξήθηκε κατά 122% και η γεωργική παραγωγή 142%. Το αν αυτή η εξίσωση θα συνεχίσει να ισχύει είναι ακριβώς το ζητούμενο. Με άλλα λόγια το πραγματικό ερώτημα είναι αν η τεχνολογική πρόοδος μπορεί να αυξήσει ακόμη παραπέρα την παραγωγικότητα της γεωργίας, και βέβαια, με πιο κόστος. Κοινωνικό και περιβαλλοντικό.

Ξαναγυρίζοντας στο παράδειγμα της Κίνας, αξίζει να σημειώσουμε ότι ο πληθυσμός της αυξήθηκε κατά 250 εκ. ανάμεσα στο 1980 και 1995 και παρά την σχετική μείωση του ρυθμού των γεννήσεων έχει ήδη (2016) φτάσει στα 1,38 δις. Αν και η καλλιέργεια της γης είναι για την Κίνα μια πανάρχαια πρακτική, είναι αμφίβολο αν θα

91. *FairTrade International 2013: Movement and markets*, Laura T. Raynolds and Nicholas Greenfield.

μπορέσει να θρέψει τους πληθυσμούς της και τις επόμενες δεκαετίες το ίδιο αποτελεσματικά, ή αν αντίθετα θα οδηγηθεί σε ένα διατροφικό έλλειμμα που για να το καλύψει θα χρειαστεί να καταφύγει σε εισαγωγές από χώρες που με τη σειρά τους θα περιορίσουν τις δικές τους ανάγκες. Σε κάθε όμως περίπτωση είναι προφανές ότι η παγκόσμια αύξηση της ζήτησης αγροτικών προϊόντων σε τέτοια κλίμακα, θα σημάνει μια δραματική άνοδο των τιμών των ειδών διατροφής και θα επιταχύνει φαινόμενα διατροφικής ένδειας ή και λιμών σε άλλα μέρη του πλανήτη. Όμως οι εκτάσεις της Κίνας δεν είναι απεριορίστες. Οι καταμετρημένες αυτή τη στιγμή δεν ξεπερνούν το ένα δις στρέμματα (ή τα 0.8 στρέμματα ανά κάτοικο) τη στιγμή που η γειτονική Ινδία διαθέτει 1,7 δις στρέμματα για ένα πληθυσμό κοντά στο ένα δις (1,9 στρέμματα ανά κάτοικο). Επιπλέον, η εκβιομηχάνιση, συμπεριλαμβανομένων και των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων όπως το φράγμα των Τριών Φαραγγιών στον ποταμό Γιανγκ Τσε, απαλλοτριώνει ήδη αρκετές παραγωγικές εκτάσεις. Λόγω της βιομηχανικής ανάπτυξης και της αστικοποίησης η Κίνα έχει χάσει από το 1950 το 1/5 των παραγωγικών της εδαφών οι οποίες είναι έτσι κι αλλιώς περιορισμένες: μόνο το 10-15% της συνολικής έκτασης είναι κατάλληλο για γεωργία τη στιγμή που στη γειτονική Ινδία το ποσοστό είναι 50%, στις ΗΠΑ 20% και στη Γαλλία 35%. Σημαντική είναι επίσης η διάχυτη ρύπανση με το 50% των νερών των ποταμών να είναι ακατάλληλο για κάθε χρήση.⁹²

Την ίδια στιγμή, το γεγονός ότι οι μισές περίπου από τις καλλιέργειες στην Κίνα είναι αρδευόμενες, κάνει το γεωργικό της σύστημα αρκετά ευάλωτο στις εποχιακές διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων, τις ξηρασίες, τις πλημμύρες ή στην κατακράτηση των νερών για μη γεωργικούς σκοπούς. Στα παραπάνω θα πρέπει να προσθέσουμε και την αλλαγή στις διατροφικές συνήθειες των Κινέζων που σταδιακά υιοθετούν δυτικά καταναλωτικά πρότυπα και διατρέφονται όλο και περισσότερο με είδη ψηλότερα στην *τροφική αλυσίδα* – κυρίως κρέας και γαλακτοκομικά – μια δίαυτα που απαιτεί ακόμη μεγαλύτερη φυτική παραγωγή. Για να γίνει αυτό χρειάστηκε η Κίνα να αυξήσει ανάμεσα στο 1980 και το 1995 την μέση ετήσια φυτική παραγωγή από τα 200 κιλά κατ' άτομο (που είναι το κατώτατο όριο για τη διασφάλιση της φυσικής ενέργειας των ανθρώπων) στα 300 κιλά. Τελικά, το αν η Κίνα θα μπορέσει να ανταποκριθεί στη νέα διατροφική πρόκληση του 21ου αιώνα και να συντηρήσει τον πληθυσμό της, αποτελεί την κρίσιμη δοκιμασία όχι μόνο για την ίδια τη χώρα αλλά και τον κόσμο στο σύνολό του. Το αποτέλεσμα θα κριθεί από 4 βασικούς συντελεστές: την παραγωγικότητα του αγροτικού τομέα, την ζήτηση στο επίπεδο των καταναλωτών, την πληθυσμιακή αύξηση και τις πιέσεις πάνω στο περιβάλλον.

Γεωργική αρχαιολογία

Η ιστορία της γεωργίας μπορεί να θεωρηθεί ως μια σειρά από αλληπάλληλες απόπειρες της ανθρωπότητας να ανταπεξέλθει στα εμπόδια και τους περιορισμούς του περιβάλλοντος. Είναι επιπλέον μια ιστορία όπου κάθε καινοτομία δημιουργούσε νέα περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία ή θα έπρεπε να ξεπεραστούν ή οι άνθρωποι να αποφασίσουν να συμβιώσουν μαζί τους. Ένας από τους δυσκολότερους παράγοντες

92. *The Guardian*, 23/1/2014.

ήταν πάντοτε το κλίμα. Είναι ίσως ο λόγος που οι κοινωνίες των κυνηγών-συλλεκτών δίνουν τη θέση τους στους κτηνοτρόφους – γεωργούς σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της νεολιθικής εποχής, παρά το γεγονός ότι η βάση της διατροφής τους (συλλογή καρπών, κυνήγι, ψάρεμα) δεν έχει εξαντληθεί. Είναι ακριβώς η στιγμή που αναδύεται η νέα εποχή η βασισμένη στη στρατηγική της δημιουργίας πλεονάσματος και στη μονιμότητα της εγκατάστασης.

Η αυγή της γεωργίας συμπίπτει με την αναζήτηση νέων διατροφικών προϊόντων, πράγμα που περιλαμβάνει επίσης τις τεχνικές για την κατανάλωσή τους, ιδιαίτερα το μαγείρεμα και το ψήσιμο. Μέχρι τότε ο προϊστορικός άνθρωπος τρέφεται με φυτά και καρπούς που συλλέγει απευθείας από τη φύση και κυρίως δημητριακά σε άγρια κατάσταση: σιτάρι και βρώμη στη Μέση Ανατολή, ρύζι στην ανατολική Ασία, κεχρί και σόργο στην Αφρική του Σαχέλ, καλαμπόκι στην Αμερική. Το πέρασμα από την πρακτική της συλλογής στον πολιτισμό της καλλιέργειας επιβάλλει μια σκέψη ριζικά διαφορετική, και την επιστράτευση εξειδικευμένων γνώσεων: επιλογή των καταλληλότερων σπόρων, σπορά σε συγκεκριμένη εποχή, προετοιμασία του εδάφους, αποθήκευση της σοδειάς και βέβαια ένα τρόπο παρασκευής του φαγητού με «συνταγές» όλο και πιο σύνθετες. Επιπλέον χρειάστηκε να εφευρεθούν όλα τα ενδιάμεσα στάδια και ιδιαίτερα η φυτοπροστασία, η απομάκρυνση των «επιβλαβών» παρασίτων και η επιλογή, ενσυνείδητη ή όχι, συγκεκριμένων τύπων φυτών. Για παράδειγμα, αποδείχθηκε πως τα άγρια δημητριακά αναπαράγονται καλύτερα όταν οι σπόροι αποσπώνται εύκολα από το στάχυ. Όμως για τον γεωργό είναι προτιμότερο οι σπόροι να παραμένουν σε ένα σκληρό στέλεχος και σ' ένα μίσχο ανθεκτικό ώστε η συγκομιδή (θέρισμα) να γίνεται πιο εύκολα, με μεγαλύτερη απόδοση και σε όσο γίνεται λιγότερο χρόνο. Έτσι, η επιλογή των επιθυμητών χαρακτήρων γίνεται η βάση της οργανωμένης γεωργίας.

Το θαύμα της Μεσοποταμίας

Όμως η κοιτίδα της «σύγχρονης» γεωργίας είναι σίγουρα ο χώρος της Μέσης Ανατολής. Η συστηματική καλλιέργεια της γης εμφανίζεται μαζί με τις πρώτες σταθερά εγκατεστημένες κοινωνικές ομάδες γύρω στα 8000 π.Χ. στη Συρία και την Παλαιστίνη για να επεκταθεί σταδιακά σε όλο το δέλτα του Ευφράτη μέχρι τους ορεινούς όγκους στο ανατολικό Ιράν. Εκεί οι πρώτοι γεωργοί καλλιεργούν το σιτάρι και τη βρώμη, αρχικά στις ζώνες με τις περισσότερες βροχοπτώσεις και αργότερα στις αρδευόμενες εκτάσεις. Οι μεγάλοι ποταμοί, ο Τίγρης και ο Ευφράτης στη Μεσοποταμία και ο Νείλος στην Αίγυπτο, επέτρεψαν την επέκταση της γεωργίας στις άνυδρες περιοχές και δημιούργησαν τα πρώτα τεχνητά αγροσυστήματα τα οποία ήταν εξαρτημένα από μία τουλάχιστο εξωτερική παροχή: το ελεγχόμενο πότισμα.

Οι πρώτοι μεσοποταμιακοί πληθυσμοί φαίνεται ότι εγκαθίστανται στην περιοχή γύρω στο 6000 π.Χ. (στη Χασούνα), έπειτα στη Σαμάρρα (5500) και αργότερα στη Χαλάφ (5000). Μια σημαντική πηγή πληροφοριών είναι τα ευρήματα της κεραμικής τέχνης η οποία σε μεγάλο βαθμό σχετίζεται με το αγροδιατροφικό σύστημα. Πρόκειται για ένα πολιτισμό που ξεκινάει από τις βόρειες επαρχίες του σημερινού Ιράκ, για να καταλήξει σταδιακά στην κοιλάδα που ορίζουν ο Τίγρης και ο Ευφράτης. Η ευρύτητα του εγχειρήματος είναι χωρίς προηγούμενο. Εκατοντάδες χιλιάδες άτομα συρ-

Η συσσωρευτική ιστορία

Το πέρασμα από την εποχή των τροφουσλλεκτών στην οργανωμένη γεωργία απαιτούσε μια κρίσιμη μάζα τεχνολογικών, κοινωνικών και πολιτιστικών προϋποθέσεων η παρουσία των οποίων είναι ταυτόσημη με αυτό που ονομάζουμε επανάσταση. «Όμως, το παράδειγμα της Αμερικής, γράφει ο Λεβύ Στρως στο «Φυλή και Ιστορία, Φυλή και Πολιτισμός, εκδόσεις Πατάκη 2003» δείχνει με πειστικό τρόπο ότι η «συσσωρευτική ιστορία» δεν αποτελεί προνόμιο ενός πολιτισμού ή μιας ιστορικής περιόδου. Αυτή η απέραντη ήπειρος είδε να φτάνουν άνθρωποι, αναμφίβολα κατά μικρές ομάδες νομάδων, που περνούσαν το Βερίγγειο Πορθμό χάρη στους τελευταίους παγετώνες, σε μια χρονολογία που δεν πρέπει να ήταν πολύ προγενέστερη από την εικοστή χιλιετία. Είκοσι ή είκοσι πέντε χιλιάδες χρόνια πριν αυτοί οι άνθρωποι έκαναν μια από τις πιο εκπληκτικές επιδείξεις συσσωρευτικής ιστορίας που γνώρισε ο κόσμος: εξερεύνησαν σε βάθος τους πόρους ενός νέου φυσικού περιβάλλοντος, χρησιμοποίησαν (μαζί με ορισμένα είδη ζώων) τα πιο ποικίλα φυτικά είδη για τη διατροφή τους μαζί με τα φάρμακα και τα δηλητήρια για το κυνήγι. Επιπλέον -πράγμα που δε συνέβη αλλού – έβγαζαν από δηλητηριώδεις ουσίες, όπως το μανιόκ, βασικά διατροφικά προϊόντα, συνέλεξαν διεγερτικές ουσίες ή ναρκωτικά με βάση την επιλεκτική επίδραση που ασκεί καθένα από αυτά πάνω στα ζωικά είδη, ανέπτυξαν, τέλος, κάποιες βιοτεχνίες, όπως την υφαντουργία, την κεραμική και την επεξεργασία πολύτιμων μετάλλων, στον ύψιστο βαθμό τελειότητας. Για να εκτιμήσουμε αυτό το τεράστιο έργο, αρκεί να υπολογίσουμε τη συνεισφορά της Αμερικής στους πολιτισμούς του Παλαιού Κόσμου. Στην πρώτη θέση, η πατάτα, το καουτσούκ και η κοκαΐνη (βάση της σύγχρονης αναισθητικής), που, για διαφορετικούς λόγους αναμφίβολα, αποτελούν τους τέσσερις πυλώνες του δυτικού πολιτισμού. Ακολουθούν το καλαμπόκι και το φιστίκι, που επρόκειτο να προκαλέσουν επανάσταση στην αφρικανική οικονομία προτού ίσως γενικευτούν στις διατροφικές συνήθειες της Ευρώπης, και βέβαια το κακάο, η βανίλια, η ντομάτα, ο ανανάς, η πιπεριά, πολλά είδη φασολιών, βαμβακιού και κολοκυθοειδών».

ρέουν εκεί από διάφορα κέντρα. Το στίγμα όμως το δίνουν οι Σουμέριοι. Αν και δεν ξέρουμε τίποτα, ή σχεδόν τίποτα για τον ασυμβίβαστο και έξυπνο αυτό λαό που βάζει τα θεμέλια του πρώτου γεωργικού πολιτισμού της ανθρωπότητας, είναι σίγουρο ότι δίνει τη δική του ορμή χάρη σ' ένα νέο τύπο παραγωγής, δημιουργό ενός επαναστατικού τρόπου ζωής.

Στην πραγματικότητα, οι Σουμέριοι είχαν εγκατασταθεί σε ακαλλιέργητα και αφιλόξενα εδάφη. Ασφαλώς πλούσια, καμωμένα από προσχώσεις εύκολες στο σκάψιμο και στη σπορά, με καταπληκτική παραγωγικότητα (για ένα σπόρο που φύτευες, μάζενες περισσότερους από ογδόντα) γράφει η Βίβλος, αλλά που πρέπει να αποκτήσουν άμυνες ενάντια στα στάσιμα νερά, στα απέραντα ρουμάνια από βούρλα και καλάμια όπου αφθονούν τα θηράματα του νερού, τα ψάρια και τα άγρια ζώα λέει ο Μπροντέλ. Το κλίμα είναι πάρα πολύ ζεστό, οι βροχές σπάνιες, οι πλημμύρες των ποταμών εξίσου καταστροφικές με την ξηρασία. Σε μια κοίτη υπερυψωμένη από τα δι-

κά τους αποθέματα οι ποταμοί κυλούν πάνω από την κοιλάδα, ανάμεσα σε όχθες που δημιούργησαν οι ίδιοι, αλλά που δεν αρκούν για να συγκρατήσουν το ακανόνιστο ξεχειλισμό τους, συχνά βίαιο, όταν λιώνουν τα χιόνια της Αρμενίας. Τότε το νερό περιπλανιέται μέσα στην πεδιάδα, κάθε κοίλωμα γίνεται έλος. Για να μην επιτρέψουν στην πλημμύρα να παρασύρει τις φυτείες τους, οι πρώτοι άποικοι αναγκάστηκαν να ενισχύσουν τα φυσικά αναχώματα και να σκάψουν κανάλια για να εκτρέψουν προς τις δεξαμενές τα υπερχειλίζοντα νερά τα οποία μετά θα χρησιμοποιήσουν για να ποτίσουν τα ξεραμένα από το καλοκαίρι φυτά.

Βέβαια όλα αυτά απαιτήσαν τρομερή εργασία κάτω από έναν ήλιο που έκαιγε σαν καμίνι, όπως επίσης και αλλεπάλληλες τεχνικές κατακτήσεις για να σκαφτούν τα υπερυψωμένα κανάλια με τις εκχειλίσεις τους, καθώς και για να επεκταθεί όλο και πιο μακριά από τις όχθες του ποταμού το σύστημα των ορυγμάτων άρδευσης. Φαίνεται πως σ' αυτή τη διαδικασία έβαλαν το χέρι τους και οι θεοί. Ο Ένκι, ο θεός-ψάρι της Εριντού, είναι αυτός που αποκάλυψε στους ανθρώπους το μυστικό της κυριαρχίας των υδάτων. Αφού δάμασε το νερό, η Κάτω Μεσοποταμία έγινε ο «Κήπος της Εδέμ», το μέρος που συγκεντρώνονται όλο και πιο πολλοί άνθρωποι, και όπου αφθονούν τα δημητριακά, τα οπωροφόρα δέντρα, το σουσάμι (πηγή φυσικού λαδιού για πολλά χρόνια στην Εγγύς Ανατολή) και το θαύμα των θαυμάτων, το φοινικόδεντρο και οι χουρμάδες του.

Το μακροβιότερο γεωργικό σύστημα

Σε αντίθεση όμως με τους πολιτισμούς της Μεσοποταμίας (Σουμέριοι, Ακκάδες, Βαβυλώνιοι και Ασσύριοι) που σε μεγάλο βαθμό οφείλουν την ιστορική τους διαδρομή στο νερό και την αρδευόμενη γεωργία, το παραγωγικό σύστημα της Αιγύπτου απεδείχθη το μακροβιότερο, αφού διήρκεσε 5000 περίπου χρόνια χωρίς διακοπή. Άντεξε στα μεγάλα κύματα των κατακτητικών επεκτάσεων των Περσών, των Ελλήνων, των Ρωμαίων, των Αράβων και των Τούρκων, άντεξε στην περίοδο της Αποικιοκρατίας, άντεξε στις μεγάλες επιδημίες που αποδεκάτισαν τους πληθυσμούς της. Οι βάσεις της γεωργίας της έμειναν ανέπαφες και μάλιστα με χαρακτηριστικά που σήμερα θα δικαιολογούσαν τον όρο της αειφορικότητας. Άλλωστε η μεγάλη διάρκεια είναι από μόνη της το ισχυρότερο επιχείρημα. Η αναίρεση της αειφορικότητας συνέβη μόλις τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα και οφείλεται στην υποκατάσταση του αρδευτικού συστήματος που αξιοποιούσε τα περιοδικά πλημμυρικά φαινόμενα, από μια εντατική – μηχανική άρδευση σε συνδυασμό με τις μείζονες δημογραφικές αλλαγές (πληθυσμιακή αύξηση, αγροτική έξοδος κτλ.).

Συγκρινόμενα με τις ξαφνικές πλημμύρες του Τίγρη και του Ευφράτη, τα πλημμυρικά φαινόμενα στο Νείλο ήταν πολύ πιο κανονικά, ομαλά και προβλέψιμα. Από παλιά, όπως και σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό από τα νερά του ποταμού προέρχεται από τις ισχυρές βροχές τύπου μουσώνων στα υψίπεδα της Αιθιοπίας. Τα υπόλοιπα φτάνουν στην Αίγυπτο από τον υδροκρίτη του Λευκού Νείλου στην περιοχή της λίμνης της Βικτώριας. Με σχεδόν ημερολογιακή ακρίβεια, ο Νείλος αρχίζει να φουσκώνει στο νότιο μέρος της χώρας στις αρχές Ιουλίου, φτάνει στο στάδιο της πλημμύρας στην περιοχή του Ασσουάν στα μέσα Αυγούστου, για να κατακλύσει το βορειότερο τμήμα της λεκάνης μερικές εβδομάδες αργότερα. Κατά την αιχμή της περιόδου

των πλημμυρών, η στάθμη των νερών που καλύπτουν ολόκληρη τη κοιλάδα του Νείλου φτάνει το 1,5 μ. Καθώς η παροχή αρχίζει να ελαττώνεται στις αρχές Οκτωβρίου, μέχρι το τέλος Νοεμβρίου η πεδιάδα είναι σχεδόν στεγνή. Όμως η γη έχει ήδη ποτιστεί από τα νερά του ποταμού και έχει λιπανθεί από τις φερτές ύλες των ορεινών όγκων της Αιθιοπίας που απλώνονται με τις πλημμύρες στο μεγαλύτερο μέρος των παραγωγικών εκτάσεων. Είναι η εποχή που οι αγρότες φυτεύουν το σάρι και τα άλλα δημητριακά τα οποία μεγαλώνουν κατά τη διάρκεια του ήπιου χειμώνα για να φτάσουν σε μια πλούσια συγκομιδή στο τέλος Απριλίου-αρχές Μαΐου. Τότε τα νερά του ποταμού αγγίζουν το ελάχιστο της παροχής (τροφοδοτούμενα μόνο από τις πηγές του Λευκού Νείλου) και η γη έχει τελείως ξεραθεί. Ξαφνικά όμως και καθώς όλα δείχνουν παραδομένα στον αδυσώπητο ήλιο του Σαχέλ, ο κύκλος ξαναρχίζει. Για τους αρχαίους Αιγύπτιους αυτή ήταν πάντα μια μαγική στιγμή. Ακόμη όμως και σήμερα, στις 17 Ιουνίου, δεν παραλείπουν να γιορτάσουν τη «Νύχτα της Βροχής» όπου το πρώτο δάκρυ τ' ουρανού πέφτει και τα νερά του Νείλου αρχίζουν ν' ανεβαίνουν.

Οι Αιγύπτιοι ασκούσαν ένα είδος διαχείρισης του νερού βασισμένο στη διαδοχική άρδευση των χωραφιών και προσαρμοσμένο στη φυσική διακύμανση της στάθμης του ποταμού. Για το λόγο αυτό κατασκεύαζαν ένα μωσαϊκό από λεκάνες χωρισμένες μεταξύ τους με αναχώματα, άλλα κάθετα και άλλα παράλληλα προς τις όχθες του Νείλου, έτσι ώστε να σχηματίζονται ανεξάρτητα αρδευτικά διαμερίσματα. Στη συνέχεια, και με τη βοήθεια ενός συστήματος καναλιών, μπορούσαν να διοχετεύουν τα νερά της υπερχείλισης από τη μια λεκάνη στην άλλη μέχρις ότου το έδαφος φτάσει στο σημείο του κορεσμού. Το περίσσειμα διοχετευόταν στην παρακάτω λεκάνη, ενώ στην προηγούμενη οι αγρότες άρχιζαν κιόλας να φυτεύουν.

Οι αρχαιολογικές μαρτυρίες οδηγούν εύκολα στο συμπέρασμα ότι το αρδευτικό αυτό σύστημα των αρχαίων Αιγυπτίων ξεκίνησε λίγο πριν από την τρίτη χιλιετηρίδα π.Χ. και διατηρήθηκε, σχεδόν αμετάβλητο, για 1.500 περίπου χρόνια. Γύρω στο 1.500 π.Χ. στο σύστημα με τις λεκάνες προστέθηκε ένα σύστημα άντλησης, εφαρμοζόμενο ήδη στη Μεσοποταμία και γνωστό με τον όρο Shaduf. Η τεχνολογία αυτή επέτρεψε στους γεωργούς να μπορούν να ποτίζουν χωράφια κοντά στις όχθες του ποταμού κατά τη διάρκεια της ξηράς περιόδου και να πετύχουν έτσι μια αύξηση της παραγωγικότητας γύρω στο 15-20%. Κάτι αντίστοιχο συνέβη και το 350 μ.Χ. με την ανακάλυψη του υδραυλικού τροχού. Την εποχή εκείνη η Αίγυπτος βρισκόταν υπό την κυριαρχία των Ρωμαίων και οι συνολικά καλλιεργούμενες εκτάσεις άγγιζαν τα 10 εκ. στρέμματα.

Οι Αιγύπτιοι αγρότες δεν έζησαν τα πολύ ενοχλητικά προβλήματα που μάλιστα (κυριολεκτικά) άλλες ιστορικές αγροτικές κοινωνίες. Η μία σοδειά το χρόνο δεν εξαντλούσε το έδαφος, του οποίου άλλωστε η γονιμότητα εξασφαλιζόταν από τα φερτά υλικά των πλημμυρών σε ετήσια βάση. Κάθε χρόνο και με τρόπο κυκλικό, ένας αριθμός από τις λεκάνες προοριζόταν για τη φύτευση μόνο ψυχανθών, με ειδικό ρόλο την αζωτοδέσμευση και τη βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους. Έτσι, η αγρανάπαιση που σε άλλες περιπτώσεις (όπως π.χ. η Μεσοποταμία) ήταν απαραίτητη, στην κοιλάδα του Νείλου ήταν περιττή. Αν στα παραπάνω προσθέσουμε και μια προχωρημένη τεχνική για την απομάκρυνση των αλάτων μετά το στράγγισμα των νερών, μπορούμε σίγουρα να υποστηρίξουμε πως **η Αίγυπτος γνώρισε το μακροβιότερο σύστημα αειφορικής γεωργίας στον κόσμο.**

Η ευλογία του Νείλου ήταν μεγάλη, αλλά και το κόστος ήταν συχνά υψηλό. Μια χαμηλής στάθμης υπερχείλιση μπορούσε να οδηγήσει στο λιμό, ενώ μια υπερβολική ποσό-



Η τεχνική του Shaduf βασίζεται στην ανύψωση του νερού από το κανάλι μέσω ενός μοχλού με αντίβαρο. Πηγή: Wayne School of Engineering.

αχείρισης. Η κεντρική κυβέρνηση επέβαλε μια φορολογία της τάξης του 15-20% πάνω στη σοδειά, όμως οι αποφάσεις λαμβάνονταν σε τοπικό επίπεδο, όπως τοπικά επιλύονταν τα προβλήματα τα σχετικά με τη συντήρηση ή/και την ανανέωση των δικτύων. Επιπλέον, το όλο σύστημα δεν στηριζόταν στην ύπαρξη πολυπληθούς εργατικού δυναμικού. Είναι ένας από τους λόγους που οι κατά καιρούς επιδρομές των κατακτητών οι οποίοι αποδεκάτιζαν τον πληθυσμό της χώρας, στην ουσία δεν έθιγαν τις αρδευτικές υποδομές ώστε να οδηγήσουν τις τοπικές οικονομίες σε οριστική κατάρρευση, όπως συνέβη σε άλλες ιστορικές κοινωνίες. Μετά την κρίση ακολουθούσε η ανάκαμψη, αφού η παραγωγική βάση δεν είχε καταστραφεί. Οι περιφερειακές δομές της εξουσίας είχαν επίσης αποφασιστικό ρόλο, κυρίως στην αναδιανομή των αποθεμάτων κατά τις περιόδους των λιμών. Από τα πρώιμα κιόλας χρόνια του Αιγυπτιακού πολιτισμού, τα ποταμόπλοια διέτρεχαν το Νείλο μεταφέροντας σιτηρά από το ένα διαμέρισμα στο άλλο. Σ' αυτό βοηθούσε και η αποθήκευση των πλεονασμάτων σε κεντρικές αποθήκες, αλλά και η κοινωνική οργάνωση όπου προεξάρχουσα ήταν η ανάμιξη της εκκλησίας.

Συμπερασματικά, **το Αιγυπτιακό σύστημα της αρδευόμενης γεωργίας, βασισμένο στην κατά ευφυή τρόπο αξιοποίηση ενός ανανεώσιμου πόρου, απεδείχθη το πιο σταθερό από οικολογική, οικονομική, κοινωνική, πολιτική και θεσμική άποψη απ' οποιοδήποτε άλλο σύστημα ελεγχόμενης γεωργικής παραγωγής στην ιστορία της ανθρωπότητας.** Αν και δεν τα κατάφερε πάντοτε να σώσει τον πληθυσμό από τις μεγάλες σιτοδείες, πέτυχε ένα μοναδικό ρεκόρ: τη συνεχή καλλιέργεια στον ίδιο τόπο για 5000 χρόνια.

Τα ζώα: τροφή και μηχανές

Παράλληλα με τη γεωργία, η κτηνοτροφία προσφέρεται από πολύ νωρίς για την συμπλήρωση του διατροφικού διαιτολόγιου των ανθρώπων. Το εντατικό κυνήγι στο τέ-

τητα νερού μπορούσε να καταστρέψει τα αναχώματα και τα υδραυλικά έργα. Η στενή αυτή εξάρτηση της γεωργικής παραγωγής από την ποσότητα των νερών οδήγησε τους Αιγύπτιους στην εγκατάσταση ενός συστήματος μέτρησης της στάθμης του ποταμού σε διάφορα σημεία της χώρας. Με βάση τα στοιχεία των μετρήσεων και τα δεδομένα των προηγούμενων ετών, οι αγρότες ήταν σε θέση να προβλέπουν την εξέλιξη του υδρολογικού καθεστώτος και επομένως να μετριάσουν τις πιθανές αρνητικές συνέπειες.

Αν και δεν έχει πλήρως αποδειχθεί, ένα μεγάλο μέρος του μυστικού της επιτυχίας των Αιγυπτίων οφείλεται στο αποκεντρωμένο σύστημα δι-

λος της Παλαιολιθικής εποχής, στον περιορισμένο χώρο των κοινοτήτων που βρίσκονται στη διαδικασία της μόνιμης εγκατάστασης, ελαττώνει σταδιακά τα θηράματα και η ιδέα της διατήρησης εξημερωμένων ειδών κάνει την εμφάνισή της. Στην αρχή, η κτηνοτροφία δεν ήταν παρά μια πρακτική των νομαδικών πληθυσμών και συνίστατο στην επιλεκτική σφαγή προκειμένου να εξισορροπηθεί το αναπαραγωγικό δυναμικό του κοπαδιού. Ήδη, αυτή η στρατηγική είναι διαφορετική απ' αυτήν του ανθρώπου – κυνηγού.

Η πραγματική όμως κτηνοτροφία αρχίζει από τη στιγμή που ο άνθρωπος παρεμβαίνει στη διαδικασία της αναπαραγωγής των ζώων τροποποιώντας τις συνθήκες που κυβερνούν την άγρια ζωή. Τα περισσότερα απ' αυτά τα ζώα ανήκουν στην κατηγορία των μηρυκαστικών. Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη τεσσάρων χωριστών θαλάμων στο στομάχι τους και η ικανότητά τους να μετατρέπουν με τη βοήθεια βακτηριδίων τον ξυλώδη ιστό των φυτών σε πρωτεΐνες και λίπη. Με τον τρόπο αυτό τα μηρυκαστικά μετασχηματίζουν την άφθονη στον φυσικό κόσμο κυτταρίνη – που δεν μπορεί να απομοιώσει ο ανθρώπινος οργανισμός – σε τροφή και μάλιστα ανώτερης μορφής.

Όμως η κτηνοτροφία δεν είχε ανέκαθεν ως μοναδικό προσορισμό την παραγωγή διατροφικών προϊόντων. Κάθε άλλο μάλιστα. Στα πρώτα στάδια της εξέλιξης των ανθρώπινων κοινωνιών, τα κατοικίδια ζώα έχουν ως βασική τους αποστολή την αντικατάσταση της ανθρώπινης εργασίας και δευτερευόντως την εξασφάλιση της ζωϊκής πρωτεΐνης, για την οποία άλλωστε φροντίζουν κατά κύριο λόγο οι κυνηγοί. Η επιστράτευση των ζώων για την αξιοποίηση της μυϊκής τους δύναμης ξεκινάει από πολύ παλιά, από την τέταρτη χιλιετηρίδα π.Χ. Από την εποχή εκείνη μέχρι τις μέρες μας, 21 είδη ζώων έχουν μπει στην παραγωγή για να δουλεύουν τα γεωργικά εργαλεία (κυρίως όμως το άροτρο και τη σβάρνα), για να μεταφέρουν προϊόντα και ανθρώπους, για να σέρνουν τους μεγάλους κορμούς δέντρων από τα δάση ή ογκόλιθους από τα λατομεία, για να κινούν τις αντλίες των νερόμυλων. Μερικά από τα ζώα αυτά αντέχουν σε εξαιρετικά δύσκολες συνθήκες: το εμπόριο του σταριού και του αλατιού στο υψόμετρο των 4.000 του ορεινού όγκου των Ιμαλαΐων δεν θα ήταν δυνατόν χωρίς το γιακ, ένα ζώο μοναδικής αντοχής, παντός καιρού και παντός εδάφους.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η γεωγραφική εξάπλωση των πρώτων κοπαδιών, που συνδέεται με την ιστορία των πολιτισμών και την ιστορία των κατακτήσεων. Στον Παλαιό Κόσμο η κυριαρχία της καμήλας είναι αδιαμφισβήτητη. Εξυπηρετεί μια τεράστια ζώνη από τις ερήμους του Σαχέλ και του Γκόμπι, ως την Ανατολία και τα Βαλκάνια. Κάποια στιγμή, τα καραβάνια με τα σκληροτράχηλα αυτά ζώα φτάνουν ως τη μεροβιγγιανική Γαλατία και αργότερα συνοδεύουν τον τουρκικό στρατό στην πολιορκία της Βιέννης το 1529. Στην άλλη άκρη έχουν κατακτήσει την αχανή Κίνα και την κεντροδυτική Ασία, κυρίως ως μεταφορείς μεγάλων αποστάσεων, δίνοντας πνοή σ' έναν αρκετά εφευρετικό πρώιμο καπιταλισμό. Το βόδι αντίστοιχα διαδίδεται σε όλο τον Παλαιό Κόσμο και το σταματά μόνο το Σιβηρικό δάσος στο Βορρά και το τροπικό δάσος της Αφρικής στο Νότο, εκεί όπου αρχίζει το βασίλειο της μύγας τσετσε. Το συναντάμε κατά κόρον στην Ινδία, τότε ζευγμένο στο αλέτρι και τότε να το ιππεύει ένας πολεμιστής, αλλά το πιο εντυπωσιακό είναι τα τεράστια κοπάδια από εφοδιοπομπές που φτάνουν και τα 10.000 ζώα κουβαλώντας το σιτάρι και το ρύζι από τη μια άκρη της χώρας ως την άλλη, αν και σύμφωνα με τους κατά καιρούς ταξιδιώτες, τρέφονται άσχημα και δεν στεγάζονται ποτέ. Στην Ευρώπη τα βόδια είναι συνηθισμένο θέαμα ακόμη και μέχρι τα μέσα του 20ου αιώνα με βασικό ανταγωνιστή το άλογο και το γαϊδούρι στη νοτιοανατολική πλευρά της Μεσογείου.

Στην νότια Αμερική, η μόνη κληρονομιά του παλαιού καθεστώτος είναι το λάμα και το γκουανάκο (πρόγονος του λάμα) ζώα ικανά να προσαρμοστούν στον αραιό αέρα των Άνδεων, αλλά κακοί μεταφορείς. Τα βόδια, τα πρόβατα, τα γίδια, τα άλογα, οι σκύλοι και τα πουλερικά ήρθαν από την Ευρώπη. Σημαντικότατο μερίδιο στην οικονομική ζωή αποκτούν επίσης τα μουλάρια, των οποίων τα ηχηρά κουδούνια κάνουν εντύπωση στον Χούμπολντ όταν επισκέπτεται τη Νέα Ισπανία και σημειώνει το πόσο απαραίτητα αποδεικνύονται για το εμπόριο του καλαμποκάλευρου, χωρίς το οποίο καμιά πόλη και κυρίως το πλουσιότατο Μεξικό δεν θα μπορούσε να ζήσει. Όπως παραθέτει ο Μπροντέλ (*Υλικός Πολιτισμός, Οικονομία και Καπιταλισμός 15ος-18ος Αιώνας*) το 1776 στο απέραντο βασίλειο του Περού 500.000 μουλάρια χρησιμοποιούνται για τις εμπορικές μεταφορές στα παράλια ή στις Άνδεις ή και ως υποζύγια στις άμαξες της Λίμας. Τα ζώα έρχονται από το Νότο, από την πάμπα της Αργεντινής. Εκεί, επιτηρούμενα από μακριά μεγαλώνουν σε άγρια κατάσταση και κατόπιν έφιπποι *peones* τα σπρώχνουν προς Βορράν όπου και αρχίζουν να τα δαμάζουν με σκληρότητα. Την εποχή εκείνη τα μουλάρια και οι (μαύροι) δούλοι πουλιούνται στις ίδιες αγορές, με μόνη τη διαφορά ότι ο δούλος στοιχίζει είκοσι φορές περισσότερο.

Σήμερα υπολογίζεται ότι πάνω από 400 εκ. ζώα βρίσκονται στην υπηρεσία των ανθρώπων, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Απ' αυτά, 300 εκ. είναι βοοειδή, 80 εκ. ανήκουν στα ιπποειδή και 20 εκ. στις υπόλοιπες κατηγορίες. Το 50% από τα υποζύγια αυτά χρησιμοποιούνται για τις γεωργικές εργασίες, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 27,5% της απαιτούμενης ενέργειας για τη γεωργία. Ένα εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό (65,5%) της ενέργειας αντλείται απ' την ανθρώπινη εργασία και μόνο το 7,16% από τα μηχανοκίνητα μέσα! Από την ανάγνωση και μόνο των παραπάνω ποσοστών, προκύπτει εύκολα το συμπέρασμα ότι **η ζωϊκή έλξη είναι αναπόσπαστο κομμάτι ενός αρχαϊκού μεν, αλλά εξαιρετικά διαδεδομένου ακόμη, τρόπου παραγωγής στον πρωτογενή τομέα της οικονομίας**. Επιπλέον, αποτελεί μια – εκ των πραγμάτων – μορφή προσαρμοσμένης τεχνολογίας, που απαιτεί ελάχιστες εισροές και έχει πολλαπλά οφέλη για το γεωργικό περιβάλλον. Τα ζώα του αγρού, εκτός του ότι παράγουν την κοπριά (ένα πολύτιμο και φυσικό λίπασμα) την ανακατεύουν κιόλας με το χώμα. Αποτελούν κυρίως ένα από τα σημαντικότερα κεφάλαια των οικογενειακών εκμεταλλεύσεων που δεν υπόκεινται στους περιορισμούς των υπόλοιπων συντελεστών της παραγωγής – δάνεια, μηχανές, φάρμακα, πετρέλαιο, γενετικό υλικό. Δεν είναι λοιπόν παράδοξο το γεγονός ότι η ζωϊκή έλξη αναβιώνει σε αρκετές χώρες, μετά την σχετική αποτυχία της εκμηχάνισης. Πολλοί νέοι αγρότες την εντάσσουν στα προγράμματα αειφορικής (οργανικής ή βιολογικής) γεωργίας και αρκετά δίκτυα ακτιβιστών την προβάλλουν και την υποστηρίζουν (δες για παράδειγμα το Animal Traction Network).

Η πράσινη επανάσταση

Όλα ξεκίνησαν στη δεκαετία του 40, όταν ένας νεαρός και φιλόδοξος γεωπόνος, ο Νόρμαν Μπόρλαου με τη χρηματοδότηση του ιδρύματος Ροκφέλερ, ξεκίνησε τα πειράματά του στο Μεξικό. Η αποστολή του ήταν να μελετήσει τις καινούργιες ποικιλίες του σταριού και να παρακολουθήσει την εξέλιξή τους σε αγρούς που βρίσκονταν κάτω από πολύ διαφορετικές συνθήκες. Πριν από την επιχείρησή αυτή, είχε προηγηθεί η μεταφορά στις ΗΠΑ από τον αγρονόμο Σεσίλ Σάλμον 16 ποικιλιών κοντού στα-

ριού από την Ιαπωνία τις οποίες ο Μπόρλαου σκέφτηκε να διασταυρώσει με τοπικές μεξικάνικες ποικιλίες ώστε να συνθέσει τις δύο ιδιότητες: την υψηλή παραγωγικότητα και την προσαρμοστικότητα στο νέο περιβάλλον.

Ύστερα από 20 χρόνια προσπαθειών, τα αποτελέσματα ήταν θεαματικά. Το κοινό υβρίδιο αποδείχθηκε αρκετά ανθεκτικό, αλλά το μεγαλύτερό του προσόν ήταν πως έδινε διπλάσιες και τριπλάσιες αποδόσεις. Ο λόγος ήταν απλός. Τα νέα φυτά κατανάλωναν πολύ λιγότερη ενέργεια για την ανάπτυξη του κορμού (στάχυ) και την απέδιδαν στον καρπό. Σήμερα, με την πρόοδο της γενετικής μηχανικής, απομονώθηκε και το γονίδιο που προκαλεί ή επιβραδύνει την ανάπτυξη. Το όνομά του είναι *Gai* και όπως ήταν αναμενόμενο έχει εντοπισθεί και σ' άλλα φυτά όπως το αμπέλι και το βαμβάκι. Ο ρόλος του συνίσταται στην παραγωγή της ορμόνης γιββερελίνης που είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο του ύψους και την αρχιτεκτονική των φυτών.

Το 1960 το πρόγραμμα μεταφέρεται στο Πακιστάν και την Ινδία. Οι ντόπιοι αγρότες εκπαιδεύονται γρήγορα στην καλλιέργεια των νέων ποικιλιών και σε λίγο καιρό μετρούν τ' αποτελέσματα. Στο Πακιστάν η παραγωγή από τα 4,6 εκ. τόνους το 1965 περνάει στα 8,4 εκ. το 1970, ενώ στην Ινδία από τα 12,3 στα 20. Το 1968, όταν ο υπεύθυνος του Αμερικανικού Οργανισμού για την Διεθνή Ανάπτυξη (USAID) συνέταξε την έκθεσή του προς το Κογκρέσο σχετικά με τις επιτυχίες στην Ινδία και το Πακιστάν, δεν έκρυψε τον ενθουσιασμό του γράφοντας «μα αυτό είναι μια αληθινή επανάσταση. Μια πράσινη επανάσταση». Από τότε ο όρος έκανε τη δική του διαδρομή, τόσο στους αγρούς όσο και στη σχετική φιλολογία. Ο ίδιος ο Μπόρλαου τιμήθηκε το 1975 με το Νόμπελ της Ειρήνης. Σύμφωνα με τα πιστεύω της εποχής, η συμβολή στη διαδικασία της ανάπτυξης (και της αντιμετώπισης της πείνας) ήταν ταυτόσημη με την υπεράσπιση της ειρήνης.

Με την μεγάλη έκρηξη που δημιούργησαν τα διεθνή κέντρα γεωργικής έρευνας, χρηματοδοτούμενα κατά κύριο λόγο από τα ιδρύματα του Φορντ και του Ροκφέλλερ, οι νέοι θαυματουργοί σπόροι εξαπλώθηκαν γρήγορα σ' ολόκληρη τη νοτιο-ανατολική Ασία. Μετά το σιτάρι ήρθε η σειρά του ριζιού και του καλαμποκιού. Από τη δεκαετία του 70, το νέο πολλαπλασιαστικό υλικό, συνοδευόμενο από μεγάλες ποσότητες χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων – και εν πολλοίς αρδευτικών συστημάτων – αντικατέστησε το μεγαλύτερο μέρος των παραδοσιακών ποικιλιών στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στη δεκαετία του 90, σχεδόν το 75% του ριζιού που καλλιεργείται στην Ασία προέρχεται από τα νέα τεχνολογικά πακέτα, ενώ ένα ποσοστό της τάξεως του 50% καταγράφεται και για το σιτάρι σε παγκόσμια κλίμακα, συμπεριλαμβανομένης και της Λατινικής Αμερικής.

Μπορεί η Πράσινη Επανάσταση να έφερε τις θεαματικές αποδόσεις καθώς η παγκόσμια παραγωγή αγροτικών προϊόντων προχώρησε με ρυθμούς ταχύτερους από την πληθυσμιακή αύξηση για μια ολόκληρη 25ετία (1960-1985), αλλά ποιές ήταν άραγε οι δευτερογενείς συνέπειες; Καταστροφικές θα τις χαρακτηρίσει ο Μιχάλης Μοδινός στο βιβλίο του «Από την Εδέμ στο Καθαρτήριο – η Γεωγραφία της Υπανάπτυξης» τουλάχιστον για ένα μεγάλο κομμάτι του παγκόσμιου πληθυσμού. Η αύξηση της παραγωγής δεν κατανεμήθηκε ομοιόμορφα σε όλο τον πλανήτη, διαπιστώνει ο Μ.Μ. Αντίθετα μάλιστα ενέτεινε τις ανισότητες και έσπρωξε μεγάλες μάζες κάτω από το όριο της διατροφικής φτώχειας. *Οι μέσοι όροι*, σημειώνει, δεν περιγράφουν ακριβώς την πραγματικότητα και συσκοτίζουν την εικόνα. Τα αποτελέσματα της πράσινης επανάστασης περιορίστηκαν σε ένα πολύ μικρό αριθμό χωρών (Ινδία, Πακί-

σταν, Ινδονησία, Φιλιππίνες, Τουρκία και εν μέρει Ελλάδα) ενώ πολλές άλλες εξωθήθηκαν στο χρέος και στην εξάρτηση. Αυτό ήταν εν μέρει φυσικό και αναμενόμενο αφού το μεγαλύτερο μέρος των εισροών (ενέργεια, χημικά και πολλαπλασιαστικό υλικό) δεν παράγονταν στις αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά στις χώρες του Βορρά. Εκείνο όμως που χαρακτηρίζει κυρίως την αλλαγή στον τρόπο παραγωγής κατά τον Μ.Μ. είναι η μετάβαση από τα ενδοστρεφή και εν πολλοίς αυτόρρηξη συστήματα, στα εξωστρεφή και εξαγωγικά. Σε πολλές χώρες του Σαχέλ η καλλιέργεια του φυσιτικού ξεπέρασε το 50% των διαθέσιμων εκτάσεων και το μπαμπάκι (που δεν τρώγεται) έχει υποκαταστήσει την ανθρώπινη εργασία με τις μηχανές και έχει υποβαθμίσει το περιβάλλον. Στη νήσο Μορίσιους, που εισάγει το 90% των αναγκών της σε τρόφιμα, το 83% των εδαφών καλύπτονται από ζαχαροκάλαμο που προορίζεται κατά 99% για εξαγωγή. Ο νέος αυτός καταμερισμός της παγκοσμιοποιημένης γεωργίας, στην οποία τον πρώτο λόγο έχουν οι οικονομικοί συντελεστές, δεν μπορεί να προστατεύσει τις τοπικές κοινωνίες από τους κλυδωνισμούς, ούτε τις αστοχίες του συστήματος. Η επανεμφάνιση των λιμών, ήταν ο αναπόφευκτος επίλογος.

Για τον Γάλλο ιστορικό της επιστήμης Ζαν Πωλ Ντελεάζ, η Πράσινη Επανάσταση αποδεικνύεται πολύ συχνά ανίκανη να θρέψει κανονικά τους ανθρώπους, και όταν το κάνει το τίμημα είναι πολύ βαρύ. *«Η μείωση της ειδικής και της γενετικής βιοποικιλότητας, γράφει, γίνεται με τρόπο ακαριαίο. Κατά τη διάρκεια των αιώνων οι γεωργοί κατάφεραν με την επιλογή να δημιουργήσουν νέες τοπικές ποικιλίες και να πλουτίσουν το γενετικό τους υλικό. Με τη μονοκαλλιέργεια μιας και μόνο ποικιλίας σπόρου και με την ομογενοποίηση του ζωϊκού κεφαλαίου, παράγεται ακριβώς το αντίθετο αποτέλεσμα μέσα σε μία μόνο γενιά. Η σπατάλη αυτή της γενετικής ποικιλότητας και η τρωτότητα των καλλιεργειών ήταν το τεράστιο κόστος μιας πολιτικής σχεδιασμένης από τις πολυεθνικές αγροβιομηχανίες με ένα σοβαρό διακύβευμα: τον έλεγχο μιας αγοράς 100 δις δολαρίων με ετήσιο ρυθμό αύξησης γύρω στο 2%»⁹³.*

Το Διεθνές Ινστιτούτο Έρευνας για το Ρύζι (IRRI) ιδρύθηκε το 1960 στις Φιλιππίνες για την προώθηση της εντατικής γεωργίας. Σήμερα αποτελεί μέλος ενός ευρύτερου ομίλου (CGIAR) στον οποίο συμμετέχουν η Διεθνής Τράπεζα, 34 κυβερνήσεις και 25 ερευνητικά κέντρα. Μια από τις πρώτες ενέργειες του IRRI ήταν να παρασκευάσει σπόρους ρυζιού οι οποίοι θα μπορούσαν να συνδυαστούν με την παροχή μεγαλύτερων δόσεων από λιπάσματα. Πράγματι, οι νέες ποικιλίες μπορούσαν να αφομοιώσουν πολύ καλύτερα την περίσσεια αζώτου απ' ό,τι οι παραδοσιακές και ήταν λιγότερο ευαίσθητες στην αλλαγή του φωτός (και επομένως στη διάρκεια της ημέρας). Με άλλα λόγια, οι αγρότες μπορούσαν να φυτεύουν όλο το χρόνο και όχι σε ορισμένες μόνο εποχές. Το 1966 το IRRI εισήγαγε ένα νέο σπόρο που ονομάστηκε Ποικιλία Υψηλής Απόδοσης και έφερε τον κωδικό IR8. Το υβρίδιο επωλείτο «πακέτο» μαζί το αντίστοιχο συνθετικό λίπασμα. Τα φυτοφάρμακα ήρθαν λίγο αργότερα, καθώς η νέα ποικιλία ήταν πολύ πιο ευαίσθητη σε ασθένειες και βιολογικής προέλευσης προσβολές. Όταν το IR8 προσβλήθηκε από τον ιό ονόματι «τάγγκρο», το IRRI είχε ήδη έτοιμες τις επόμενες ποικιλίες που έριξε αμέσως στην αγορά. Αυτό επαναλήφθηκε αρκετές φορές. Παρ' όλ' αυτά, η νέα τεχνολογία κυριάρχησε μέσα σε λίγα χρόνια σε ολόκληρη τη νοτιο-ανατολική Ασία.

93. Jean Paul Deleage, *Histoire de l' Ecologie, La Decouverte, 1991.*

Η ανατροφοδοτούμενη αυτή απαίτηση για νέες και όλο και περισσότερες χημικές εισροές, ήταν από τα βασικά χαρακτηριστικά της Πράσινης Επανάστασης. Καθώς όμως οι μικροί αγρότες δεν ήταν σε θέση να τα αγοράσουν, ήταν αναγκασμένοι να δανειστούν. Σε αρκετές περιπτώσεις τα δάνεια αυτά ήταν επιδοτούμενα από τις κρατικές τράπεζες, όσοι όμως δεν είχαν το δικαίωμα να ενταχθούν σε αυτά τα προγράμματα κατέφευγαν για δανεισμό στον ιδιωτικό τομέα και στους τοκογλύφους. Στις περιπτώσεις αυτές, λόγω των πολύ υψηλών επιτοκίων, το κέρδος από τη συγκομιδή μηδενιζόταν και η γεωργική πρακτική γινόταν ένας αγώνας δρόμου για την εξόφληση των δανείων και την πληρωμή των τόκων. Με τον καιρό η κατάσταση αυτή οδήγησε σε μια πλήρη εξάρτηση των αγροτικών εκμεταλλεύσεων από το χρηματοπιστωτικό σύστημα και τους εμπόρους και όσοι δεν τα κατάφεραν έχαναν τη γη τους.

Από τη μεριά της, η χημική βιομηχανία υποστήριζε ότι η αύξηση των αποδόσεων δεν ήταν δυνατή χωρίς τη συνδρομή των δικών της προϊόντων. Οι κυβερνητικοί παράγοντες τις περισσότερες φορές ευθυγραμμίζονταν με αυτή τη λογική. Έτσι οδηγηθήκαμε σε μια κατάσταση όπου οι αγρότες έπαψαν να ενδιαφέρονται για τις γενετικές βελτιώσεις στον αγρό και εγκατέλειψαν κάθε παραδοσιακή πρακτική. Άλλωστε και οι ίδιοι οι ιθύνοντες στα υπουργεία θεωρούσαν άσκοπη κάθε προσπάθεια για εναλλακτικές μεθόδους, πράγμα που είχε την αντίστοιχη αντανάκλαση στις χρηματοδοτήσεις για την έρευνα. Η εντατική γεωργία έγινε έτσι το μοναδικό παράδειγμα.

Η επίπλαστη επιτυχία της Πράσινης Επανάστασης δεν κράτησε ούτε δυο δεκαετίες. Παρά την υποστήριξη των κυβερνήσεων και των διακρατικών οργανισμών, άρχισε να υποχωρεί υπό το βάρος μιας έντονης κοινωνικής και οικολογικής κριτικής. Από τα τέλη της δεκαετίας του 80, οι ίδιοι οι επιστήμονες του IRRI άρχισαν να αναγνωρίζουν τα προβλήματα που δημιουργούσε η ανεξέλεγκτη χρήση φυτοφαρμάκων, καθώς και η πρωιούσα μείωση της γονιμότητας των εδαφών. Σήμερα, οι περισσότεροι απ' αυτούς έχουν υιοθετήσει την θέση πως **οι παρενέργειες μιας κακής τεχνολογίας δεν μπορούν να αναιρεθούν με την επιστράτευση ακόμη περισσότερης τεχνολογίας**. Οι ιδέες της ολοκληρωμένης και ολιστικής προσέγγισης κερδίζουν έδαφος.

Όμως, το σοβαρότερο πλήγμα στο βασίλειο της Πράσινης Επανάστασης ήρθε από την ευρεία δημοσιότητα που δόθηκε για τις αρνητικές επιπτώσεις των φυτοφαρμάκων στην υγεία των αγροτών και των αγροεργατών. Πολλές από τις καινοφανείς ασθένειες του δεύτερου μισού του 20ου αιώνα άρχισαν να αποδίδονται στη χημική γεωργία και οι πρώτες επιδημιολογικές μελέτες επιβεβαίωσαν τις υποψίες. Βέβαια όπως αναφέρεται σε έκθεση της ΠΟΥ⁹⁴ (2008) η κατάσταση στις βιομηχανοποιημένες χώρες έχει βελτιωθεί ως αποτέλεσμα των περιορισμών στη χρήση των φυτοφαρμάκων με υψηλή τοξικότητα. Δεν ισχύει όμως το ίδιο για τις αναπτυσσόμενες χώρες, που ιδιαίτερα λόγω των κακών συνθηκών συντήρησης και αποθήκευσης, η έκθεση και οι κίνδυνοι από αυτοδηλητηριάσεις είναι ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα. Ενδεικτικά αναφέρονται οι περιπτώσεις της Κίνας και της Σρι Λάνκα με μέσο όρο θυμάτων 200 άτομα ανά 100.000 κατοίκους.

Σε ότι αφορά στη συσχέτιση της χρήσης των φυτοφαρμάκων με νεοπλασίες ή ασθένειες του νευρικού συστήματος (π.χ. Πάρκινσον) οι επιδημιολογικές έρευνες είναι μάλλον αντιφατικές και οπωσδήποτε ανεπαρκείς. Σημειώνεται πάντως ότι πολλά

94. *Bulletin of the World Health Organization*, Vol 86, No 3, 2008.

περιστατικά ασθενειών δεν φτάνουν στις υπηρεσίες υγείας ή δεν ανακοινώνονται ως τέτοια, αφού τα συμπτώματά τους είναι κοινά με καρδιαγγειακά νοσήματα, με καρκί-
νους του αναπνευστικού, με επιληψίες και εγκεφαλικά.

Ένα γονίδιο κατηγορείται

*Αν και τα κοντά σιτηρά και οι υψηλές αποδόσεις τους χόρτασαν τον τότε κό-
σμο των 2 δισεκατομμυρίων εξασφαλίζοντας συνεχώς φθηνότερο σάρι, ρύζι και
κριθάρι, συνοδευτήκαν ατυχώς από σειρά προβλημάτων, τα οποία σε συνδυα-
σμό με πληθώρα λανθασμένων αγροτικών πολιτικών παγκοσμίως (με προεξάρ-
χουσες τις επιδοτήσεις) οδήγησαν τη γεωργία στα σημερινά αδιέξοδα. Πιο συ-
γκεκριμένα, οι γεωργοί, που ενδιαφέρονται κυρίως για τις αποδόσεις, υιοθέτη-
σαν γρήγορα τις νέες ποικιλίες για να εξασφαλίσουν στην αρχή τροφή και αργό-
τερα υψηλότερα εισοδήματα. Στα ξηρικά χωράφια όπου οι γεωργοί συνήθιζαν
στην ενεργητική εναλλαγή καλλιεργειών (αμειψισπορά) σπέρνοντας κυρίως τη
μία χρονιά σιτηρά και την επόμενη ψυχανθή (π.χ. φακές, φασόλια, τα οποία εί-
χαν την ίδια περίπου απόδοση ή εισόδημα) άρχισε η ζημιογόνος μονοκαλλιέρ-
γεια σιτηρών που έδιναν πλέον πολύ μεγαλύτερες αποδόσεις. Αντί λοιπόν οι επι-
δοτήσεις να έχουν στραφεί προς τα χαμηλοαποδοτικά ψυχανθή προκειμένου να
υποστηριχθεί η αμειψισπορά, ώσπου να βελτιωθεί και η δική τους απόδοση, επι-
δοτήθηκαν τα σιτηρά! Τα ψυχανθή σχεδόν εξαφανίστηκαν από την Ευρώπη ενώ
τα σιτηρά επεκτάθηκαν και στα γόνιμα χωράφια, ακόμη και στα αρδευόμενα,
πολλαπλασιάζοντας τις αποδόσεις. Μάλιστα με την έλευσή τους τα χημικά λιπά-
σματα χρησιμοποιήθηκαν αφειδώς, αφού τα φυτά δεν πλάγιαζαν από το γόνιμο
χωράφι ή τη γονιμότητα του λιπάσματος. Οι επιδοτήσεις των λιπασμάτων χειρο-
τέρεψαν κατά πολύ την κατάσταση. Η μονοκαλλιέργεια σιτηρών και η εγκατά-
λειψη της αμειψισποράς στα ξηρικά ή και στα αδενόμενα χωράφια έφεραν τις
αρρώστιες, τα έντομα και τα ζιζάνια στα σταροχώρα και έτσι ήλθαν και τα
φυτοφάρμακα. Πολλοί που δεν θέλουν να καντηριάσουν αυτές τις λανθασμέ-
νες πολιτικές κατηγορούν το γονίδιο της Πράσινης Επανάστασης για τα προ-
βλήματα της γεωργίας. Χτυπούν το σαμάρι γιατί δεν θέλουν να χτυπήσουν τον
γάιδαρο. Το γεγονός ότι ένας σπόρος έχει βελτιωμένο δυναμικό παραγωγής δεν
σημαίνει καθόλου πως πρέπει να επιδοτείται η σπατάλη λιπάσματος. Υπάρχει
όμως και μια πολύ δικαιολογημένη κατηγορία εναντίον του γονιδίου: υποβάθ-
μισε λένε οι επικριτές την ποιότητα στο σιτάρι, στο παραγόμενο αλεύρι και τε-
λικά στο ψωμί. Πράγματι, οι υψηλοαποδοτικές ποικιλίες μπορεί να παράγουν
πολύ καρπό στη ζυγαριά και πολύ άμυλο, όμως συνήθως τα υπόλοιπα συστα-
τικά του καρπού δεν ακολουθούν τις αναλογίες, και το αλεύρι έχει λιγότερες ή
κατώτερες ποιοτικά πρωτεΐνες, ιχνοστοιχεία, βιταμίνες κ.ά. Ήταν βέβαια ευ-
θύνη των βελτιωτών να φροντίσουν για το ανέβασμα του ποσοστού των συστατι-
κών αυτών, κάτι που άρχισε να γίνεται, αλλά απαιτήθηκε και θα απαιτηθεί πο-
λύς χρόνος για να ολοκληρωθεί, καθώς εμπλέκονται πολύ περισσότερα γονίδια.*

*Αθανάσιος Τσαντάρης (Καθηγητής Γενετικής στο Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης), Εφημερίδα «Το Βήμα», 19 Οκτωβρίου 2003*

Προς αναζήτηση νέων εδαφών

Αν παρατηρήσει κανείς προσεκτικά τις χαρτογραφήσεις από δορυφόρους με τις μετατροπές στις χρήσεις γης, θα διαπιστώσει εύκολα πως ένα μεγάλο μέρος της επιφάνειας του πλανήτη έχει χάσει τη φυσικότητά του και τα στοιχεία της ανθρώπινης παρέμβασης είναι εμφανή. Οι αδιατάρακτες περιοχές περιορίζονται στην αρκτική ζώνη, την κεντρική Αμαζονία και τα υψίπεδα του Θιβέτ. Η γεωργία έχει συμβάλει σημαντικά σε αυτό τον μετασχηματισμό καταλαμβάνοντας το 11% του συνόλου των χερσαίων χρήσεων, πράγμα που δικαιολογεί το χαρακτηρισμό της ως ανθρωπογενούς μεγακοινότητας. Στην κατανομή αυτή να σημειώσουμε επίσης το μεγάλο ποσοστό της Ευρώπης (30%) όπως επίσης και το ελάχιστο 6% της Αυστραλίας. Από τους χάρτες προκύπτει ακόμη ότι τα εναπομένοντα παραγωγικά εδάφη είναι οριακά (εκτός κι αν συνεχιστεί η αποδάσωση, ιδιαίτερα στη ζώνη των τροπικών).

Καθώς όμως ο πληθυσμός της Γης αναμένεται να διπλασιαστεί σε διάστημα λιγότερο από έναν αιώνα, το πρόβλημα της διατροφικής επάρκειας ανακύπτει οξύ, κυρίως εξαιτίας της ήδη διαφαινόμενης πτώσης της παραγωγικότητας σε ένα μεγάλο μέρος των εντατικά καλλιεργούμενων εδαφών. Έτσι, οι βασικές πίστεις που αυτή τη στιγμή διαφαίνονται (πέρα από τον έλεγχο των γεννήσεων) είναι η αναζήτηση νέων εδαφών και μια νέα τεχνολογική επανάσταση. Η πρώτη οδός είναι εκ των πραγμάτων δύσκολη μια και μιλάμε για μια έκταση ίση περίπου με το μέγεθος της βόρειας και νότιας Αμερικής μαζί, η δεύτερη βάζει αρκετά ερωτηματικά ως προς τις επιπτώσεις, τουλάχιστον τόσα όσα έβαλε η προηγούμενη Πράσινη Επανάσταση. Υπάρχει τρίτος δρόμος; Προτού απαντήσουμε στο ερώτημα ας δούμε μερικά απ' τα χαρακτηριστικά του σύγχρονου αγροδιατροφικού συστήματος.

Με μέσο όρο τις 2.940 θερμίδες ανά κάτοικο και ανά έτος για το 2015, ο παγκόσμιος πληθυσμός φαίνεται να καλύπτει το διατροφικό έλλειμμα (αν πάρουμε το όριο των 3000 θερμίδων). Η αύξηση της παραγωγικότητας της γεωργίας, παρά το γεγονός ότι ευνόησε κυρίως τις αναπτυσσόμενες χώρες, δεν παύει να μην μπορεί να καλύψει τις μεγάλες ακόμη ανισότητες. Ο αναπτυγμένος κόσμος, με το ένα τέταρτο του παγκόσμιου πληθυσμού, καταναλώνει το 50% της παγκόσμιας γεωργικής παραγωγής, εν μέρει γιατί διαθέτει περισσότερα χρήματα και εν μέρει διότι ένα μεγάλο μέρος των αγροτικών προϊόντων κατευθύνεται στη ζωϊκή παραγωγή. Εκτός όμως απ' αυτό, **οι διαφορές σε ότι αφορά στη διαθέσιμη τροφή ανάμεσα στις ίδιες τις αναπτυσσόμενες χώρες είναι μεγαλύτερες ακόμη και από το διατροφικό χάσμα μεταξύ Βορρά και Νότου.** Οι λιμοί που πλήττουν ακόμη αρκετές από τις χώρες του Τρίτου Κόσμου αποτελούν απόδειξη της χρεοκοπίας των συστημάτων που εφαρμόστηκαν- συχνά ερήμην των τοπικών κοινωνιών – αλλά και των αστοχιών του διεθνούς εμπορίου, συμπεριλαμβανομένων και των προγραμμάτων βοήθειας. Άλλωστε ο υποσιτισμός τείνει να γίνει δομικό πρόβλημα σε μεγάλο μέρος του κόσμου: στην Αφρική (εκτός της Δυτικής) το ποσοστό αγγίζει το 50% ενώ σύμφωνα με στοιχεία της UNEP, 800 περίπου εκατομμύρια άνθρωποι σε ολόκληρο τον κόσμο δεν έχουν τα απαραίτητα ποσά θερμίδων για τη σωστή λειτουργία του οργανισμού τους και δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις μιας παραγωγικής ζωής⁹⁵. Επιπλέον είναι γνωστό ότι ο υποσιτισμός πλήτ-

95. unep.org/environment for food and security, 2015.

τει κυρίως τα παιδιά. Το ένα τρίτο των παιδικών θανάτων οφείλεται σε κακή ή ανεπαρκή σίτιση. Η Παγκόσμια Διάσκεψη για τη Διατροφή, που συνήλθε το 1996, έθεσε ως στόχο την εξάλειψη του υποσιτισμού μέσα σε μια εικοσαετία. Όμως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Γεωργίας (FAO) προβλέπει ότι σε αρκετές περιοχές του κόσμου ο υποσιτισμός τείνει να γίνει χρόνιος και ότι η κατάσταση δύσκολα ανατρέπεται (Το κατά συνθήκη το όριο για τον υποσιτισμό βρίσκεται γύρω στις 2.000 θερμίδες).

Η μείωση των γεωργικών ποικιλιών

Σήμερα η γεωργία χρησιμοποιεί ένα πολύ μικρό μέρος του διαθέσιμου γενετικού υλικού για την παραγωγή τροφών. Από τα 270.000 γνωστά στην επιστήμη φυτά, μόλις 120 καλλιεργούνται σήμερα σε ευρεία κλίμακα και τα εννέα απ' αυτά παράγουν το 75% των προϊόντων. Για χιλιάδες χρόνια οι γεωργοί δημιουργούσαν νέες ποικιλίες φυτών εγκλιματισμένες στις τοπικές συνθήκες και προσαρμοσμένες στις διαθέσιμες τεχνικές ώστε να εξασφαλίζεται και η διατροφική επάρκεια και η γονιμότητα των εδαφών. Το αποτέλεσμα ήταν μια τεράστια γκάμα από ποικιλίες φυτών και καλλιεργητικές μεθόδους. Η συνέχεια ήταν τελείως διαφορετική: στην προσπάθεια για την προτίμηση των ποικιλιών με μεγάλη αποδοτικότητα, ένα μεγάλο μέρος της γεωργικής βιοποικιλότητας χάθηκε, όχι μόνο από τους αγρούς αλλά και από τις τράπεζες γενετικού υλικού. Η ίδια ιστορία επαναλήφθηκε και για το ζωϊκό κεφάλαιο. Τα τελευταία χρόνια η τάση αυτή έχει αρχίσει να αντιστρέφεται και ένας σημαντικός αριθμός νέων αγροτών – στο πλαίσιο της αειφορικής γεωργίας – ξαναπιάνουν το νήμα της παράδοσης και ξαναβρίσκουν χαμένους θησαυρούς.

Μια άλλη κατάταξη που χρησιμοποιεί ο Παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων (FAO) είναι οι Χαμηλού Εισοδήματος και Ελλειμματικές σε Τροφή Χώρες (LIFDCs). Σύμφωνα με τον FAO στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι χώρες που δεν έχουν επαρκή παραγωγή για να διαθρέψουν τον πληθυσμό τους, αλλά και δεν έχουν τους οικονομικούς πόρους για εισαγωγές. Σε αυτές, με τα στοιχεία του 2015, συγκαταλέγονται 54 χώρες, μεταξύ των οποίων πολλές Αφρικανικές, χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ασίας, της Ωκεανίας και της Δυτικής Νότιας Αμερικής⁹⁶. Με δεδομένο ότι στο μεγαλύτερο μέρος του αναπτυσσόμενου κόσμου τα αξιολογότερα και πιο γόνιμα εδάφη έχουν ήδη δεσμευτεί, εκεί που υπάρχουν τα μεγαλύτερα αποθέματα ακαλλιεργητης γης είναι σίγουρα η ζώνη των τροπικών. Τόσο στην υπο-Σαχάρα Αφρική όσο και στη Λατινική Αμερική, τεράστιες δασικές εκτάσεις έχουν μετατραπεί σε γεωργικές και σε βοσκότοπους. Το μέτωπο της μεγάλης σύγκρουσης ανάμεσα στην προστασία της φύσης και την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών βρίσκεται ακριβώς σ' αυτές τις χώρες, πλούσιες σε βιοποικιλότητα και φτωχές σε οικονομικούς πόρους. **Η αντιμετώπιση επομένως της φτώχειας και της υπανάπτυξης, είναι απαραίτητη συνθήκη για την διατήρηση των τροπικών δασών.** Είναι ταυτόχρονα ανθρωπιστικός και περι-

96. fao.org: Low-Income Food-Deficit Countries (LIFDC) – List for 2015.

βαλλοντικός στόχος που προϋποθέτει την ανάπτυξη στρατηγικών αειφορικής γεωργίας τόσο στον αναπτυσσόμενο όσο και στον αναπτυγμένο κόσμο. Προϋποθέτει ακόμη την ριζική διαφοροποίηση του διατροφικού εμπορίου και το τέλος των καταστροφικών επιδοτήσεων.

Οι μετατροπές της γης

Ο επεκτατισμός για την απόκτηση νέων εδαφών ήταν πάντα ένα χαρακτηριστικό της παγκόσμιας γεωργίας και η εύκολη απάντηση στις διατροφικές απαιτήσεις ενός ραγδαία αυξανόμενου πληθυσμού από τον 19ο αιώνα και μετά. Για παράδειγμα, οι αλλαγές χρήσεων γης προς όφελος της γεωργίας στο διάστημα από το 1860 ως το 1920 φτάνουν τα 4,5 εκ. στρέμματα, μια έκταση ίση περίπου με την Ινδία. Το 50% αυτών των επεκτάσεων έγιναν στις εύκρατες περιοχές και κυρίως στη βόρειο Αμερική και στις χώρες που αργότερα σχημάτισαν την Σοβιετική Ένωση. Μια αντίστοιχης κλίμακας μεταβολή έλαβε χώρα την επόμενη 60ετία (1920-1980) και πάλι, κυρίως στο βόρειο ημισφαίριο, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης και της Ανατολικής Ασίας. Στις μέρες μας, τα νέα μέτωπα των επεκτάσεων βρίσκονται στην Αφρική, τη νοτιοανατολική Ασία και τη νότια Αμερική, όπου άλλωστε και τα ποσοστά της πληθυσμιακής αύξησης παραμένουν υψηλά.

Οι νέες καλλιεργήσιμες εκτάσεις μπορούν κατά κύριο λόγο να αποκτηθούν από την μετατροπή βοσκοτόπων, την αποδάσωση και την αποξήρανση υγροτοπικών περιοχών. Το μεγαλύτερο ποσοστό βοσκοτόπων που «χάθηκαν» γι' αυτό το σκοπό ήταν από τις Μεγάλες Πεδιάδες των ΗΠΑ, από τις νοτιοαφρικανικές σαβάνες, τη ρωσική στέππα και τις κάμπους ή πάμπας στην Βραζιλία και την Αργεντινή. Αυτού του είδους η μετατροπή δεν ήταν χωρίς κόστος: στέρησε ζωτικό χώρο από την μεγαλοπανίδα των περιοχών και κυρίως από τους βίσωνες, τις γαζέλες και τους ελέφαντες, ενώ η συμπίεση του χώματος από τα κοπάδια που στριμώχνονταν σε ένα όλο και μικρότερο χώρο συνέβαλε στη γρήγορη ερημοποίηση των εδαφών.

Η αποξήρανση των «ελών» που ήταν μια συνήθης πρακτική στην Ευρώπη για αιώνες, έγινε παγκόσμιο φαινόμενο μόλις στο τέλος του 20ου αιώνα καθώς η διεθνής αγορά αγροτικών προϊόντων αυξήθηκε ραγδαία και αναδύθηκαν οι νέες τεχνολογίες απομάκρυνσης του νερού. Μεταξύ αυτών να αναφέρουμε τους φτηνούς πηλίνους και αργότερα πλαστικούς σωλήνες και τις ατμομηχανές (και αργότερα πετρελαιομηχανές) για τη διάνοιξη χαντακιών και άλλων βαρέων υδραυλικών έργων. Η θέσμιση για παράδειγμα του Διατάγματος για τα Έλη και τα Εδάφη (Swamp Land Act) στις ΗΠΑ στη δεκαετία του 1850 επιτάχυνε την μετατροπή πολλών υγροτόπων στις Μεσοδυτικές Πολιτείες σε μια εποχή ανόδου των τιμών της αγροτικής παραγωγής. Εντωμεταξύ, οι άγονες εκτάσεις μετατρέπονταν σε παραγωγικές χάρις στα μεγάλα αρδευτικά έργα του 19ου και των αρχών του 20ου αιώνα, όπου και πάλι οι ΗΠΑ πρωτοστάτησαν με τις Δυτικές Πολιτείες. Αντίστοιχου μεγέθους παρεμβάσεις είχαμε στην Ινδία, το Πακιστάν και την Αίγυπτο, που στην πλειοψηφία τους διεκπεραιώθηκαν από μηχανικούς της Αγγλικής αποικιοκρατίας.

Τα τροπικά φυτά που έφεραν τα πάνω κάτω στη διατροφή μας

Οι πρώτες επαφές των Ευρωπαίων εξερευνητών με τις Ασιατικές χώρες, κατόπιν η ανακάλυψη της Αμερικής και της Αφρικής, έφεραν στον Παλαιό Κόσμο ένα μεγάλο αριθμό από εξωτικά φυτά, πολλά από τα οποία προσοδευτικά απέκτησαν μια σημαντική θέση στο διατροφικό μας σύστημα και τη γεωργική βιομηχανία. Λίγο πριν από τη Γαλλική Επανάσταση, το τσάι, ο καφές, η πατάτα, το ζαχαροκάλαμο και το βαμβάκι έφταναν στην Ευρώπη ως εξωτικά αξιοπερίεργα: ευγενείς και αστοί άρχισαν να καταναλώνουν τονωτικά αφεψήματα και να προσθέτουν στο φαί τους περιέργες γεύσεις που σιγά-σιγά εξαπλώθηκαν στον υπόλοιπο πληθυσμό. Κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα, με την ανάπτυξη των μεταφορών και την ολοκλήρωση της αποικιοκρατικής επέκτασης, νέα τροπικά προϊόντα έγιναν προσιτά, και κατόπιν απαραίτητα, για τις ευρωπαϊκές αγορές: πρόκειται για το ρύζι, τα φυτικά έλαια, τις μπανάνες και πολλά άλλα τροπικά φρούτα, όπως επίσης και για το καουτσούκ, με τη μεγάλη ανάπτυξη της αγοράς των ελαστικών. Πολύ πιο πρόσφατα, με τον εγκλιματισμό του αραβόσιτου στις συνθήκες της εύκρατης ζώνης, ένα ακόμα τροπικό φυτό απέκτησε μια επίλεκτη θέση στην αγροδιατροφική οικονομία του Βορρά.

Η άνοδος της παγκόσμιας οικονομίας επιτάχυνε τη διαδικασία των εκχερσώσεων, των αποστραγγίσεων και των μεγάλων αρδευτικών έργων, προκειμένου να καλλιεργηθούν φυτά με υψηλή εμπορική αξία όπως η ζάχαρη, το φοινικέλαιο, ο καφές και το καουτσούκ, ή οι ζωοτροφές για την επίσης ραγδαία εξελισσόμενη βιομηχανική κτηνοτροφία. Καθώς όμως το δυναμικό για νέες επεκτάσεις όλο και περιοριζόνταν στο μεγαλύτερο μέρος του κόσμου, ο τομέας της γεωργίας έριχνε το βάρος των επενδύσεων στην εντατικοποίηση με την μαζική πλέον χρήση λιπασμάτων, με νέο υψηλής απόδοσης πολλαπλασιαστικό υλικό και με την ευρεία χρήση μηχανών. Το μεγαλύτερο όμως μέρος των επενδύσεων δεν αφορούσε τη γεωργία της αυτοκατανάλωσης, αλλά την εμπορική γεωργία, τόσο των μεγάλων όσο και των μικρών παραγωγών. Η εντατικοποίηση – αλλά και η επεκτασιμότητα όπου αυτό ήταν δυνατόν – πέρασε στα χέρια της αγοράς για να φτάσει στην πλήρη εξάρτηση απ' αυτήν. Από την άλλη μεριά η ζήτηση προσδιοριζόταν από τα νέα καταναλωτικά πρότυπα, από την αγοραστική δύναμη του κοινού και την πληθυσμιακή αύξηση. Και όλα αυτά κάτω από τον γενικό τίτλο της παγκόσμιας ανάπτυξης και της ενίσχυσης της οικονομίας των χωρών του Τρίτου Κόσμου. Όπως όμως σημειώνει ήδη από το 1988 ο Μιχάλης Μοδινός «η εξάρτηση των περισσότερων αναπτυσσομένων χωρών από τις εξαγωγές γεωργικών προϊόντων προκειμένου “να χρηματοδοτήσουν την ανάπτυξή τους” είναι ίσως η τραγελαφικότερη διάστρέβλωση των πραγματικών ανθρωπίνων στόχων δια μέσου της ιστορίας»⁹⁷.

97. Μιχάλης Μοδινός, «Από την Εδέμ στο Καθατήριο, η Γεωγραφία της Υπανάπτυξης», Στοχαστής, 1988.

Βοσκότοποι και κτηνοτροφία

Οι βοσκότοποι, που καλύπτουν περισσότερο από το ένα τέταρτο της επιφάνειας του πλανήτη, υφίστανται ισχυρή πίεση από τη ραγδαία εξέλιξη της ζήτησης για περισσότερο κρέας, καθώς και από τη γεωργία για την προσάρτηση νέων εδαφών. Το ερώτημα είναι αν οι ευαίσθητες αυτές περιοχές μπορούν πράγματι να υποστούν αειφορική διαχείριση ή θα πρέπει να θυσιάσθούν στο βωμό μιας ανικανοποίητης αγοράς.

Η παγκόσμια επέκταση των βοσκοτόπων, από τη Μογγολική στέππα μέχρι τα βροχερά λιβάδια της Νέας Ζηλανδίας κι από τα απογυμνωμένα εδάφη του Σαχέλ μέχρι τις ορεινές πλαγιές των Άνδεων, έμεινε σχεδόν στάσιμη κατά τους τρεις προηγούμενους αιώνες. Η αύξηση στις λιγότερο πυκνοκατοικημένες περιοχές της τροπικής Αφρικής και της Λατινικής Αμερικής, συχνά εις βάρος των δασών, συμψηφίστηκε με την υποχώρηση της εκτατικής βόσκησης στην Ευρώπη, τη νοτιοανατολική Ασία και τη βόρεια Αμερική σε ποσοστά που έφτασαν το 20%. Στο τελευταίο όμως τέταρτο του 20ου αιώνα, κυρίως εξαιτίας της αύξησης της κτηνοτροφίας στην Κίνα και τη Σαουδική Αραβία, νέες σημαντικές εκτάσεις προστέθηκαν στο μερίδιο των βοσκοτόπων, αλλάζοντας την παγκόσμια κατανομή των χρήσεων γης, αλλά και την οικονομία ευρύτερων περιοχών.

Η σημαντικότερη όμως εξέλιξη αφορά τις οικολογικές επιπτώσεις. Εκτιμάται ότι το 73% των παγκόσμιων βοσκοτόπων έχουν χειροτερεύσει και μάλιστα σε βαθμό που να έχουν χάσει το 25% της ζωϊκής φέρουσας ικανότητας. Δεν είναι λίγοι εκείνοι που έσπευσαν να θεωρήσουν ως υπεύθυνες τις απαρχαιωμένες πρακτικές σε πολλές από τις χώρες του Τρίτου Κόσμου, όμως οι πραγματικές αιτίες έχουν να κάνουν με την επέκταση της βόσκησης σε ακατάλληλες περιοχές, με την εισαγωγή μεθόδων εντατικής κτηνοτροφίας που αναπτύχθηκαν στη Δύση, την τυποποίηση των προϊόντων και τη γενίκευση της ατομικής ιδιοκτησίας πάνω στη γη. Η κατάσταση όμως αυτή είναι πολύ διαφορετική από τις αειφορικές πρακτικές των ιθαγενών τις βασισμένες στην κυκλικότητα και τη μετακίνηση σε μεγάλες αποστάσεις. Αρκετές μελέτες έχουν αποδείξει ότι η κυκλική (και η νομαδική) κτηνοτροφία αφήνουν πολύ μεγαλύτερα περιθώρια στο έδαφος και τα φυτά να ανακάμψουν μετά την απομάκρυνση των ζώων ή την επάνοδο της βροχής.

Η εκτροφή ζώων, εκτός από το κρέας, τα γαλακτοκομικά, τα δέρματα και το μαλλί, αποτελεί σημαντική κινητήρια δύναμη στην παραδοσιακή γεωργία και καταλαμβάνει έκταση 3δης στρεμμάτων παγκοσμίως. Για πολλές επίσης οικογένειες αποτελεί ένα είδος κεφαλαίου το οποίο μπορεί να εξαργυρωθεί σε δύσκολους καιρούς ή να μεταβιβαστεί με το θεσμό της προίκας. Το ίδιο όπως και η γη. Η βιωσιμότητα επιβάλλει επομένως τη διατήρηση του κεφαλαίου. Αυτό δεν αφορά μόνο την κατάσταση των ζώων αλλά πρωτίστως την κατάσταση των εδαφών. Οι κτηνοτροφικές πρακτικές διαφέρουν όμως από χώρα σε χώρα. Σε πολλές περιοχές, ακόμη και του αναπτυσσόμενου κόσμου, ακατάλληλες για τη γεωργία εκτάσεις χρησιμοποιούνται απ' την κτηνοτροφία με ελάχιστες ή και μηδενικές χημικές εισροές: στις λοφώδεις και ορεινές περιοχές της Ευρώπης, στα βοσκοτόπια της νότιας Αμερικής, στην κεντρική Ασία, την Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία. Στις περιπτώσεις αυτές, όπως επίσης και στους τροπικούς, η κτηνοτροφία συμβάλλει στη διατήρηση ή και την αύξηση της βιοποικιλότητας κυρίως δια της μεταφοράς των σπόρων με τις οπλές των ζώων και τα περιττώματα. Η κοπριά είναι επίσης ζωτικής σημασίας τόσο για τα φυσικά όσο και τα γεωρ-

Νομάδες και καλλιεργητές

Στην πραγματικότητα, ο νομαδισμός υπακούει πολύ περισσότερο σε μια ανάγκη παρά σε μια πρόωπη συνείδηση για την αειφορικότητα των εδαφών. Χοντρικά υπάρχουν δύο τύποι νομάδων: οι κτηνοτρόφοι των βουνών και οι μετακινούμενοι σε μεγάλες αποστάσεις. Οι πρώτοι άλλαξαν απλώς υψόμετρο, από τα ορεινά βοσκοτόπια στις χαμηλές πεδιάδες και τ' ανάπαλιν. Κινούνται μέσα στα όρια των τοπικών κοινοτήτων και δεν συνιστούν ιδιαίτερες πληθυσμιακές ή πολιτισμικές οντότητες. Οι δεύτεροι έχουν μεγάλη ακτίνα δράσης, περνούν τα σύνορα και συγκροτούν εθνικές ομάδες με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Παράδειγμα οι Σαρακατσάνοι. Όπως σημειώνει ο Β. Νητσιάκος (*Pastoral Communities in Greece, Cambridge 1985*). «Οι Σαρακατσάνοι, περήφανοι για την ελληνική καταγωγή τους, υπήρξαν νομαδικοί πληθυσμοί που, ανάλογα με την εποχή του χρόνου και τις ανάγκες των κοπαδιών τους, κινούνταν από τον Αίμο ως τις ακτές του Αιγαίου και από την Ήπειρο ως την Μικρά Ασία. Ειδικότερα μάλιστα στη Θράκη, εμφανίζονταν το καλοκαίρι στα οροπέδια της Ροδόπης και του Αίμου, και κατασκήνωναν τον χειμώνα στους κάμπους της Ανατολικής Θράκης και της απέναντι του Βοσπόρου μικρασιατικής ακτής». Αντίστοιχα οι νομάδες της Σαχάρας όπως αναφέρει ο Μπροντέλ (Μεσόγειος, ο Ρόλος του Περίγυρου, Μ. Ι. Εθνικής Τραπέζης της Ελλάδος, Αθήνα 1991) μετακινούνται σε αποστάσεις που φτάνουν και τα 800 χλμ. κνηγώντας κυριολεκτικά το χορτάρι που συνεχώς μετατοπίζεται ακολουθώντας τις βροχές της άνοιξης και του φθινοπώρου από το Νότο στο Βορρά. Στην προσπάθειά τους για την εξασφάλιση ενός σταθερού ανεφοδιασμού, οι νομάδες δημιουργούν προσωρινές βάσεις όπου και επιδίδονται στην καλλιέργεια. Πολλές φορές ριζώνουν μόνιμα, ως που να εκτοπιστούν από τους ντόπιους και ξανά από την αρχή. Τα φαινόμενα αυτά καθώς και η συνεχής διεκδίκηση των εδαφών, επιβιώνουν μέχρι και τα μέσα του 20ου αιώνα για να μπουκνουν στη συνέχεια σε μια φθίνουσα πορεία. «Δεν χωρά αμφιβολία» γράφει ένας γεωγράφος το 1940 (*Jean Despois, La Tunisie Orientale, Sahel et Basse Steppe, Revue Africaine 1941*) «ότι οι νομάδες και οι μόνιμοι πληθυσμοί είναι αδιάλλακτοι αντίπαλοι, παράλληλα όμως αλληλοσυμπληρώνονται ή μάλλον ο ένας έχει την ανάγκη του άλλου. Το παράλογο πείσμα του γεωργού, που είχε το θάρρος να εγκατασταθεί στο βόρειο Σαχέλ και να καλλιεργεί αιωνίως το ίδιο χωράφι – παράλογο εννοείται για άγονη περιοχή – ανοίγει το δρόμο προς το βοσκό. Μόλις αυτός καταφέρει να ριζώσει, μόλις εξασφαλιστεί από τους κινδύνους και οι μεταφορές γίνουν τακτικές και ευκολότερες, ο νομάδας μεταπηδά στη ζωή της μόνιμης εγκατάστασης, κάτι που βλέπουμε σήμερα στη στέππα της Τυνησίας». Είναι πάντως γεγονός πως ο γεωργικός εκσυγχρονισμός – που επιτρέπει πλέον την παγίωση των εκμεταλλεύσεων ακόμη και σε οριακά εδάφη – συντελεί στο σταδιακό θάνατο του νομαδισμού. Το ίδιο και οι μεταφορές. Τα φορτηγά εξασφαλίζουν την εύκολη μετακίνηση των ζώων από και προς τα βοσκοτόπια και κάνουν περιττή την περιπέτεια των μεγάλων ταξιδιών.

Ζώα που παράγουν ρύπανση

Οι μονάδες εκτροφής ζώων, ως πλήρως ανοιχτά συστήματα, έχουν ανάγκη από σημαντικές εισροές (ζωοτροφές, ενέργεια, φάρμακα) και διοχετεύουν τα απόβλητά τους στο περιβάλλον (μειωμένα ποσοστά ανακύκλωσης). Η βιομηχανική κλίμακα υποδηλώνει μεγάλους πληθυσμούς κοπαδιών, μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, υψηλούς κινδύνους για την υγεία των ζώων και κακομεταχείριση. Μια σημαντική πηγή ρύπανσης είναι η κοπριά που δεν είναι δυνατόν να αφομοιωθεί από το έδαφος στο βαθμό που αυτό συμβαίνει στην εκτατική κτηνοτροφία. Για παράδειγμα τα γουρουνία και τα πουλερικά αποβάλλουν με τα απορρίμματά τους το 65 έως 70% του αζώτου και του φωσφόρου που προσλαμβάνουν. Το άζωτο, σε αερόβιες συνθήκες⁹⁸ εξατμίζεται με τη μορφή αμμωνίας η οποία σε μεγάλες συγκεντρώσεις στον αέρα μπορεί να έχει άμεσες επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών καθώς καταστρέφει την απορροφητική ικανότητα των φύλλων. Οι έμμεσες όμως επιπτώσεις και κυρίως στο έδαφος είναι σημαντικότερες. Η αμμωνία συντελεί στην οξίνιση των εδαφών (αλλαγή του PH) και επηρεάζει την κυκλοφορία των υπόλοιπων ιχνοστοιχείων προς το ριζικό σύστημα των φυτών. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο σε οικοσυστήματα φτωχά σε άζωτο όπως είναι τα δάση. Η ζωϊκή παραγωγή είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αμμωνίας στον βιομηχανικό κόσμο. Για παράδειγμα, από τους 208.000 τόνους αμμωνίας που παρήχθησαν το 1993 στην Ολλανδία, οι 180.000 τόννοι προήλθαν από ζωϊκή κοπριά. Οι ποσότητα αυτή αντιπροσώπευε τότε το 55% των συνολικών εκπομπών αμμωνίας, ήτοι παραπάνω από το μερίδιο της βιομηχανίας και των αυτοκινήτων. Στη συνέχεια πάντως (1995-2005) εξαιτίας των ανστηρών περιοριστικών μέτρων, οι ποσότητες αυτές μειώθηκαν κατά 50% αποδεικνύοντας πως όταν υπάρχει θέληση υπάρχουν και αποτελέσματα⁹⁹. Να σημειώσουμε επίσης ότι κατά τη διάρκεια της απονιτροποίησης¹⁰⁰ σχηματίζεται υποξείδιο του αζώτου, αέριο που συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από την άλλη μεριά ο φώσφορος, αν και είναι χημικά σταθερός μέσα στο έδαφος, όταν τα επίπεδά του περάσουν το όριο του κορεσμού, διαφεύγει στο περιβάλλον και συνεργεί στα φαινόμενα ευτροφισμού.

γικά οικοσυστήματα, κυρίως στις φτωχές χώρες με περιορισμένες δυνατότητες αγοράς συνθετικών λιπασμάτων. Στην πραγματικότητα και στις συνθήκες της εκτατικής/ παραδοσιακής κτηνοτροφίας, τα ζώα λειτουργούν ως «μηχανές» ανακύκλωσης των θρεπτικών συστατικών του εδάφους. Η θετική λειτουργία ανατρέπεται σε συνθήκες ανεξέλεγκτης ανάπτυξης των κοπαδιών σε περιορισμένο χώρο. Η υπερβόσκηση ή η παρατεταμένη βόσκηση μιας χορτολιβαδικής έκτασης, συντελεί στη σταδιακή εξαφάνιση των βρώσιμων χόρτων και την αντικατάστασή τους από μη βρώσιμη ποώδη ή

98. Αερόβιες συνθήκες: χημικές διεργασίες με την παρουσία «ελεύθερου» οξυγόνου.

99. Dick A.J. Starmans, Klaas W. van der Hoek, *Ammonia, the case of Netherlands*, 2015.

100. Απονιτροποίηση: μετασχηματισμός των νιτρικών αλάτων με τη βοήθεια βακτηριδίων σε μοριακό άζωτο ή υποξείδιο του αζώτου.

και θαμνώδη βλάστηση. Η απώλειες αυτές μπορεί να είναι εξαιρετικά σοβαρές για πολλά από τα εν λόγω οικοσυστήματα. Η αποκατάσταση της βιοποικιλότητας στα αρχικά της επίπεδα απαιτεί χρόνους που κυμαίνονται από 30 έτη (περίπτωση της σαβάνας) έως και 100 έτη (περίπτωση των τροπικών δασών). Επίσης, οι μεγάλοι πληθυσμοί ζώων μπορούν να προκαλέσουν συμπίεση του χώματος, διάβρωση, μείωση της γονιμότητας του εδάφους και της περιεκτικότητάς του σε θρεπτικά συστατικά, ελάττωση της ικανότητάς του για τη συγκράτηση του νερού.

Αντίθετα από την εκτατική/παραδοσιακή, η εντατική κτηνοτροφία έχει ανάγκη από βοσκοτόπους υψηλής απόδοσης που στη σύγχρονη εκδοχή τους απαιτούν σημαντικές ποσότητες χημικών εισροών για την παραγωγή της απαραίτητης φυτομάζας με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται το έδαφος και τα νερά. Στις σύγχρονες παραγωγικές μονάδες, τα ζώα αρχικά μεγαλώνουν σε ανοιχτούς υπαίθριους χώρους και στη συνέχεια μεταφέρονται στους χώρους εκτροφής για πάχυνση. Είναι ο τομέας της βιομηχανικής κτηνοτροφίας (χαρακτηρισμός που αποδίδεται, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων, στις εκμεταλλεύσεις εκείνες που παράγουν λιγότερο από το 10% των απαιτούμενων ζωοτροφών επί τόπου). Η διεθνώς αυξανόμενη ζήτηση κρέατος έχει εξαντλήσει το δυναμικό των διαθέσιμων βοσκοτόπων, με αποτέλεσμα όλο και περισσότερα κοπάδια να τρέφονται με καλλιεργούμενες ζωοτροφές. Αυτή είναι μια γενική τάση, αλλά ισχύει πολύ περισσότερο για τις χώρες με μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα. Στην Κίνα, το διάστημα 1990-1995, τα 4/5 της αύξησης της παραγωγής σιτηρών απορροφήθηκε από την εσταυλισμένη κτηνοτροφία, ενώ το 40% της παγκόσμιας γεωργικής παραγωγής προοριζόταν για ζωοτροφές. Το μεγάλο κεφάλαιο στην προκειμένη περίπτωση είναι **το καλαμπόκι που για πρώτη φορά στην ιστορία υπερσκέλισε την παραγωγή σταριού περί το τέλος της δεκαετίας του 90.**

Μια τρελλή αγορά

Πες μου τι τρως να σου πω ποιός είσαι! Αυτός είναι κατά τον μεγάλο στοχαστή Φερνάν Μπροντέλ ένας τρόπος να διαβάξει κανείς – μέσα από τη διατροφική συμπεριφορά των λαών – μ' ένα άλλο μάτι την ιστορία. Ο σύγχρονος βέβαια ιστορικός δεν θα δυσκολενόταν πολύ να βγάλει τα συμπεράσματά του, αν συνέκρινε την κατανάλωση κρέατος ανάμεσα σε μια χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) και την κοσμοβριθή Ινδία. Η αναλογία είναι 50: 1! Αν ήθελε όμως να προχωρήσει την ανάλυση βαθύτερα, θα μπορούσε να αναζητήσει τις απώτερες αιτίες του φαινομένου, αυτές δηλαδή που πηγαίνουν πολύ μακρύτερα από την απλουστευτική αναφορά σε πολιτιστικά πρότυπα και συνήθειες. Άλλωστε στην Ελλάδα, η κρεατοφαγία επεκράτησε έναντι όλων των άλλων παραδοσιακών τύπων διατροφής (δημητριακά, όσπρια, χόρτα και κηπευτικά) μέσα στις τέσσερις-πέντε τελευταίες δεκαετίες. Οι συνήθειες όμως δεν αλλάζουν από μόνες τους. Προηγούνται οι αλλαγές στην αγορά. Για παράδειγμα, οι εξαγωγές βοδινού κρέατος από τις χώρες της Ε.Ε. προς τη Βραζιλία, για ένα μεγάλο διάστημα επιδοτούνταν με ποσά λιγότερα από τα έσοδα από την πώληση των εμπορευμάτων. Το πρόσχημα ήταν πάντα η στήριξη του εισοδήματος των Ευρωπαίων αγροτών. Για να συμβεί όμως αυτό θα πρέπει το Αμαζονιακό δάσος να αποφιλωθεί για να καλλιεργηθούν οι ζωοτροφές που θα θρέψουν τα βοοειδή της Ευρώπης. Αυτά δηλαδή που στη

συνέχεια θα εξαχθούν στις αγορές της Βραζιλίας εκτοπίζοντας τα τοπικά προϊόντα και εξαναγκάζοντας τους ιθαγενείς παραγωγούς σε εξαθλίωση κάτω από το βάρος ενός δυσβάστακτου ανταγωνισμού. Ουδείς ενδιαφέρεται αν το τελικό ισοζύγιο είναι αρνητικό. Για την οικονομία, την κοινωνική γεωγραφία και το περιβάλλον. Σε τελευταία ανάλυση, η όλη επιχείρηση (αυτό που ονομάστηκε περιβαλλοντικό ντάμπινγκ) γίνεται με χρήματα των φορολογούμενων της Ε.Ε. Κάποιοι βέβαια θα ισχυριστούν ότι αυτός είναι ένας μηχανισμός αναδιανομής του χρήματος. Δυστυχώς όμως η εξαγωγική αυτή κτηνοτροφία δεν αφορά το σύνολο των Ευρωπαίων παραγωγών αλλά μόνο μια ενάριθμη ελίτ, αφού το 10% των κτηνοτροφικών μονάδων παράγει το 50% του ζωικού κεφαλαίου μιας έτσι κι αλλιώς πλεονασματικής εσωτερικής αγοράς. Η κατάκτηση όμως των νέων αγορών, απαιτεί – εκτός από τις επιδοτήσεις – ακόμη μεγαλύτερη συμπίεση των κόστους. Έτσι, με πρόσχημα την ανακύκλωση, εκατομμύρια τόνοι από αλεσμένα σφάγια και ιχθυάλευρα προστίθενται στις παραδοσιακές ζωοτροφές. Τα ζώα οδηγούνται σ' ένα ακούσιο κανιβαλισμό και οι καταναλωτές σε μια διατροφή αμφίβολης ποιότητας, που υπό συνθήκες τροφοδοτεί επιδημίες. Η ιστορία επαναλαμβάνεται με μικρές παραλλαγές. Το 1986 στη Μ. Βρετανία, 120.000 ζώα θανατώθηκαν, προσβεβλημένα από σπογγώδη εγκεφαλοπάθεια. Τότε, εκτός από τα ύποπτα φυράματα, οι υπόνοιες στράφηκαν και προς την κατεύθυνση ορισμένων εντομοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν για την υγειονομική προστασία των ζώων (!) και την συντήρηση των ζωοτροφών. Το 1996 η νόσος των τρελών αγελάδων και τα όσα την ακολούθησαν επανέφεραν το ίδιο ζήτημα: την αδυναμία δηλαδή της αγοράς να προβλέψει και να ελέγξει με τους δικούς της αυτοματισμούς τις συχνά δραματικές παρενέργειες. Η νομοθεσία και οι έλεγχοι είναι ένα μέρος της απάντησης. Το υπόλοιπο έχει να κάνει με την αλλαγή ολόκληρου του συστήματος και την εφαρμογή των αρχών της αειφορίας όχι μόνο στον αγρό, αλλά και στο παγκόσμιο εμπόριο. Ίσως μάλιστα η αρχή θα έπρεπε να γίνει από και. Έχει να κάνει επίσης και με την γενικότερη κουλτούρα των αγροκτηνοτροφικών κοινοτήτων όπως μας έδειξε η πρόσφατα βραβευμένη (και στο Φεστιβάλ Θεσσαλονίκης) ταινία του Ισλανδού ντοκμαντερίστα Grímur Hakonarson με τίτλο «Δεσμοί Αίματος»: Ένα κοπάδι προβάτων έχει σημάδια μιας θανατηφόρου και ανίατης νόσου, της Scrapie, κάτι ανάλογο με την σπογγώδη εγκεφαλοπάθεια ή νόσο των τρελών αγελάδων όπως έγινε γνωστή. Εξαιτίας της τρομερής μεταδοτικότητας της νόσου η μόνη «θεραπεία» είναι η σφαγή όλων των ζώων, το θάψιμο των σφαγείων και η καλή απολύμανση της περιοχής. Μια διαδικασία που αποτέλεσε κάτι σαν θανατική ποινή για τους εκτροφείς και βόμβα στα θεμέλια μιας προαιωνίας συνύπαρξης φύσης-ανθρώπου.

Η στενότητα των βοσκοτόπων, σε σχέση με τη ζήτηση κρέατος, συνετέλεσε και στην αλλαγή του είδους των εκτρεφόμενων ζώων. Η εντατική κτηνοτροφία αύξησε μεν θεαματικά τις αποδόσεις, τείνει όμως να μειώσει τη «βιοποικιλότητα αυλόγυρου» με τον ίδιο τρόπο που η Πράσινη Επανάσταση μείωσε την βιοποικιλότητα στα καλλιεργούμενα φυτά. Μεγάλο μέρος από τις παραδοσιακές ράτσες έχουν εξαφανισθεί. Από τις 3800 ποικιλίες βοοειδών, βουβαλιών, προβάτων, αιγών, αλόγων και

όνων που υπάρχουν στον κατάλογο του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων, το 16% έχουν εκλείψει και το 15% θεωρούνται σπάνια.

Η αναβίωση πάντως των παραδοσιακών μεθόδων, οι περισσότερες από τις οποίες βασίζονται σε μια λεπτή ισορροπία πολλών παραγόντων όπως η δυνατότητα των μετακινήσεων σε μεγάλες αποστάσεις, το μέγεθος των κοπαδιών και η ανάμιξη των ζώων, είναι σίγουρα μια δύσκολη υπόθεση καθώς η ζήτηση αυξάνει και τα 2/3 των παγκόσμιων γεωργικών εκτάσεων έχουν δεσμευτεί για την κτηνοτροφία. Μια τέτοια προοπτική δεν μπορεί να είναι αναμενόμενη χωρίς μια δραματική αλλαγή της διαιτας της βασισμένης στο κρέας, αρχής γενομένης από τις αναπτυγμένες χώρες. Αντίθετα, η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις μονάδες εντατικής εκτροφής ζώων είναι δυνατή, αρκεί να υπάρξει εσωτερική του περιβαλλοντικού κόστους.

Το περιβαλλοντικό κόστος

Το παράδοξο με τον γεωργικό τομέα της οικονομίας είναι ότι ενώ έχει τόσο μεγάλη ανάγκη τη γη, και μάλιστα τη γη υψηλής παραγωγικότητας, αυτή η ίδια την απαξιώνει και την καθιστά σταδιακά ακατάλληλη. Μια συνολική αποτίμηση της υποβάθμισης των εδαφών (Global Assessment of Soil Degradation) ξεκίνησε το 1992 από τη UNEP σε συνεργασία με το GEF (Global Environmental Facility) και τον FAO. Το πρόγραμμα ολοκληρώθηκε το 2005 με εντυπωσιακά συμπεράσματα: Η ερημοποίηση, αναφέρει η έκθεση, πλήττει πλέον το 1/3 του παγκόσμιου πληθυσμού σε εκατό περίπου χώρες και το 33% όλων των αξιοποιήσιμων εδαφών (εκτός δηλαδή των βουνών και των ερήμων για παράδειγμα) έχουν υποστεί υποβάθμιση σε βαθμό που να επηρεάζεται η αποδοτικότητα. Από τα εδάφη αυτά, περίπου 9 δις στρέμματα χαρακτηρίζονται ως σχετικά υποβαθμισμένα, 3 δις ως σοβαρά υποβαθμισμένα και περίπου 90 εκ. στρέμματα ως οριστικά απολεσθέντα για τη γεωργία, την κτηνοτροφία ή άλλες πρακτικές (τα μισά απ' αυτά βρίσκονται στην Αφρική)¹⁰¹.

Μερικές βέβαια μελέτες αμφισβήτησαν την αξιοπιστία των παραπάνω στοιχείων και των συμπερασμάτων της έρευνας, τονίζοντας ότι δεν έλαβε υπόψη την ικανότητα πολλών αγροτών να επιστρατεύουν διορθωτικά μέσα και ότι δεν κάνουν μια αντικειμενική διάκριση ανάμεσα στο μόνιμο και το προσωρινό. Όπως και να έχει όμως η κατάσταση όλοι συμφωνούν πως το πρόβλημα υπάρχει, άλλωστε το βεβαιώνουν οι ίδιες οι τοπικές κοινότητες που βλέπουν το εισόδημά τους να μειώνεται παρά τις κρατικές ενισχύσεις. Στις αιτίες της υποβάθμισης υπάρχει μεγαλύτερη συμφωνία: 35% υπερβόσκηση, 30% αποδάσωση, κακές γεωργικές πρακτικές 34% και 1% βιομηχανική δραστηριότητα.

Οι προσεγγίσεις για τη σωστή διαχείριση των εδαφών έχουν κι αυτές εξελιχθεί. Στη δεκαετία του '70, η έμφαση δινόταν στην μηχανική προστασία, όπως για παράδειγμα τα μικρά φράγματα και οι αναβαθμοί, που εκτός των άλλων συμβάλλουν στη συγκράτηση του νερού της βροχής, αλλά και του ίδιου του χώματος. Στη δεκαετία του 90 πολλοί γεωπόνοι φώτισαν τις πλευρές της «βιολογικής προστασίας» δίνοντας έμ-

101. thegef.org: *Land Degradation Assessment of Drylands*, 2005.

φαση για παράδειγμα στο ρόλο των μικροοργανισμών, στην αλληλεπίδραση του εδάφους με τα φυτά και στην ενσωμάτωση των τεχνικών άρδευσης στα συστήματα διαχείρισης.

Από την άλλη μεριά είναι γνωστό ότι η γεωργία έχει βιολογικούς εχθρούς. Από την οικολογική σκοπιά, οι εχθροί αυτοί είναι ανεπιθύμητοι ανταγωνιστές των καλλιεργούμενων ειδών, παράσιτα ή και ανώτεροι *καταναλωτές*¹⁰². Τα έντομα για παράδειγμα θεωρούνται ως η μεγαλύτερη μάστιγα για τους γεωργούς γιατί καταστρέφουν τα ζωτικά μέρη των φυτών όπως τα φύλλα, οι ρίζες και οι καρποί. Στο έδαφος υπάρχουν τα νηματόμορφα (μικρά σκουλήκια που προσβάλλουν τις ρίζες και τους ιστούς), τα βακτήρια και τα μικρόβια, τα ζιζάνια (φυτά που ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα) και στο γενικότερο περιβάλλον τα διάφορα σπονδυλωτά, κυρίως τρωκτικά και πουλιά που τρέφονται με σπόρους και καρπούς. Ακόμα και σήμερα, παρά τη συνδρομή της υψηλής τεχνολογίας, οι βιολογικοί εχθροί της γεωργίας είναι υπεύθυνοι για μεγάλες απώλειες στο επίπεδο της παραγωγής. Από εκτιμήσεις στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες, προκύπτει ότι ένα ποσοστό ανάμεσα στο 20-30% της σοδειάς «διαρρέει» στον ευρύτερο βιολογικό κύκλο και δεν φτάνει ποτέ στις αποθήκες των αγροτών.

Παρόλον όμως που στην κοινή συνείδηση τα έντομα έχουν ενοχοποιηθεί στον ύψιστο βαθμό, οι μεγαλύτερες απώλειες οφείλονται στα ζιζάνια. **Από μια άποψη, η γεωργία η ίδια παράγει τις συνθήκες για την ανάπτυξη των ζιζανίων.** Κι αυτό είναι φυσικό αφού από την οικολογική σκοπιά, τα αγροσυστήματα τείνουν: α) να κρατηθούν στα πρώιμα στάδια της οικολογικής διαδοχής β) να εμποδίσουν την κανονική είσοδο μεταναστευτικών οργανισμών στην περιοχή τους και γ) να διαφοροποιήσουν ή και να αποκλείσουν τις φυσικές αλληλεπιδράσεις (ανταγωνισμός, θήρευση και παραιοσιτισμός) μεταξύ των ειδών. Η πρώτη δράση, η διατήρηση του συστήματος στα πρώιμα στάδια της διαδοχής, είναι πολύ σημαντική. Ο αγρός, στον οποίο προστίθενται μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων και νερού, δημιουργεί ένα εξαιρετικά ευνοϊκό περιβάλλον, όχι μόνο για τα καλλιεργούμενα φυτά, αλλά και για τους ανταγωνιστές τους. Να σημειώσουμε μάλιστα πως στα στάδια αυτά τα φυτά μεγαλώνουν γρηγορότερα και οι σπόροι τους διαδίδονται πιο εύκολα καθώς παρασύρονται από τον άνεμο ή μεταφέρονται απ' τα ζώα.

Υπάρχουν περίπου 30.000 είδη ζιζανίων, αλλά σε ένα τυπικό αγρό θα συναντήσουμε ένα πολύ μικρότερο αριθμό, συνήθως μεταξύ 10 και 50. Τα ζιζάνια ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά για το σύνολο των πόρων: Το φως, το νερό, τα θρεπτικά συστατικά. Σε αρκετές περιπτώσεις η παρουσία τους μπορεί να είναι καταστροφική για την παραγωγή. Το αρνητικό αυτό δυναμικό μπορεί να φτάσει και το 60%, ιδιαίτερα σε βιομηχανικά φυτά όπως είναι για παράδειγμα η σόγια. Έτσι, ένα αντίστοιχο ποσοστό (50-60%) του συνόλου των χρησιμοποιούμενων φυτοφαρμάκων προορίζονται για την ανάσχεση της δράσης των ζιζανίων.

102. *Καταναλωτές: οργανισμοί που τρέφονται με άλλους οργανισμούς και κατά κανόνα από άλλα είδη. Ο όρος συχνά αναφέρεται σε ζώα που τρέφονται με άλλα ζώα, αλλά χρησιμοποιείται και στην περίπτωση των φυτοφάγων.*

Η εποχή των φυτοφαρμάκων

Πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση, οι αγρότες δεν έκαναν σχεδόν τίποτα ή έκαναν πολύ λίγα για την καταπολέμηση των βιολογικών εχθρών. Συνήθως χρησιμοποιούσαν μηχανικές μεθόδους όπως το ξεβοτάνισμα ή το κάψιμο (*slash and burn*) που μείωναν την πυκνότητα των ζιζανίων ή κατέφευγαν στην ταυτόχρονη καλλιέργεια αρωματικών και διατροφικών φυτών για την καταπολέμηση των εντόμων.

Η ανάδυση της σύγχρονης γεωργικής τεχνολογίας συνοδεύτηκε από την καθιέρωση των φυτοφαρμάκων ως μέρος των απαραίτητων εισροών. Η χρήση τους γρήγορα γενικεύτηκε, αλλά το μεγαλύτερο μερίδιο (80%) κατέχουν ακόμα οι αναπτυσσόμενες χώρες. Ένας μεγάλος αριθμός επιστημόνων δουλεύει εντατικά για τη βελτίωσή τους και την παραγωγή νέων, όλο και πιο αποτελεσματικών ουσιών. Στη νέα γενιά φυτοφαρμάκων κατατάσσονται τα λεγόμενα *στενού φάσματος*, που σημαίνει ότι καταπολεμούν ένα συγκεκριμένο βιολογικό εχθρό, αλλά είναι ακίνδυνα για τις υπόλοιπες μορφές ζωής. Φυσικά είναι ακόμη μακριά η εποχή – αν φτάσει ποτέ – όπου η επιστήμη θα μπορεί να είναι τόσο ακριβής και να ελέγξει τις επιπτώσεις από τη χρήση προϊόντων με τόσο δραστικό περιεχόμενο.

Στην προηγούμενη γενιά φυτοφαρμάκων, τα λεγόμενα *ευρέως φάσματος*, συμπεριλαμβάνονταν ουσίες όπως το αρσενικό, με εξαιρετικά τοξικές ιδιότητες, όχι μόνο για τους ανεπιθύμητους οργανισμούς αλλά και για τον ίδιο τον άνθρωπο. Αργότερα, περί το 1930, εμφανίστηκαν τα «φυσικά» εντομοκτόνα τα οποία περιείχαν σε μεγάλη πυκνότητα χημικά αποστάγματα φυτών με αποδεδειγμένα βιοκτόνο δράση. Ένα απ' αυτά ήταν η νικοτίνη που έχει εκτεταμένη ακόμα χρήση σε πολλά μέρη του κόσμου. Παρά ταύτα, και ενώ τα φυσικά εντομοκτόνα ήταν σχετικά ακίνδυνα, δεν ήταν τόσο αποτελεσματικά όσο θα ήθελε η σύγχρονη βιομηχανική γεωργία.

Στη δεκαετία του 90, πάνω από 400 σκευάσματα χημικής φυτοπροστασίας κυκλοφορούσαν παγκοσμίως. Τα περισσότερα απ' αυτά είχαν σχεδιαστεί ώστε να διασπώνται επί τόπου σε άλλα απλούστερα (και πιθανώς λιγότερο επικίνδυνα συστατικά) αλλά αυτό δεν ήταν πάντα ο κανόνας. Ίχνη φυτοφαρμάκων έχουν πλέον ανιχνευθεί σε όλους τους φυσικούς αποδέκτες (έδαφος, αέρας, νερά) και μάλιστα σε πολύ μακρινές αποστάσεις, ακόμη και εκεί που δεν ασκούνται γεωργικές δραστηριότητες. Πολλές επίσης δραστικές ουσίες έχουν βρεθεί στο σώμα και τους ιστούς των ζωντανών οργανισμών (του ανθρώπου συμπεριλαμβανομένου), πράγμα που υποδηλώνει ότι διαπερνούν όλα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας.

Η πραγματική επανάσταση στη χημική καταπολέμηση ξεκινάει αμέσως μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου με την ανακάλυψη του DDT και άλλων χλωρωμένων υδρογονανθράκων, μεταξύ των οποίων το Aldrin και το Dieldrin. Το πασίγνωστο αυτό εντομοκτόνο οφείλει την ύπαρξή του στον Ελβετό χημικό Πολ Μύλλερ (Βραβείο Νόμπελ 1948) αλλά πρωτοχρησιμοποιήθηκε στον πόλεμο για την «εξυγίανση» των χώρων στρατοπέδευσης και την απομάκρυνση των εντόμων. Αργότερα, βιοκτόνα ή γενικότερα, φάρμακα της βιομηχανικής γεωργίας είχαν εφαρμογές σε δύσκολους πολέμους όπως αυτός του Βιετνάμ ή ο Πόλεμος του Κόλπου. **Για όλο το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, η έρευνα για την ανάπτυξη των χημικών όπλων πήγαινε παράλληλα με την έρευνα για τη χημική γεωργία.**

Στην αρχή, το DDT θεωρήθηκε ως η θαυματουργός λύση αφού φάνηκε να μην έχει άμεσες επιπτώσεις στον άνθρωπο και εξαφάνιζε έντομα και άλλους ενοχλητι-

κούς οργανισμούς της μικροπανίδας. Την εποχή εκείνη μάλιστα οι επιστήμονες πίστευαν ότι μια χημική ουσία δεν μπορεί να μεταφερθεί μακριά από τον χώρο της εφαρμογής της παρά μόνο αν είναι διαλυτή στο νερό. Το DDT δεν ήταν πράγματι διαλυτό στο νερό και είχε επιλεκτική δράση. Αρκετά όμως χρόνια αργότερα το ισχυρό αυτό εντομοκτόνο βρέθηκε στους πάγους και την πανίδα της Αρκτικής (πράγμα που αποδείκνυε ότι μπορεί να ταξιδεύει σε τεράστιες αποστάσεις) αλλά και στο μητρικό γάλα των γυναικών των Ινουίτ του Καναδά (πράγμα που αποδείκνυε την ανθεκτικότητά του διαμέσου της τροφικής αλυσίδας).

Τρεις ήταν οι βασικοί λόγοι που έθεσαν σε αμφισβήτηση την παγκόσμια κυριαρχία του ισχυρού αυτού γεωπονικού φαρμάκου. Πρώτον απεδείχθη πως έχει μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στον άνθρωπο (πιθανότητα καρκινογένεσης) και σε μια σειρά από ζώα, όπως για παράδειγμα τα πουλιά (μείωση της αναπαραγωγικής ικανότητας). Δεύτερον αποθηκεύεται σε ελαιώδη μέσα και στο λίπος και δι αυτών περνάει στην τροφική αλυσίδα με τρόπο που όσο πιο ψηλά σ' αυτήν βρίσκεται ένας οργανισμός, τόσο περισσότερο DDT μπορεί να περιέχει. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται και *βιοσυσώρευση*¹⁰³. Μάλιστα, η ικανότητα του DDT να αποθηκεύεται σε λίπη και έλαια κάνει δυνατή την μεταφορά του δια της βιολογικής οδού, ακόμη κι αν δεν είναι διαλυτό στο νερό.

Η πρόσληψη του DDT (ή των προϊόντων της διάσπασής του που είναι γνωστά ως DDD ή DDE) από τα πουλιά προκαλεί μείωση του πάχους του κελύφους των αυγών με αποτέλεσμα να γίνονται πιο εύθραυστα και να περιορίζονται πολύ τα ποσοστά των πετυχημένων γεννήσεων. Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα σοβαρό σε πουλιά που είναι ψηλά στην τροφική αλυσίδα. Για παράδειγμα ανώτεροι θηρευτές όπως είναι ο φαλακραιτός, ο ψαραετός και ο πελεκάνος που τρέφονται με ψάρια, είναι πολύ περισσότερο εκτεθειμένοι στο DDT απ' ό,τι ένα φυτοφάγο πουλί όπως ο πελαργός, ακόμη κι αν ο τελευταίος βρίσκει την τροφή του σε αγροτικές περιοχές.

Το 1962 η Ρέητσελ Κάρσον με το βιβλίο της *Σιωπηλή Άνοιξη*, στο οποίο πραγματεύεται την δολοφονική επίθεση του DDT στην άγρια ζωή, άνοιξε μια καινούργια σελίδα στην περιβαλλοντική αμφισβήτηση. Ως αποτέλεσμα των προβλημάτων και των αντιδράσεων, το DDT κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 70 απαγορεύτηκε σε μια σειρά χώρες μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Από τότε οι πληθυσμοί των πουλιών που είχαν προσβληθεί γνώρισαν μια πρωτοφανή ανάκαμψη, πράγμα που αποδεικνύει και εκ των υστέρων την βασιμότητα των υποθέσεων των προηγούμενων περιόδων.

Βέβαια, η χρήση του εντομοκτόνου είχε και θετικές επιπτώσεις, αφού κατάφερε να περιορίσει για ένα μεγάλο διάστημα τους φορείς της ελονοσίας, τους *ανοφελείς κόνωπες*. Το 1957, η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας ξεκίνησε μια καμπάνια κόστους 6 δις \$ με στόχο την εξάλειψη της ελονοσίας μέσω της χρήσης ενός χημικού κοκτέιλ με DDT και *χλωροκαϊνή* (η τελευταία είχε αποτελεσματική δράση στο *πλασμώδιο*, το μικροβιακό παράσιτο-πρωτόζωο που μετέφεραν τα κουνούπια). Στην αρχή, η στρατηγική φάνηκε να έχει επιτυχία αφού στα μέσα της δεκαετίας του 60 η αρρώστια είχε

103. *Βιοσυσώρευση*: η τάση που παρουσιάζουν ορισμένες ουσίες να συγκεντρώνονται στα διάφορα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας. Κατά κανόνα οι οργανισμοί αποθηκεύουν επιλεκτικά ορισμένες ουσίες ενώ άλλες τις απορρίπτουν. Εάν αυτό συμβαίνει συστηματικά σε κάποιους οργανισμούς τότε η συγκέντρωση των αποθηκευμένων ουσιών αυξάνει ως ποσοστό του βάρους τους καθώς παραλαμβάνει τις ουσίες αυτές διαμέσου της τροφικής αλυσίδας. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση του DDT είναι μεγαλύτερη στα φυτοφάγα ζώα απ' ό,τι στα φυτά, και στα φυτά είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στο γενικό περιβάλλον.

καταπολεμηθεί σε ποσοστό 80%. Η επιτυχία όμως δεν κράτησε πολύ. Τα κουνούπια άρχισαν να αναπτύσσουν ανθεκτικότητα στο DDT και τα πρωτόζωα στην χλωροκαΐνη. Σε πολλές τροπικές περιοχές η κατάσταση χειροτέρευσε.

Εντούτοις, το DDT συνεχίζει ακόμη να χρησιμοποιείται, ακόμη και στις γεωργικές εφαρμογές σε μια σειρά από χώρες γιατί είναι φτηνό, βραχυπρόθεσμα αποτελεσματικό, αλλά και γιατί πολύς κόσμος το έχει απλά συνηθίσει. Το 2000 η παγκόσμια παραγωγή του έφτανε τους 35.000 τόνους, με τουλάχιστον 5 χώρες παραγωγούς και μερικές δεκάδες εισαγωγείς και χρήστες μεταξύ των οποίων και το Μεξικό. Σήμερα ο μεγαλύτερος παγκόσμιος καταναλωτής είναι κυρίως η Ινδία, ενώ η Κίνα σταμάτησε τη χρήση του το 2007.

Ακόμη όμως κι αν ο κόσμος στις αναπτυγμένες χώρες νομίζει πως έχει απαλλαγεί από το DDT, στην πραγματικότητα η χημική αυτή ουσία γυρίζει πίσω και φτάνει στο πιάτο των καταναλωτών μέσω των εισαγόμενων αγροτικών προϊόντων από χώρες που ακόμη το χρησιμοποιούν. Το ίδιο ισχύει και για πολλά μεταναστευτικά πουλιά όταν περνούν αρκετό μέρος του χρόνου σε περιοχές όπου υπάρχει ακόμα ελονοσία σε έξαρση και γίνεται ευρεία χρήση του δηλητηρίου. Οι επιπτώσεις στην παραγωγή εξακολουθούν να είναι σημαντικές.

Μετά την κατάργηση του DDT οι βιομηχανικές χώρες έγιναν πιο προσεκτικές. Τα φυτοφάρμακα της νέας γενιάς σχεδιάστηκαν ώστε να διασπώνται γρηγορότερα στο περιβάλλον. Μεταξύ αυτών ήταν και τα *οργανοφωσφορικά*. Η βασική τους ιδιότητα ήταν να επιδρούν στο νευρικό σύστημα των εντόμων και να τα εξουδετερώνουν. Παρά το γεγονός όμως ότι έχουν πολύ πιο περιορισμένη *παραμένονσα δραστηριότητα* είναι εξίσου επικίνδυνα για τον άνθρωπο και γιαυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται με μεγάλη προσοχή και αυστηρές προφυλάξεις. Επειδή αυτό δεν είναι ο κανόνας με ταξύ των αγροτών, τα ατυχήματα είναι πολύ συχνά και πολλά εξ αυτών θανατηφόρα.

Τα χημικά εντομοκτόνα έφεραν μια πραγματική επανάσταση στη γεωργία. Η μαζική και παρατεταμένη χρήση τους όμως, εκτός από τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, επεφύλασσε στους μηχανικούς της αγρο-χημείας μερικές ακόμη εκπλήξεις. Η κυριότερη απ' αυτές έγινε γνωστή ως *δευτερογενής έκρηξη των επιβλαβών εντόμων* (*secondary pest outbreaks*) και εκδηλώνεται με δύο τρόπους: α) η μείωση των πληθυσμών του ενός είδους μπορεί να επιφέρει αύξηση των πληθυσμών ενός άλλου (πιθανότατα επιβλαβούς) λόγω της μείωσης του ανταγωνισμού και β) τα έντομα αναπτύσσουν ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα λόγω της εξέλιξης και της φυσικής επιλογής που ευνοεί εκείνα τα άτομα ενός πληθυσμού τα οποία αποκτούν ανοσία στην τοξικότητα του φαρμάκου. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε σε πολλά φυτοφάρμακα. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα ενός οργανοφωσφορικού, του *Dasanit*, που εισήχθη στην αγορά το 1970 για να καταπολεμήσει ένα σκουλήκι που ρήμαζε τα κρεμμύδια. Ενώ αρχικά φάνηκε επιτυχημένο, τώρα πια είναι τόσο αναποτελεσματικό που έχει οριστικά αποσυρθεί.

Η Ευρωπαϊκή περιπέτεια

Μέχρι και τη δεκαετία του 80, την αρεμοδιότητα για την έγκριση της χρήσης των φυτοφαρμάκων στην Ευρώπη την είχαν οι κυβερνήσεις των κρατών -μελών. Το καθεστώς άλλαξε με την ψήφιση της Οδηγίας 91/414 όπου η ευθύνη για την καταλληλότητα και

την ασφάλεια περνά σταδιακά στα χέρια της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Στους γενικούς στόχους της Οδηγίας περιλαμβάνονται η εναρμόνιση της νομοθεσίας σε ότι αφορά στην καταλογοποίηση, την εμπορία και την αδειοδότηση των γεωργικών φαρμάκων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και η επανεξέταση όλων των σκευασμάτων που ήταν σε κυκλοφορία στην αγορά από την άποψη της επικινδυνότητας για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ο δεύτερος στόχος υλοποιείται σε δύο παράλληλες φάσεις: η μία περιλαμβάνει τα νέα προϊόντα και η άλλη αυτά που ήδη βρίσκονται στις αποθήκες των εταιρειών, στα ράφια των καταστημάτων ή στα ψευκαστικά των αγροτών.

Στις προθέσεις πάντως της Επιτροπής ήταν η διαδικασία του ελέγχου και της επαλήθευσης των κριτηρίων να περάσει σταδιακά από τους κρατικούς και Κοινοτικούς οργανισμούς, στα χέρια των ιδίων των εταιρειών. Με άλλα λόγια, η υποχρέωση για την εξασφάλιση των ελάχιστων απαιτήσεων για την ασφάλεια και την υγεία μεταβιβάζεται στα υποκείμενα της αγοράς που θα πρέπει να πείσουν ότι το προϊόν τους δεν προσβάλλει κατ' ουδένά τρόπο τους παράλληλους στόχους της προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας των καταναλωτών. Η απόδειξη της καταλληλότητας περιλαμβάνει έναν ολοκληρωμένο και πολλές φορές ογκώδη φάκελο με στοιχεία για την ταυτότητα του φυτοφαρμάκου, για τις χημικές και φυσικές του ιδιότητες, τις επιπτώσεις του στον άνθρωπο και τα ζώα, την τελική του κατάληξη (π.χ. βιοδιασπασσιμότητα), την οικοτοξικολογία, τις υπολειμματικές δράσεις... Εάν ο παραγωγός δεν μπορεί ή δεν επιθυμεί να υποστηρίξει το προϊόν του με αυτές τις προϋποθέσεις, τότε αίρεται αυτόματως η νομιμότητα της εμπορίας και το φυτοφάρμακο αποσύρεται από την αγορά.

Με τις διατάξεις αυτές, 320 από τα κυκλοφορούντα στην αγορά φυτοφάρμακα απεσύρθησαν είτε γιατί οι εταιρείες δεν μπορούσαν να αποδείξουν την αθωότητά τους, είτε γιατί η προσκόμιση των στοιχείων (εργαστηριακοί έλεγχοι, επιδημιολογικές μελέτες, πειράματα στο πεδίο κτλ.) ήταν οικονομικά δυσβάστακτη: Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Προστασίας των Καλλιεργειών (European Crop Protection Association) το κόστος για την προετοιμασία του φακέλου για την Επιτροπή – για ένα και μόνο σκεύασμα – φτάνει τα 3,7 εκ. €. Σε άλλες όμως περιπτώσεις η απροθυμία εξηγείται από το γεγονός ότι το ίδιο το προϊόν είχε μικρό πλέον εμπορικό ενδιαφέρον. Από μια έκθεση της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας το 2000 προέκυπτε ότι 98 από τα ως άνω φυτοφάρμακα ήταν ήδη ξεπερασμένα.

Είναι φανερό ότι αυτή η διαδικασία είναι αφενός πρωτοφανής για τα Ευρωπαϊκά (αλλά και για τα παγκόσμια) δεδομένα όχι μόνο γιατί έθεσε σε αμφισβήτηση την αγρο-χημική παραγωγή δεκαετιών, αλλά και γιατί εισήγαγε μαζί με την αρχή της πρόληψης και την αρχή της εταιρικής ευθύνης. Παρά ταύτα, οι εταιρείες δεν υπέκυψαν εύκολα στις απαιτήσεις της Επιτροπής. Σε αρκετές περιπτώσεις φαρμάκων με πολύ μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον, ενώ ήταν φανερό πως ήταν δύσκολο να συγκεντρωθούν πειστικά επιχειρήματα, οι πιέσεις για την έγκρισή τους ήταν ασφυκτικές. Χαρακτηριστικά τέτοια παραδείγματα αποτελούν το *ατραζίν* και το *αρακονάτ*. Με μια κίνηση που αναγνώριζε τις επιπτώσεις στο παγκόσμιο περιβάλλον, η Ευρωπαϊκή Ένωση απέσυρε την κανονιστική της υποστήριξη στο ευρύτατης χρήσεως και ευρέως φάσματος παρασιτοκτόνο ατραζίν λόγω της ρύπανσης που προκαλούσε στα υπόγεια νερά. Προηγουμένως, πολλές χώρες μεταξύ των η Γαλλία, η Δανία, η Γερμανία, η Νορβηγία και η Σουηδία είχαν ήδη απαγορεύσει τη χρήση του. Σε απάντηση, η εταιρεία που το παρασκεύαζε ανακοίνωσε ότι έχει έτοιμες εναλλακτικές λύσεις τις οποίες μάλιστα είχε αρχίσει να εφαρμόζει στη Γερμανία και την Ιταλία.

Το ίδιο προϊόν χρησιμοποιείται ευρύτατα στις ΗΠΑ. Τριάντα περίπου εκ. κιλά καταναλώνονται ετησίως για την προστασία των καλλιιεργειών του σόργου και του ζαχαροκάλαμου, αλλά και των δενδροκαλλιιεργειών και των γηπέδων του γκολφ. Το 2002, μία μελέτη (Hayes) έφερε στο φως νέα στοιχεία για τη συσχέτισή του με αναπαραγωγικές ανωμαλίες σε βατράχους¹⁰⁴, και μια άλλη σημείωνε την ενοχή του για πρόκληση καρκίνου του προστάτη σε εργαζόμενους στη βιομηχανία παραγωγής του. Ίχνη του ατραζίν βρέθηκαν ακόμη στα περισσότερα επιφανειακά και υπόγεια νερά των ΗΠΑ, ενώ σύμφωνα με τη διατύπωση ενός εκ των ερευνητών «η ουσία βρίσκεται πρακτικά σε κάθε περιβάλλον». Όμως, παρά τα ευρήματα και παρά το γεγονός ότι σε πολλά νερά οι τιμές ήταν πάνω από τα «αποδεκτά» όρια, η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) έδωσε τελικά άδεια για την κυκλοφορία του ατραζίν τον Ιανουάριο του 2003. Σε αντάλλαγμα, υποχρέωσε την βιομηχανία (Syngenta) να κάνει συστηματικές μετρήσεις σε περιοχές εκτεταμένης χρήσης του φυτοφαρμάκου. Το 2012, έπειτα από μια σειρά ομαδικών αγωγών εναντίον της, η Syngenta αναγκάστηκε να πληρώσει 105 εκ. δολάρια σε περισσότερες από 1000 δημοτικές επιχειρήσεις ύδρευσης για να απομακρύνουν το ατραζίν από το ποσιμο νερό. Όμως η εταιρεία συνεχίζει να θεωρεί ότι το φάρμακο είναι ασφαλές, κάτι που συμμαρρίζεται εκτός από την EPA και η αντίστοιχη αρχή του Καναδά (Health Canada).

Ο Hayes συνέχισε τις έρευνές του και την πολεμική του εναντίον του φαρμάκου, κάτι που όπως ήταν φυσικό δημιούργησε και αντιπάλους. Τον Απρίλιο του 2014 ένας άλλος καθηγητής, ο Keith Solomon από το πανεπιστήμιο του Guelph έδωσε συνέντευξη στο πρακτορείο ειδήσεων Global News όπου επέμεινε στην πάγια άποψή του ότι δεν υπάρχει αιτιώδης συσχέτιση ανάμεσα στην έκθεση αμφιβίων (και υδρόβιων οργανισμών γενικότερα) στο ατραζίν και στις ανωμαλίες που διαπίστωσε ο Hayes. Τον κατηγορήσε μάλιστα ότι δεν έδωσε στοιχεία ώστε να μπορεί το πείραμα να επαναληφθεί ούτε και μοιράστηκε τα στοιχεία αυτά με την EPA ή άλλους επιστήμονες. Ένας συνεργάτης του Hayes, ο But Rohr «αποκάλυψε» τότε ότι ο Solomon έχει συμφέρον να τα παρουσιάζει έτσι τα πράγματα αφού τα τελευταία 2 χρόνια πήρε 120.000 δολάρια από την εταιρεία για να μελετήσει το ατραζίν. Ο Solomon του απάντησε ότι ούτε ο Μότσαρτ ούτε ο Μπετόβεν έκαναν κακή μουσική επειδή πληρωνόντουσαν γι αυτό!

Με μια κίνηση αντίστοιχη της EPA, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφάσισε τελικά να δώσει άδεια σε ένα άλλο παρασιτοκτόνο, το παρακουάτ (γνωστό και με το εμπορικό όνομα γκραμοξόν) παρά το γεγονός ότι είχε ήδη απαγορευθεί σε έντεκα χώρες, εκ των οποίων οι πέντε είναι μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το «διάσημο» αυτό δηλητήριο, έχει καταχωρηθεί από το 1985 στον κατάλογο του PAN (Pesticides Action Network) στην κατηγορία της «βρώμικης δωδεκάδας». Εξαιτίας της μεγάλης του τοξικότητας, της έλλειψης αντίδοτου και της εκτεταμένης του χρήσης, το παρακουάτ έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα επικίνδυνο για τους εργαζομένους στη γεωργία και για το κοινό, ιδιαίτερα στις χώρες του Τρίτου Κόσμου και μια διεθνής καμπάνια για την απόσυρσή του βρίσκεται σε εξέλιξη¹⁰⁵.

Όμως η ιστορίες δεν σταματούν εδώ: τα νέα “βελτιωμένα” φάρμακα που αντι-

104. *Atrazine-Induced Hermaphroditism at 0.1 ppb in American Leopard Frogs (Rana pipiens): Laboratory and Field Evidence*, Tyrone Hayes, *Laboratory for Integrative Studies in Amphibian Biology, University of California, Berkeley*.

105. *panna.org: Pesticides Action Network, Paraquat, April 2011*.

καθιστούν τα παλιά έπρεπε να δοκιμαστούν στη πράξη και όχι μόνο στο εργαστήριο. Την αρχή αυτή ήρθε να επιβεβαιώσει ένα ακόμα επισόδειο μεγάλης κλίμακας που εκτυλίσσεται στην πρώτη δεκαετία αυτού του αιώνα. Στις ΗΠΑ και αλλού εμφανίζονται φαινόμενα κατάρρευσης των πληθυσμών των μελισσών που φτάνουν μέχρι και 30% το χρόνο. Νέες μελέτες και νέες αντιπαράθεσεις. Το 2012 τα επιστημονικά ευρήματα καταλήγουν ότι μια ορισμένη κατηγορία φυτοφαρμάκων, τα νικοτινοειδή είναι εξαιρετικά επικίνδυνα και βλαπτικά για τις μέλισσες. Με εντολή της Επιτροπής, η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (ESFA) απαγορεύει προσωρινά (για 2 χρόνια) τη χρήση τριών φυτοφαρμάκων αυτής της κατηγορίας (κλοθιαντίν, θιαμεθοξάμ, ιμιντακλοπριντ)¹⁰⁶ ενώ για ένα τέταρτο (φιπρονίλ) επιβάλλει περιορισμούς. Εν τω μεταξύ επιτρέπει (παρά την απαγόρευση) την περιορισμένη χρήση τους για ένα χρόνο “εάν δεν μπορούν τα κράτη-μέλη να βρουν εναλλακτικούς τρόπους προστασίας για την υπόλοιπη παραγωγή”. Το παράθυρο αυτό στην ουσία ακυρώνει το θαρραλέο, όπως χαρακτηρίστηκε από την περιβαλλοντική κοινότητα, βήμα της Επιτροπής. Την ίδια βέβαια χρονιά με την ψήφιση του Κανονισμού, οι δύο θιγόμενες εταιρείες (Bayer και Syngenta) προσέφυγαν δικαστικώς εναντίον της απόφασης της ΕΕ. Τέλος, το 2015 ξεκίνησε η διαδικασία της επανεκτίμησης της επικινδυνότητας (reassessment) των ως άνω φυτοφαρμάκων με ορίζοντα ολοκλήρωσης το 2017! Είναι προφανές ότι πρόκειται για παιγνίδι για γερά νεύρα και με αβέβαιη κατάληξη.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επαίρεται, και ίσως δικαίως, ότι έχει ένα από τα πιο αυστηρά και πιο δίκαια συστήματα στον κόσμο, σε ότι αφορά τον οικολογικό και υγειονομικό έλεγχο της παραγωγής και της εμπορίας των φυτοφαρμάκων. Σύμφωνα όμως με τις εκτιμήσεις των ιδίων των Κοινοτικών εμπειρογνομωνων, αρκετά από τα παραπάνω απαγορευμένα προϊόντα βρίσκονται ακόμη στους καταλόγους των μη Ευρωπαϊκών πλούσιων χωρών, όπως οι ΗΠΑ και ο Καναδάς, ενώ άλλα συνεχίζουν να παράγονται από την ΕΕ μόνο για εξαγωγή! Οι απαγορεύσεις δεν είναι αρκετές. Ένας μεγάλος αριθμός από τα προϊόντα που τέθηκαν εκτός αγοράς βρίσκεται ακόμη στα χέρια των γεωπόνων και των αγροτών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράνομα, ή αν δεν χρησιμοποιηθεί, να απορριφθεί ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον, ή να παραμείνει αποθηκευμένο σε ακατάλληλα μέρη συνιστώντας μια διαρκή απειλή για ανθρώπους και οικοσυστήματα. Σε μια από τις πιο οργανωμένες προσπάθειες που έγιναν γνωστές παγκοσμίως για τη συλλογή των ληγμένων και απαγορευμένων φυτοφαρμάκων στην Αυστραλία, με τη συνεργασία της ομοσπονδιακής κυβέρνησης και της βιομηχανίας, η συγκομιδή ήταν 2000 τόνοι σε μια διετία.

Το μεγάλο πρόβλημα ήταν οι μεταβατικές διατάξεις. Για πολλά από τα ελεγχόμενα φυτοφάρμακα η απαγόρευση έχει στην ουσία ανασταλτικό χαρακτήρα αφού τους δίνονται προθεσμίες ετών για την απόσυρσή τους από την αγορά. Το επιχείρημα που χρησιμοποιείται είναι πως εξυπηρετούν «βασικές χρήσεις», με άλλα λόγια εφαρμογές για τις οποίες δεν υπάρχει προφανής εναλλακτική δυνατότητα. Το παράδοξο όμως είναι πως οι κατάλογοι που δίνουν οι διάφορες χώρες για τα προϊόντα που θεωρούν ότι εντάσσονταν στην κατηγορία των βασικών χρήσεων, είναι πολύ διαφορετικοί μεταξύ τους σε ότι αφορά το στοχευμένο κάθε φορά γεωργικό είδος.

Παρά την αναμφισβήτητη πρόοδο σε σχέση με το άκρως φιλελεύθερο αλλά

106. Κανονισμός της ΕΕ, Νο 485/2013, 24 Μαΐου του 2013.

ανεύθυνο παρελθόν, είναι φανερό πως η όλη διαδικασία της αναθεώρησης του «παλαιού καθεστώτος» της χημικής καταπολέμησης που λαμβάνει χώρα στην ΕΕ έχει ένα βασικό μειονέκτημα: είναι οπισθοβαρής, αντιμετωπίζει δηλαδή το πρόβλημα αφού εμφανιστεί και μάλιστα με μεγάλη καθυστέρηση λόγω του χρόνου που απαιτεί η γραφειοκρατία: επιστημονικές εκτιμήσεις, επιτροπές, δικαστήρια, αποζημιώσεις και διαφορετικές πολιτικές (εκπορευόμενες από διαφορετικά συμφέροντα) των κρατών – μελών. **Η αρχή της πρόληψης υποκύπτει έτσι στο ρεαλισμό της προστασίας της αγοράς και του ανταγωνισμού.** Γίνεται επίσης σιγα σιγά προφανές ότι η ριζική αλλαγή στον τρόπο προστασίας των καλλιεργειών δεν μπορεί να προκύψει από την απλή απόσυρση ορισμένων προϊόντων, ελπίζοντας πως η αγορά ή η τεχνολογία θα καλύψουν αυτομάτως το κενό. Μια αποτελεσματική, ασφαλής και περιβαλλοντικά αποδεκτή διαχείριση της φυτοπροστασίας απαιτεί και μια ολιστική προσέγγιση που περιλαμβάνει εκτός από τη βιολογική καταπολέμηση και την αναζήτηση ήπιων μεθόδων, την αλλαγή των ποικιλιών, την επαναφορά της προσαρμοσμένης γεωργίας, την αναβίωση παραδοσιακών τεχνικών όπως η αμειψισπορά και η πολυκαλλιέργεια και οπωσδήποτε την διαπαιδαγώγηση των αγροτών. Η έρευνα και η εκπαίδευση μπορούν επίσης να συμβάλουν αποφασιστικά.

Το λανθάνον κοινωνικό κόστος

Η υιοθέτηση γεωργικών μεθόδων που βασίζονται στην εντατική χρήση εξωγενών ουσιών έχει επιφέρει τεράστια κοινωνικά προβλήματα στους αγρότες και στις αγροτικές κοινότητες στην Ευρώπη, αλλά και πέρα από αυτήν. Το βιομηχανικό μοντέλο γεωργίας ευνοεί μία μικρή μόνο μειονότητα αγροτών, κυρίως στις μεγάλες καλλιέργειες των πλέον εύφορων περιοχών της γηραιάς ηπείρου. Έτσι το 6% των αγροκτημάτων δημητριακών στην Ε.Ε. παράγει το 60% της συνολικής ευρωπαϊκής σοδειάς, το 15% της αγελαδοτροφίας παράγει το 50% του γάλακτος και το 10% των κτηνοτροφικών μονάδων παράγει το 50% της συνολικής παραγωγής κρέατος στην Ευρώπη. Από την άλλη μεριά, τα μικρά αγροκτήματα της Ε.Ε. (περίπου το 61% είναι μικρότερα από 50 στρέμματα και βρίσκονται κυρίως στη Μεσόγειο και την Ιρλανδία) είναι, με συμβατικά κριτήρια αντιπαραγωγικά, καθώς η απόδοσή τους είναι μικρή σε σχέση με την εργασία που απορροφούν. Όμως η συνολική αγροτική δραστηριότητα που αντιπροσωπεύουν αυτά τα αγροκτήματα, τα οποία κατά κανόνα ρυπαίνουν λιγότερο και δεν εξαντλούν τους φυσικούς πόρους, έχει τεράστια κοινωνική σημασία για τις περιοχές αυτές.

Παρά τις διαβεβαιώσεις των επισήμων, η βιομηχανική αγροτική πολιτική της Ε.Ε. έχει οδηγήσει στη φτώχεια και τη μετανάστευση ένα μεγάλο μέρος του αγροτικού πληθυσμού. Πολλοί αγρότες αναγκάζονται να εγκαταλείψουν τον αγροτικό τομέα. Ο αγροτικός πληθυσμός της Ε.Ε. μειώνεται συστηματικά με ρυθμούς της τάξεως του 3-4% ετησίως. Για παράδειγμα, το 2013 ο συνολικός αριθμός των εκμεταλλεύσεων έπεσε στα 10,8 εκατομμύρια από 12 που ήταν το 2010, ήτοι μια μείωση του 11,5%. Το ίδιο διάστημα, το μέσο μέγεθος των αγροκτημάτων αυξήθηκε από τα 144 στρέμματα στα 161¹⁰⁷. Καθώς οι αγροτικές περιοχές ερημώνουν, το κόστος των δημοσίων υπη-

107. http://ec.europa.eu/agriculture/rural-area-economics/briefs/index_en.htm (2015).

ρεσιών προς τους εναπομείναντες κατοίκους ολοένα και αυξάνεται, ενώ οι μικρές κοινότητες (π.χ. οι νησιωτικές) χάνουν την οικονομική τους βιωσιμότητα. Το αποτέλεσμα είναι μία συνολική οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική παρακμή της υπαίθρου σε πολλές από τις λιγότερο ευνοημένες περιοχές της Ε.Ε.

Αλλά οι δυσμενείς κοινωνικές επιπτώσεις της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ) της Ε.Ε. δεν περιορίζονται στο εσωτερικό της. Η αυξημένη παραγωγικότητα οδηγεί σε υπερκάλυψη της κατανάλωσης από την παραγωγή και στη δημιουργία μεγάλων αποθεμάτων σε βασικά αγροτικά προϊόντα. Η επιδότηση της αποθήκευσης, της διάθεσης και της εξαγωγής των διογκούμενων αγροτικών πλεονασμάτων αποτελούσε για πολλά χρόνια ένα ολοένα αυξανόμενο μέρος του συνολικού προϋπολογισμού της ΚΑΠ, με βασικό επιχείρημα τη διατροφική ασφάλεια και την προστασία του αγροτικού εισοδήματος εντός της Ε.Ε. Αλλά η επιδοτούμενη διάθεση αυτών των τεράστιων αποθεμάτων στην παγκόσμια αγορά επιφέρει μία δραματική πτώση των τιμών των αγροτικών προϊόντων σε όλο τον κόσμο. Ένα από τα αποτελέσματα αυτής της εξέλιξης είναι ότι οι χώρες του Τρίτου Κόσμου χάνουν διαρκώς ένα σημαντικό μέρος από το μερίδιό τους στην παγκόσμια αγορά τροφίμων. Παραδείγματος χάριν, μέσα στις δύο τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα, το μερίδιο των αναπτυσσόμενων χωρών στην παγκόσμια αγορά δημητριακών μειώθηκε από 16% σε 12%. Το αντίστοιχο ποσοστό για τη ζάχαρη μειώθηκε από 68% σε 58% και για το κρέας από 20% σε 12%. Αν συνυπολογίσουμε την οικονομική ζημιά από τη μείωση των τιμών, γίνεται σαφές ότι η διαδικασία αυτή έχει καταστροφικές επιπτώσεις ειδικά σε εκείνες τις χώρες που βασίζουν την οικονομία τους στην εξαγωγή αγροτικών προϊόντων.

Με μια διαφορετική διατύπωση μπορούμε να πούμε ότι οι επιδοτούμενες εξαγωγές ευρωπαϊκών πλεονασμάτων τροφίμων σε χώρες του Τρίτου Κόσμου υπονομεύουν την τοπική γεωργία και την κοινωνική συνοχή. Στο Μπουρούντι, παραδείγματος χάριν, το ευρωπαϊκό σιτάρι πουλιέται κατά 40% φθηνότερα από το ντόπιο, στερνώντας στους τοπικούς αγρότες την πρόσβαση στην εσωτερική αγορά. Στο Τόνγκο το βοδινό κρέας που προέρχεται από την Ε.Ε. πουλιέται 25% φθηνότερα από την αντίστοιχη τιμή των ζωντανών ζώων και 80% φθηνότερα από την τιμή του στη διεθνή αγορά. Κατά ειρωνικό τρόπο, η εξέλιξη αυτή υπονομεύει το πρόγραμμα για την ανάπτυξη της παραδοσιακής κτηνοτροφίας, το οποίο επιδοτείται από την Ε.Ε. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι η εγκατάλειψη της αγροτικής δραστηριότητας από πολλούς αγρότες του Τρίτου Κόσμου, η αποσύνθεση των παραδοσιακών κοινοτήτων, η ερήμωση των αγροτικών περιοχών και η έκρηξη της αστυφιλίας, με όλη την κοινωνική, οικονομική, πολιτισμική, υγειονομική και οικολογική εξαθλίωση που συνεπάγεται αυτή η διαδικασία. Οι χαμηλές τιμές πιέζουν ακόμα περισσότερο τους εναπομείναντες αγρότες να εντατικοποιήσουν την παραγωγή τους, συνεισφέροντας κι άλλο στην αποψίλωση των δασών, την καταστροφή του εδάφους, τη διάβρωση και την ερημοποίηση της υπαίθρου.

Το 2002, η OXFAM, μια διεθνής μη κυβερνητική οργάνωση που δραστηριοποιείται στον τομέα του διεθνούς εμπορίου, με αφορμή το εμπόριο της ζάχαρης, ξεκίνησε μια καμπάνια εναντίον της επιδότησης των εξαγόμενων αγροτικών προϊόντων. Τα στοιχεία αποκάλυψαν τότε ότι οι Ευρωπαίοι καταναλωτές και οι φορολογούμενοι, πλήρωναν στο διάστημα 1980-2000, 1,6 δις € ετησίως μόνο για τη ζάχαρη και 10 δις € για τα υπόλοιπα προϊόντα, στηρίζοντας μια γεωργία που θα ήταν δύσκολο να αντέξει αλλιώς στον διεθνή ανταγωνισμό. Οι επιδοτήσεις και οι δασμοί γεννούν πολλά κέρδη για τους μεγάλους κτηματίες και τους προμηθευτές, καθώς και σημαντικά πλε-

ονάσματα που τα «αδειάζουν» στις διεθνείς αγορές. Οι τιμές όμως εκτός των συνόρων της ΕΕ είναι κατά 50-65% χαμηλότερες απ' αυτές που παρατηρούνται στην εσωτερική αγορά. Πρόκειται για μια κλασσική περίπτωση ντάμπιγκ¹⁰⁸ απέναντι στο οποίο οι μικροί ιδιοκτήτες και οι εργαζόμενοι στα αγροκτήματα των φτωχών χωρών δεν μπορούν να αμυνθούν. Η κατάσταση αυτή συνεχίστηκε μέχρι το 2015 οπότε η ΕΕ αποφάσισε την περικοπή όλων αυτών των επιδοτήσεων (και των επιδοτήσεων γενικό-τερα) με ημερομηνία έναρξης την 1.1.2016 και μέχρι το τέλος του 2018. Έτσι κλείνει μια μεγάλη περίοδος για την Κοινή Αγροτική Πολιτική, κατά την οποία πολλές ΜΚΟ όπως η Oxfam, η Fairtrade, η Greenpeace κ.α. έπεξαν καθοριστικό ρόλο.

Από την άλλη μεριά, το μεγάλο πλεόνασμα αγροτικών και ειδικότερα κτηνο-τροφικών προϊόντων της Ε.Ε. εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εισαγωγή πρώ-των υλών από τρίτες χώρες. Περίπου το 38% των δημητριακών όλου του κόσμου κα-ταναλώνεται σήμερα από την εσταυλισμένη κτηνοτροφία. Στη Βραζιλία και την Αρ-γεντινή, η έκταση που προορίζεται για την καλλιέργεια ζωοτροφών έχει αυξηθεί από 15 σε 55 εκατομμύρια εκτάρια μέσα στα τελευταία 40 χρόνια.

Η επέκταση της καλλιέργειας ζωοτροφών στον Τρίτο Κόσμο δεν αυξάνει μόνο τη χρήση αγροχημικών, αλλά επιπλέον συμπιέζει την παραγωγή προϊόντων που προ-ορίζονται για την εγχώρια κατανάλωση, μία εξέλιξη που θίγει κυρίως τα φτωχότερα στρώματα. Στη Βολιβία, παραδείγματος χάρη, οι αυτόχθονες κάτοικοι υποχρεώθη-καν να εγκαταλείψουν τη γη τους, ενώ τεράστιες περιοχές ζούγκλας αποψιλώθηκαν για να εξασφαλίσουν εδάφη για την καλλιέργεια εξαγωγικής σόγιας η οποία χρησι-μοποιείται στις χώρες προορισμού ως ζωοτροφή. Η Παγκόσμια Τράπεζα υποστήριξε αυτό το πρόγραμμα. Την ίδια στιγμή, οι καταναλωτές των αναπτυγμένων χωρών κα-ταναλώνουν δυσανάλογα μεγάλες ποσότητες κρέατος: 104 κιλά κατά κεφαλή το χρό-νο στην Αυστρία, 91 στη Γαλλία, 89 στη Γερμανία, 77 στην Ιταλία κ.λπ., ενώ οι αντί-στοιχες ποσότητες στην Ταϊλάνδη είναι 8 κιλά και στην Ινδία μόλις 2 κιλά.

Η τεράστια εισαγωγή ζωοτροφών, από τη μία μεριά εξαντλεί το έδαφος των αναπτυσσόμενων χωρών από τα θρεπτικά συστατικά του, ενώ από την άλλη αποτε-λεί ένα βασικό παράγοντα ανεξέλεγκτης απελευθέρωσης θρεπτικών συστατικών και ενέργειας στο αγροτικό οικοσύστημα της Ευρώπης. Η όλη διαδικασία συνιστά μία τε-ράστια μεταφορά θρεπτικών συστατικών από τον Τρίτο Κόσμο, όπου αρχίζουν να ελ-λείπουν, προς την αναπτυγμένη Δύση, όπου πλεονάζουν και δημιουργούν περιβαλλο-νικά προβλήματα. Στην Ελλάδα π.χ. την περίοδο 1988-1993 αποσύρθηκαν και κατα-στράφηκαν 3,4 εκατ. τόνοι φρούτων. Το φαινόμενο των «χωματερών» με τα αγροτικά πλεονασματικά, ακατάλληλα, ή αδιάθετα προϊόντα περιορίστηκε στη συνέχεια σημα-ντικά, με συγκυριακές όμως εξάρσεις όπως το 2014 που μόνο στην Πέλλα αποσύρθη-καν 22.000 τόνοι ροδάκινων λόγω του Ευρωπαϊκού εμπάργκο στη Ρωσία.

Υπό το βάρος των σημαντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων, τις αντιδρά-σεις των καταναλωτών και τη γενικότερη στροφή προς τις πολιτικές της αειφορίας, η αγροτική πολιτική της ΕΕ, άρχισε να αλλάζει προσανατολισμό. Το έτος 2001 ήταν ορόσημο: το Συμβούλιο Κορυφής του Γκέτεμποργκ έβαλε το θεμέλιο λίθο της μεταρ-ρύθμισης η οποία μεταξύ άλλων θα έδινε έμφαση «στην παραγωγή προϊόντων υψη-

108. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Εμπορίου, υπάρχει ντάμπιγκ όταν μια εταιρεία ή μια χώρα εξάγει ένα προϊόν σε τιμές χαμηλότερες από αυτές που ισχύουν στην εσωτερική αγορά.

λής ποιότητας, θα υιοθετούσε τις αρχές της αειφορίας στη γεωργική πρακτική, θα προωθούσε τις βιολογικές καλλιέργειες, θα ενθάρρυνε τη χρήση ανανεώσιμων πόρων και θα συντελούσε στην προστασία της βιοποικιλότητας». Οι διακηρύξεις αυτές είχαν το αντίστοιχό τους στις επί μέρους πολιτικές. Τα αγροπεριβαλλοντικά προγράμματα της ΕΕ θα ευνοούσαν πλέον, όχι τις εντατικές αλλά τις εκτατικές μορφές παραγωγής, την ολοκληρωμένη διαχείριση, την αγροανάπτυξη, την διατήρηση της υπαίθρου και του αγροτικού τοπίου, την δάσωση των αγρών, τον αγροτουρισμό, την πολυαπασχόληση. Το πράσινο της ΚΑΠ αφορούσε προφανώς και τις χρηματοδοτήσεις. Το Πρόγραμμα Δράσης του 2000 προέβλεπε την «δυνατότητα μετατόπισης της στήριξης από «πολιτική για την αγορά», προς μέτρα τα οποία θα συμβάλλον σε περιβαλλοντικά αβλαβείς γεωργικές πρακτικές». Η μετατόπιση αυτή εκλήθη *διαφορισμός* αλλά προς το παρόν αφορά ένα πολύ μικρό ποσοστό των επιδοτήσεων.

Η, έστω και δειλή, μετατόπιση των προσανατολισμών της ΚΑΠ, σε συνδυασμό με την σημαντική δράση των πράσινων κομμάτων στην Ευρώπη, έφερε καρπούς. Μία απ' τις μετρήσιμες συνέπειες ήταν η θεαματική αύξηση των βιολογικά καλλιεργούμενων εδαφών. Σύμφωνα με το Eurostat η Ευρώπη αύξησε τις εκτάσεις αυτές από το 57 εκατομμύρια στρέμματα το 2002 στα 96 εκ. στρ. το 2011. Βέβαια, αν και πρόκειται για μια σημαντική εξέλιξη, το ποσοστό (5,4%) επί του συνόλου των καλλιεργειών παραμένει χαμηλό. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΕ για το 2015 ο αριθμός των εκμεταλλεύσεων έφτανε τις 186.000 με το μεγαλύτερο ποσοστό απ' αυτές να βρίσκεται στις χώρες που εντάχθηκαν στην Ένωση πριν το 2004 (Ευρώπη των 15). Σιγά σιγά όμως ακολουθούν και οι υπόλοιπες, με ετήσια ποσοστά αύξησης 13%.

Στην Ελλάδα σημαντική ώθηση στη βιολογική γεωργία έδωσαν τα προγράμματα επιδοτήσεων της περιόδου 2004-2006 που είχαν ως σαν αποτέλεσμα τον υπερτετραπλασιασμό των καλλιεργήσιμων εκτάσεων (από 389 χιλ. σε 1.700.000 στρέμματα) και την αύξηση των βιοκαλλιεργητών από 6.186 σε 23.880. Στη συνέχεια όμως λόγω της περιορισμένης εμβέλειας των νέων προγραμμάτων παρουσιάστηκε κάποια σταθεροποίηση, ενώ το 2010 και το 2011 είχαμε μια αισθητή μείωση των μεγεθών. Με δεδομένο ότι η επίδραση της οικονομικής κρίσης δεν ήταν καθοριστική για την εξέλιξη αυτή (αφού η πορεία των διεθνών αγορών παραμένει θετική) προκύπτει το συμπέρασμα, ότι **το βασικό κίνητρο για δραστηριοποίηση αρκετών αγροτών στη βιολογική παραγωγή ήταν οι επιδοτήσεις και όχι ο επιχειρηματικός οραματισμός ή οι οικολογικές ανησυχίες.**

Το 2011 η συνολική βιολογική έκταση στη χώρα μας ήταν 2.132.800 στρέμματα εκ των οποίων 56,9% ήταν καλλιεργήσιμες εκτάσεις και το 43,1% βοσκότοποι και λιβάδια. Η ελαιοκαλλιέργεια κάλυπτε συνολικά το 42,8% των συνολικά καλλιεργούμενων βιολογικών εκτάσεων (31% ελιές ελαιοποίησης και 11,8% βρώσιμες ελιές), τα δημητριακά μαζί με το ρύζι το 22,1%, τα αμπέλια το 4%, οι καρποί για ζωοτροφές το 3,1%, τα νωπά λαχανικά το 2,4%, οι ελαιούχοι σπόροι το 2,3%, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά το 1,5%, τα εσπεριδοειδή το 1,5%, τα οπωροφόρα το 1,3% και οι λοιπές καλλιέργειες το 18%. Το 2011 σημειώθηκε για πρώτη φορά μείωση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων κατά 23% σε σχέση με το προηγούμενο έτος.

Η σχετική υστέρηση του κλάδου στην Ελλάδα οφείλεται μεταξύ άλλων και στο γεγονός ότι οι Έλληνες αγρότες δεν έχουν κατανοήσει, στο ποσοστό που απαιτείται, ότι η οργανική γεωργία είναι ένας συνολικά διαφορετικός τρόπος παραγωγής

και δεν αρκεί η αντικατάσταση των χημικών εισροών με τις βιολογικές, αν και αυτό είναι η αφετηρία και το βασικό κριτήριο για τις επιδοτήσεις και την πιστοποίηση¹⁰⁹.

Μια απ' τις σημαντικότερες υποθέσεις που σημάδεψαν τις εξελίξεις στην Ευρώπη του τέλους του 20ου αιώνα, ήταν σίγουρα το «σκάνδαλο των τρελών αγελάδων» (βλ. παραπάνω). Η χρονική έκταση των γεγονότων, οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και την αγροτική οικονομία και η στάση των θεσμικών οργάνων, έφεραν στην επιφάνεια την προϊστορία αυτού που σήμερα ονομάζεται *διατροφικό ρίσκο*, καθώς και τις προσπάθειες των οργανωμένων κοινωνιών να ελέγξουν την κατάσταση. Και τότε όμως όπως και τώρα, το πραγματικό διακύβευμα δεν ήταν ο μηδενισμός του κινδύνου, αλλά η εξεύρεση ενός συμβιβασμού ανάμεσα στην ελευθερία της αγοράς και στην αντίληψη του κόσμου για τη διατροφική ασφάλεια. Στην διευθέτηση αυτής της σχέσης (ή της αντίθεσης) σημαντικό ρόλο παίζει η επιστημονική κοινότητα, αλλά και τα μέσα ενημέρωσης.

Χαρακτηριστικό εν προκειμένω είναι το παράδειγμα της Αμερικής. Στις αρχές του 1906, ο σοσιαλιστής συγγραφέας Upton Sinclair δημοσιεύει ένα μυθιστόρημα με τίτλο «η ζούγκλα». Αναφέρεται στη δραματική ιστορία μιας οικογένειας Λιθουανών μεταναστών καταδικασμένων να ζήσουν και να τελειώσουν τη ζωή τους στα εργοστάσια «παραγωγής κρέατος» εκείνης της εποχής. Στο βιβλίο περιγράφονται με λεπτομέρειες τόσο η οργάνωση της εργασίας στα ήδη βιομηχανοποιημένα σφαγεία, όσο και οι απαράδεκτες συνθήκες υγιεινής: «*Το κρέας που προορίζονταν για λουκάνικα σερνόταν πάνω στη σκόνη των δαπέδων την ανακατωμένη με πριονίδια από κόκαλα εκεί που οι εργάτες εξουθενωμένοι έφτναναν δισεκατομμύρια μικρόβια της φυματίωσης. Τα σφάγια βρίσκονταν αποθηκευμένα σε χώρους των οποίων έσταζε η οροφή και όπου κυκλοφορούσαν στρατοί από ποντίκια. Για να τα αντιμετωπίσουν οι υπεύθυνοι τοποθετούσαν κομμάτια από δηλητηριασμένο ψωμί στα επίκαιρα σημεία. Το σύνολο, κρέας, ποντίκια και δηλητήρια, μεταφέρονταν στις αλεστικές μηχανές...*».

Η «ζούγκλα» γνώρισε μεγάλη εκδοτική επιτυχία στις ΗΠΑ και μέσα σε λίγους μήνες οι πωλήσεις ξεπέρασαν τις 100.000 αντίτυπα. Αργότερα έγινε κινηματογραφική ταινία και ενέπνευσε ένα ολόκληρο κίνημα σε μια περίοδο που οι ιστορικοί ονόμασαν «εποχή του προοδευτισμού». Πρωταγωνιστές ήταν κυρίως δημοσιογράφοι οι οποίοι αποκαλύπταν το ένα μετά το άλλο σκάνδαλα που συνδέονταν με τη



Το εξώφυλλο του βιβλίου του Upton Sinclair.

109. Πιστοποίηση: Ο έλεγχος της εφαρμογής όλων των κριτηρίων ώστε μία καλλιέργεια, ή μια γεωργική διαδικασία να κληθεί βιολογική (ή οργανική). Ο έλεγχος γίνεται από εξουσιοδοτημένους οργανισμούς και αφορά ολόκληρη την παραγωγική αλυσίδα: έδαφος, πρακτικές, προϊόντα κτλ.

δημόσια υγεία, την ανοικοδόμηση ή τα οικονομικά της τοπικής αυτοδιοίκησης. Παράλληλα, κατήγγειλαν τη διαφθορά των διαπλεκόμενων πολιτικών ή τις απειλές που εκτόξευε «μια αδιάτακτη βιομηχανία η οποία αδιαφορεί για την υγεία των πολιτών». Η κινητοποίηση αυτή βρήκε ανταπόκριση σε πλατιά στρώματα της μεσαίας τάξης, αλλά ιδιαίτερα στους «μορφωμένους» εκπροσώπους της, μηχανικούς, δικηγόρους, γιατρούς και εκπαιδευτικούς, που απαιτούσαν μεταρρυθμίσεις, χρηστή διοίκηση και επιστημονική διαχείριση των δημόσιων πραγμάτων. Έτσι, η εποχή του προοδευτισμού συνδύασε την ανακάλυψη του ταινλορισμού με την ανάδειξη μιας περιοριστικής νομοθεσίας και νέων κρατικών ανεξάρτητων αρχών. Συνετέλεσε επίσης στην δημιουργία ενός νέου υποκειμένου, του καταναλωτή, τα δικαιώματα του οποίου ήρθαν να προστεθούν στη λίστα των διεκδικήσεων για περισσότερη δημοκρατία, εργασία και ισότητα.

Ο πρώτος πολιτικός που ανταποκρίθηκε στο αίτημα της αλλαγής ήταν ο Φραγκλίνος Ρούσβελτ. Χωρίς να υιοθετεί *a priori* τις καταγγελίες της «ζούγκλας», αλλά και χωρίς να τις απορρίπτει, εγκαινίασε το θεσμό των επιστημονικών επιτροπών. Η έκθεση των δύο κοινωνιολόγων που ανέλαβαν να αναλύσουν την περίπτωση των σφαγείων του Σικάγο, δημοσιεύεται δύο μέρες πριν από τη συζήτηση στο κοινοβούλιο πάνω στο νέο νόμο για τα τρόφιμα. Η επίσημη αναγνώριση της δημόσιας ανησυχίας για την ποιότητα της διατροφής, επηρέασε έτσι τους όρους της συζήτησης. Διαδικασίες όπως ο έλεγχος των προϊόντων, η αναγραφή της ημερομηνίας παρασκευής και οι φόροι πάνω στις πωλήσεις οι οποίοι προοριζόνταν να χρηματοδοτήσουν τους ελέγχους, φαινόταν πως ήταν πια αναπόφευκτο να ψηφιστούν. Εκείνοι που αντέδρασαν βέβαια, και μάλιστα σθεναρά, ήταν όσοι συνδέονταν με τη βιομηχανία των τροφίμων. Το αποτέλεσμα ήταν – όπως συνήθως συμβαίνει σ’ αυτές τις περιπτώσεις – ένας συμβιβασμός. Ο νέος νόμος δεν έθετε ακριβώς τους όρους μέσα απ’ τους οποίους θα διασφαλιζόταν η ποιότητα, αλλά έκανε για πρώτη φορά υποχρεωτική τη σήμανση των τυποποιημένων προϊόντων, καθώς και την ταύτιση της αναγραφόμενης σύνθεσης με το πραγματικό περιεχόμενο της συσκευασίας. Ήταν ένα υβρίδιο ανάμεσα στη χημεία και την αγορά, ανάμεσα στην ελευθερία της επιχειρηματικότητας και το δικαίωμα στη σωστή πληροφόρηση των καταναλωτών.

Στον έναν αιώνα που πέρασε από τότε, με την αλματώδη ανάπτυξη της βιομηχανίας τροφίμων, τα προβλήματα της εποχής εκείνης ίσως να φαίνονται απλοϊκά, ή ακόμα χειρότερα, φορτισμένα με ιδεολογίες. Κι όμως, οι σύγχρονες αντιπαραθέσεις γύρω από τις ορμόνες στα βοοειδή και τα πουλερικά, ή τα *μεταλλαγμένα* αγροτικά προϊόντα, παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες με τα μακρινά εκείνα γεγονότα: δημοσιότητα μέσω του τύπου, κινητοποίηση των καταναλωτών και των οργανώσεων, παρέμβαση του κράτους και της επιστημονικής κοινότητας. Με μια σημαντική όμως διαφορά: ενώ στις αρχές του 20ου αιώνα οι επιστήμονες και τα εργαστήρια ήταν το ασφαλές καταφύγιο για τη διασφάλιση του δημόσιου συμφέροντος, στις μέρες μας, είναι η ίδια η επιστήμη και η τεχνολογία που τίθενται σε αμφισβήτηση. Όχι μόνο μέσα από το ειδικό βάρος που έχουν αποκτήσει ορισμένοι κλάδοι οι οποίοι αναπτύχθηκαν μέσα στις δομές των πολυεθνικών, αλλά και μέσα από τη διαπλοκή τους με τις κρατικές και διακρατικές υπηρεσίες. Και το ερώτημα που τίθεται είναι εάν η σημερινή πραγματικότητα έχει πράγματι ανάγκη και από νέους θεσμούς οι οποίοι όχι μόνο θα εισφέρουν στην αντικειμενική αξιολόγηση των επιπτώσεων, αλλά και θα ελέγχουν τους ίδιους τους ελεγκτές.

Επιτροπές και ορμόνες

Χαρακτηριστικό παράδειγμα όπου η διαδικασία της προσφυγής στις επιτροπές των ειδικών οδηγήθηκε σε πλήρη αποτυχία, είναι σίγουρα η περίπτωση «ορμόνες στα βοοειδή». Η μέθοδος αυτή της ανάπτυξης των ζώων, απαγορευμένη στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά γενικευμένη στις ΗΠΑ και τον Καναδά, έγινε αντικείμενο πολλών επιστημονικών επιτροπών και εκθέσεων με αντιφατικά μεταξύ τους συμπεράσματα. Τον Φεβρουάριο του 1999, η Κοινή Επιτροπή για τα Πρόσθετα στα Τρόφιμα (JECFA) του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας, εξετάζοντας για μια ακόμη φορά το ζήτημα της ύπαρξης ή όχι υπολειμμάτων ορμονών στο νωπό κρέας, κατέληγε στο συμπέρασμα ότι «τα περιθώρια ασφαλείας είναι μεγάλα, αρκεί να εφαρμόζονται οι σωστές κτηνιατρικές πρακτικές». Περιθώρια τόσο μεγάλα που η επιτροπή έκρινε περιττό να προτείνει ανώτατες τιμές ασφαλείας σε ότι αφορά την περιεκτικότητα των προϊόντων σε υπολείμματα, εννοώντας με αυτό ότι «δεν συνιστούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία». Τον Απρίλιο του ίδιου έτους η Επιστημονική Επιτροπή για τα Κτηνιατρικά Μέτρα σχετικά με τη Δημόσια Υγεία (SCVMPH) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σε μια πολυσέλιδη έκθεση, οδηγούνταν σε ένα άκρως αντίθετο πόρισμα: «οι ορμόνες μπορεί να προσβάλλουν το ανοσοποιητικό σύστημα, να έχουν ενδοκρινολογική, νευροβιολογική, γονιδοτοξική και καρκινογόνο δράση ή να επηρεάζουν την ανάπτυξη». Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ορμόνη, η 17β οιστραδιόλη, μπορεί, σύμφωνα με την έκθεση, να θεωρηθεί ως ένα πλήρες καρκινογόνο καθώς είναι ταυτόχρονα και ενεργοποιητής και πρόξενος καρκινικών όγκων.

Τον επόμενο Οκτώβριο, μια επιστημονική επιτροπή συγκροτημένη από το βρετανικό υπουργείο γεωργίας έκανε κριτική στην ευρωπαϊκή έκθεση και επιβεβαίωσε τα συμπεράσματα της JECFA για την αθωότητα των υπολειμμάτων. Δυο μήνες αργότερα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Φαρμάκων, οργανισμός εξαρτώμενος από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, επικύρωσε το πόρισμα της SCVMPH η οποία με τη σειρά της σε μια καινούργια ανακοίνωση δεν δίσταζε να επαναλάβει πως «η αυξημένη έκθεση σε ορμόνες μέσα από τη διατροφική αλυσίδα μπορεί να συνδεθεί με αύξηση του κινδύνου για καρκίνο και δημιουργία ανωμαλιών στην ανάπτυξη». Παρά την προσεκτική γλώσσα και την διπλωματική διατύπωση, το μήνυμα προς την άλλη πλευρά του Ατλαντικού (και γενικότερα το αγγλοσαξωνικό σύστημα) ήταν σαφές. Έτσι, το 1988 η ΕΕ απαγορεύει την εισαγωγή βοδινού κρέατος από τις ΗΠΑ, τον Καναδά, την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία, με την αιτιολογία της προστασίας της δημόσιας υγείας από τη χρήση ορμονών. Η απόφαση αυτή προκάλεσε την παρέμβαση του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου, που στην προσπάθειά του να επιδιαιτητεύσει τη διαφορά, παίρνει το μέρος της αμερικανικής πλευράς και αναγκάζει την Επιτροπή να προβεί σε νέα *εκτίμηση επικινδυνότητας* (risk assessment) για την ανάδειξη των πραγματικών κινδύνων. Από τότε ξεκίνησε μια νέα σειρά εκθέσεων με αποκορύφωμα αυτήν της 1ης Μαΐου του 1999, όπου ο ίδιος ο Ζακ Σιράκ ως προεδρεύων της Επιτροπής, δηλώνει πως τα συμπεράσματα των ερευνών δικαιολογούν τη συνέχιση του εμπάργκο, ενώ η επίσημη ανακοίνωση χαρακτηρίζει για μια ακόμη φορά την οιστραδιόλη ως *ολοκληρωμένο καρκινογόνο*. Η αμερικανική και η βρετανική πλευρά με τη σειρά τους αντιτείνουν πως δεν απαντήθηκαν οι συγκεκριμένες επιστημονικές αιτιάσεις και ότι δεν προσκομίστηκε κανένα καινούργιο στοιχείο ικανό να διαφοροποιήσει τη δική τους άποψη.

Τι είναι όμως εκείνο που έκανε τις ένθεν και ένθεν επιστημονικές επιτροπές –

υψηλοτάτου επιπέδου κατά τεκμήριο – να φτάνουν σε τόσο αντιδιαμετρικές τοποθετήσεις; Η εξυπηρέτηση διαφορετικών πολιτικών συμφερόντων, επενδεδυμένων με επιστημονικό μανδύα, εκτιμούν οι πιο ουδέτεροι αναλυτές. Αυτό όμως δεν είναι αρκετό. Υπάρχει διαφορά και στην ίδια τη μεθοδολογία. Έτσι, είναι γνωστό για παράδειγμα ότι η διαδικασία της εκτίμησης της επικινδυνότητας συνίσταται από τέσσερα στάδια: το πρώτο αφορά την ταυτοποίηση του κινδύνου, το δεύτερο τον χαρακτηρισμό του, το τρίτο τον υπολογισμό της έκθεσης και το τέταρτο την καθαυτό εκτίμηση της επικινδυνότητας. Εκείνο που προσάπτει η JECFA στην SCVMPH εν προκειμένω, είναι ότι αρκέστηκε στα δύο πρώτα στάδια χωρίς να προχωρήσει στα δύο επόμενα και καθοριστικά. Και προσθέτει: η οιστραδιόλη είναι άλλωστε μια φυσική ορμόνη (στεροειδές) που υπάρχει τόσο στα ζώα όσο και στον άνθρωπο.

Το επιχείρημα από την άλλη μεριά είναι ότι οι ποσότητες των ορμονών που υπάρχουν στο κρέας είναι πέραν του «φυσιολογικού» και άρα ικανές να προκαλέσουν καρκίνο ή αλλοιώσεις γενετικές. Το ερώτημα που ακολουθεί είναι «από πιο σημείο και μετά η κατανάλωση τέτοιων ουσιών είναι πράγματι επικίνδυνη;». Ένα ερώτημα που στην ουσία δεν έχει μια μονοσήμαντη απάντηση, μια και η σκατάλη περνά από τους βιολόγους στους επιδημιολόγους, από το εργαστήριο στην στατιστική.

Ευρώπη εναντίον Αμερικής

Με την εγκαθίδρυση του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου (ΠΟΕ) καταργήθηκε και ένας μεγάλος αριθμός από τελωνειακούς περιορισμούς και ποσοτώσεις πάνω στα τρόφιμα που μπορούσαν να επιβληθούν απ' τις διάφορες χώρες. Επειδή όμως υπήρχε φόβος ότι τα εμπόδια στο διεθνές εμπόριο θα αναδεικνύονταν μέσα από άλλους δρόμους, εν προκειμένω με το επιχείρημα της προστασίας της δημόσιας υγείας, ο ΠΟΕ θέσπισε διαδικασίες με βάση τις οποίες τα ζητήματα της διατροφικής ασφάλειας θα έπρεπε να ακολουθούν τους κανόνες που έθεταν δύο βασικές Συνθήκες: η Υγειονομική και Φυτοϋγειονομική Συμφωνία (ASP), καθώς και η Συμφωνία για τα Τεχνικά Εμπόδια στο Εμπόριο (ΑΟΤC). Έτσι, με την επίκληση και τη συνδρομή της επιστήμης, ο ΠΟΕ πίστεψε πως θα απεφεύγετο η προσχηματική επιστράτευση επιχειρημάτων υπέρ της υγείας, ο αθέμιτος ανταγωνισμός και τα πολιτικά παιγνίδια γύρω από ζητήματα που ήταν από τη φύση τους ασαφή και αμφιλεγόμενα. Όμως, αντί οι ρυθμίσεις αυτές να φέρουν την γαλήνη και την εξυγίανση στην αγορά, όξυναν τις αντιθέσεις και εκτόπισαν τα περιβαλλοντικά θέματα προς όφελος της ελευθερίας του εμπορίου.

Στην πράξη οι συγκρούσεις περιστρέφονταν γύρω από δύο αντιδιαμετρικές προσεγγίσεις: την *αρχή της προφύλαξης* και την ανάλυση της επικινδυνότητας. Οι υποστηρικτές της πρώτης θεωρούν ότι κανένα βιομηχανικό προϊόν δεν είναι αθώο εκτός κι αν αυτό αποδειχθεί. Με άλλα λόγια, η προληπτική δράση που μπορεί να φτάσει έως και την απαγόρευση, μας προστατεύει από τις δυσάρεστες εκπλήξεις στο μέλλον. Οι υποστηρικτές της δεύτερης δεν δέχονται την επιβολή περιορισμών στο βαθμό που δεν υπάρχουν επιστημονικές αποδείξεις για τις επιπτώσεις των υποτιθέμενων βλαπτικών παραγόντων στους ζωντανούς οργανισμούς και ιδιαίτερα στον άνθρωπο.

Το φλέγον ζήτημα των *Γενετικά Τροποποιημένων Οργανισμών* (ΓΤΟ) αποτελεί κλασσικό πλέον παράδειγμα αυτής της αντιπαράθεσης. Όσοι προτείνουν την εφαρμογή της αρχής της προφύλαξης, βασίζονται στη διαπίστωση ότι δεν διαθέτουμε τα

επαρκή στοιχεία για να θεμελιώσουμε την μη βλαπτικότητα των ΓΤΟ. Εφόσον πρόκειται για καινοφανή προϊόντα, λένε, που παράγονται με τη μεταφορά γονιδιακού υλικού παραβιάζοντας τις διαχωριστικές γραμμές ανάμεσα στα είδη, δεν είναι δυνατόν να προβλέψουμε τους κινδύνους που εγκυμονούν. Θα έπρεπε λοιπόν, με βάση αυτήν την υπόθεση, πριν το οποιοδήποτε νέο προϊόν να δοθεί στην κατανάλωση, να έχουν προηγηθεί όλοι οι δυνατοί έλεγχοι και ο σχετικός διάλογος με τους χρήστες – καταναλωτές. Από την άλλη μεριά, όσοι αντιπαραθέτουν την αρχή της ανάλυσης επικινδυνότητας, υποστηρίζουν ότι οι ΓΤΟ όπως το καλαμπόκι και η σόγια που είναι ανθεκτικοί στα ζιζανιοκτόνα, δεν διαφέρουν βασικά από τα υπόλοιπα γεωργικά προϊόντα που αποτελούν τη βάση της διατροφής μας. Επιπλέον, υπενθυμίζουν, δεν υπάρχει καμιά απόδειξη για τη βλαπτικότητά τους. Άρα, τίποτε δεν εμποδίζει την κατανάλωσή τους.

Η αρχή της προφύλαξης έχει υιοθετηθεί επίσημα από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αντίθετα, οι ΗΠΑ φέρονται ως θιασώτες της ανάλυσης επικινδυνότητας και υπέρμαχοι μιας πιο «τολμηρής» πολιτικής που δεν βάζει φρένο στην ανάπτυξη, την πρόοδο και την καινοτομία. Αν και αυτό είναι αλήθεια σε αρκετές περιπτώσεις, στην πραγματικότητα τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Σε πολλές χώρες της νότιας Ευρώπης μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, η παραγωγή των μη παστεριωμένων τυριών είναι αρκετά διαδεδομένη. Η τεχνική που ανακάλυψε ο Παστέρ πριν χρόνια, δεν ήταν επαρκής λόγος για να εγκαταλειφθούν παραδοσιακές διατροφικές συνήθειες με βαθιές ρίζες στην ιστορία των κοινωνικών δομών. Στη Γαλλία για παράδειγμα, το 20% των τυροκομικών προϊόντων δεν είναι παστεριωμένα, παρόλο που ευθύνονται για αρρώστιες και μικροβιακές μολύνσεις που μπορεί να φέρουν ακόμη και το θάνατο. Οι κίνδυνοι που συνδέονται με την κατανάλωση μη παστεριωμένων τυριών είναι γνωστοί και από τις δυο πλευρές του Ατλαντικού. Απλώς στην Ευρώπη το ρίσκο αυτό, μπροστά στην απόλαυση που προσφέρει το φρέσκο τυρί, θεωρείται πολύ μικρό, ενώ στην Αμερική θεωρείται απαράδεκτο. Έτσι στις ΗΠΑ απαγορεύεται η εισαγωγή των τυριών αυτών εκτός κι αν έχουν κλείσει μια περίοδο ωρίμανσης μεγαλύτερη των 60 ημερών. Ποιοι έχουν δίκιο; Οι Αμερικανοί που είναι υπέρ το δέον προσεκτικοί, ή οι Γάλλοι που μπροστά στην απόλαυση ξεχνούν την αρχή της προφύλαξης και σηκώνουν τα χέρια μαζί με το στρατηγό Ντε Γκολ που είχε αναφωνήσει το περίφημο: *πώς να κυβερνήσεις μια χώρα με 240 διαφορετικά είδη τυριών!*

Δείγματα όμως τέτοιας ασυνέπειας θα βρούμε κι από την άλλη πλευρά. Οι ΗΠΑ εν προκειμένω, ενώ είναι υπέρμαχοι της ανάλυσης επικινδυνότητας για τους ΓΤΟ, δεν κάνουν το ίδιο σε άλλες περιπτώσεις. Στην δεκαετία του 90, αρκετοί κτηνοτρόφοι της περιοχής του Βερμόντ, ζήτησαν να τους επιτραπεί η εισαγωγή μιας ειδικής ποικιλίας προβάτων από τις Κάτω Χώρες, γνωστή για τη μεγάλη γαλακτοκομική της απόδοση. Οι πωλητές είχαν πραγματοποιήσει όλους τους ελέγχους και είχαν όλα τα πιστοποιητικά που απαιτούσε το αμερικανικό υπουργείο γεωργίας. Εντούτοις, η εισαγωγή δεν πραγματοποιήθηκε ποτέ. Οι αρχές των ΗΠΑ στην περίπτωση αυτή εφάρμοσαν την αρχή της προφύλαξης με το εξής σκεπτικό: *«υπάρχουν αρκετά κενά στις γνώσεις μας για τον τρεμώδη πυρετό και την σπογγώδη εγκεφαλοπάθεια που μας αναγκάζουν να πάρουμε όλα τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή μιας πιθανής μετάδοσης της νόσου των τρελών αγελάδων στις ΗΠΑ. Είμαστε εξαιρετικοί προσεκτικοί από το φόβο μιας ενδημικής ασθένειας που θα μπορούσε να πλήξει το κτηνοτροφικό κεφάλαιο της χώρας».*

Εντούτοις, δεν υπήρξε ποτέ καμιά απόδειξη από κανέναν επίσημο φορέα για

την πιθανή μόλυνση των συγκεκριμένων προβατοειδών, ούτε έχει αναφερθεί περιστατικό μετάδοσης της ασθένειας σε άνθρωπο, ούτε καμιά μελέτη έχει συσχετίσει τον τρεμώδη πυρετό με την σπογγώδη εγκεφαλοπάθεια. Το μόνο που είναι βέβαιο είναι πως οι δύο ασθένειες είναι συγγενείς και ενδημούν στην Ευρώπη, ενώ είναι σπάνιες στις ΗΠΑ. Τι είναι λοιπόν εκείνο που κάνει τους Αμερικανούς ώστε στην περίπτωση των ΓΤΟ να ξεχνούν την αρχή της πρόληψης και να την εφαρμόζουν στον τρεμώδη πυρετό; Και τι είναι εκείνο που κάνει, αντιστρόφως, τους ευρωπαίους να εφαρμόζουν ανάλυση επικινδυνότητας στα τυροκομικά προϊόντα, αλλά να μην τη δέχονται προκειμένου περί των ΓΤΟ;

Το παράδοξο συμβαδίζει με το προφανές. Η τοποθέτηση των ΗΠΑ στο θέμα των ΓΤΟ έχει σοβαρές οικονομικές προεκτάσεις. Εκατοντάδες μικροί και μεγάλοι επιχειρηματίες έχουν επενδύσει εκατοντάδες εκατομμύρια δολάρια στις πολυάριθμες εταιρείες της βιοτεχνολογίας. Από τη μεριά τους, οι μεγάλες αγροχημικές βιομηχανίες έχουν ξοδέψει μεγάλα ποσά για την εξαγορά παραγωγών πολλαπλασιαστικού υλικού και για την ανάπτυξη προϊόντων που προορίζονται για πώληση στους γεωργούς. Μαζί με τα προϊόντα αυτά, για τα οποία οι εταιρείες διαθέτουν την αποκλειστικότητα, αντικαθιστούν και μεγάλο μέρος των παραδοσιακών φυτοφαρμάκων, κυρίως αυτά των οποίων πλησιάζει η «ημερομηνία λήξεως». Το νέο πακέτο γίνεται δεκτό με ενθουσιασμό από χιλιάδες αγρότες που ευελπιστούν έτσι στη μείωση του κόστους παραγωγής λόγω της αποφυγής της δαπάνης για τα φυτοφάρμακα. Αντίθετα στην Ευρώπη, οι επενδύσεις ρίσκου στις βιοτεχνολογικές εταιρείες είναι σπάνιες, οι χημικές βιομηχανίες δεν έχουν ξοδέψει ανάλογα χρήματα με τους ομολόγους τους στις ΗΠΑ, και στην πράξη ελάχιστοι είναι οι γεωργοί που καλλιεργούν ΓΤΟ.

Έτσι, από τη μια μεριά του Ατλαντικού το δίκτυο συμφερόντων που συγκροτούν οι αγροχημικές εταιρείες και οι αγρότες / παραγωγοί θα είχε πολλά να χάσει αν αποφασίζονταν – για λόγους προληπτικούς – η απαγόρευση της καλλιέργειας των ΓΤΟ. Στην άλλη όμως πλευρά, την Ευρώπη, τα αντίστοιχα συμφέροντα είναι περιορισμένα, ενώ το αντίπαλο δίκτυο που συνενώνει αγρότες, καταναλωτές και υπερασπιστές των τοπικών διατροφικών προτύπων κερδίζει συνεχώς έδαφος. Με την ίδια όμως έννοια, το εκτεταμένο πλέγμα εργασιακών σχέσεων, συμφερόντων και προτιμήσεων γύρω από τα νωπά και μη παστεριωμένα γαλακτοκομικά στην ευρωπαϊκή ήπειρο, θα οδηγείτο στην καταστροφή αν ίσχυε για τα προϊόντα αυτά η αρχή της πρόληψης. Κάτι που εφαρμόζουν οι Αμερικανοί, όπως το ίδιο κάνουν και με τις εισαγωγές ζώων από την Ευρώπη, μη έχοντας να χάσουν τίποτε, και με το ατράνταχτο πάντοτε επιχείρημα της προστασίας της δημόσιας υγείας. Δύο μέτρα και δύο σταθμά; Σίγουρα, αλλ' επιπλέον και ένας οικονομικός πόλεμος ανάμεσα στις δύο εμπορικές υπερδυνάμεις.

Τι κάνουν όμως οι επιστήμονες θα μπορούσε κανείς να αναρωτηθεί. Γιατί απ' αυτούς θα περιμέναμε να υιοθετήσουν μια κοινή μεθοδολογία, ανεξάρτητα από τις γεωπολιτικές σκοπιμότητες, και να πληροφορήσουν τους καταναλωτές για το πραγματικό μέγεθος των κινδύνων. Στη συνέχεια, η απόφαση για την ανάληψη ή όχι του ρίσκου από αυτό ή εκείνο το προϊόν θα ήταν θέμα των πολιτικών (ή των θεσμοθετημένων οργάνων) και των ιδίων των καταναλωτών. Όμως οι **επιστήμονες των εργαστηρίων και των ερευνητικών ιδρυμάτων σπανίως αποφασίζουν να εκτεθούν με ξεκάθαρες τοποθετήσεις**. Σκοπός τους είναι περισσότερο να αναπτύξουν τον διάλογο στο εσωτερικό της επιστημονικής κοινότητας και να δημιουργήσουν τις προϋποθέσεις για τη συνέχιση των ερευνητικών τους προγραμμάτων. Οι επιστήμονες των κρατικών υπηρε-

σιών και των διεθνών οργανισμών από την άλλη μεριά, οφείλουν να δώσουν απαντήσεις κάτω από την πίεση μιας πολιτικής και οικονομικής σκοπιμότητας. Αυτό αφαιρεί ένα μεγάλο μέρος από την αντικειμενικότητα που θα ήθελαν ή θα όφειλαν να έχουν. Έτσι, **το ζήτημα της διατροφικής ασφάλειας γίνεται ζήτημα πρώτιστα κοινωνικό και πολιτικό και μέρος της συζήτησης για την πραγματική δημοκρατία.**

Μια δημοφιλής εναλλακτική προοπτική

Η οργανική γεωργία, το πιο διαδεδομένο σήμερα εναλλακτικό μοντέλο απέναντι στη συμβατική βιομηχανική-χημική πρωτογενή παραγωγή, καλύπτει ένα πολύ ευρύ φάσμα ετερογενών πρακτικών, έτσι ώστε να μην είναι εύκολο να της δοθεί ένας πλήρους και περιεκτικός ορισμός. Σε γενικές ωστόσο γραμμές, μπορούμε να πούμε ότι η οργανική γεωργία αντιμετωπίζει το ευρύτερο αγροτικό οικοσύστημα ως ένα σύνολο, έχοντας επίγνωση του γεγονότος ότι η ανθρώπινη δράση σε ένα επίπεδο αυτού του συστήματος έχει επιπτώσεις σε όλα τα άλλα. Η οργανική γεωργία αντιμετωπίζει το έδαφος ως ένα ζωντανό οργανισμό, ως πηγή και αποθήκη θρεπτικών συστατικών, ως ενδιάθετο ειδών που είτε ανακυκλώνουν θρεπτικά συστατικά απορροφώντας και δεσμεύοντας οργανικά κατάλοιπα είτε συνιστούν φυσικούς ανταγωνιστές των παρασίτων και των ασθενειών.

Η οργανική (ή βιολογική) γεωργία αποτελεί έναν πρωτότυπο συνδυασμό νέων οικολογικών μεθόδων και επιλεγμένων και δοκιμασμένων παραδοσιακών αγροτικών πρακτικών. Αποξινά τη συνεργασία με τις φυσικές και βιολογικές διαδικασίες και όχι την υποκατάστασή τους από ένα τεχνητό περιβάλλον. Προσπαθεί να επωφεληθεί από τους κύκλους και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ζώων, των φυτών, του εδάφους και του κλίματος, ώστε να βελτιώσει την αποδοτικότητα του αγροτικού οικοσυστήματος. Επιπλέον, στηρίζεται κατά κύριο λόγο στους πόρους των ίδιων των καλλιεργειών και σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ αντιτίθεται στη λογική των εξωγενών εισροών, όπως είναι τα φυτοφάρμακα και τα συνθετικά λιπάσματα.

Η λογική αυτή συνυφάνεται με την ανάπτυξη μεικτών γεωργικών και κτηνοτροφικών καλλιεργειών (και τη χρησιμοποίηση της ζωικής κοπριάς ως λιπάσματος), όπως επίσης και με την εφαρμογή τεχνικών που αυξάνουν την κατακράτηση θρεπτικών συστατικών από τα φυτά και ελαχιστοποιούν τη διαφυγή τους στο περιβάλλον. Παράδειγμα τέτοιας τεχνικής είναι η καλλιέργεια φυτών που δεσμεύουν άζωτο. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι η δραστική μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από ανόργανα άλατα. Συγκριτικές μελέτες έδειξαν πως οι συμβατικές γαλακτοκομικές μονάδες είναι κατά 50% πιο πλεονασματικές σε άζωτο από τις οργανικές. Εάν αυτό το ποσοστό προβληθεί στο σύνολο της κτηνοτροφίας βοοειδών μιας χώρας σαν τη Δανία, προκύπτει ότι μία συνολική μεταστροφή σε οργανικές μεθόδους θα μπορούσε να απαλλάξει το περιβάλλον από 110.000 τόνους αζώτου το χρόνο.

Αλλά η ισορροπημένη ανταλλαγή θρεπτικών συστατικών είναι αμφίδρομη. Τα οργανικά αγροκτίματα της παραπάνω μελέτης δεν συντηρούσαν κατά μέσο όρο πάνω από 1,5 ζωική μονάδα ανά εκτάριο. Κι αυτό γιατί **οι κανονισμοί στη Δανία για την οργανική γεωργία επιβάλλουν την παραγωγή του μεγαλύτερου μέρους της ζωοτροφής από το ίδιο το αγρόκτημα.** Καθορίζεται έτσι μία ισορροπία μεταξύ του αριθμού των ζώων και του συνολικού μεγέθους της μεικτής γεωργικής και κτηνοτροφικής

καλλιέργειας. Απεναντίας, κανένας περιορισμός δεν υπάρχει στον αριθμό των ζώων ανά μονάδα έκτασης στη συμβατική γεωργία και, κατά συνέπεια, κανένας περιορισμός στις ποσότητες των εξωγενών θρεπτικών συστατικών.

Από την άλλη μεριά, τα συνθετικά λιπάσματα απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας για την παραγωγή τους. Όλες οι σχετικές μελέτες συγκλίνουν στη διαπίστωση ότι οι οργανικές καλλιέργειες καταναλώνουν σε πολύ μικρότερο βαθμό ορυκτά καύσιμα, ακριβώς επειδή βασίζονται σε βιολογικές —και όχι συνθετικές— πηγές азώτου, επειδή ανακυκλώνουν τα θρεπτικά συστατικά που βρίσκονται στην κοπριά και τα φυτικά κατάλοιπα και επειδή χρησιμοποιούν κτηνοτροφές που παράγονται επί τόπου. Εκτιμάται ότι μία γενικευμένη μεταστροφή προς οργανικές μεθόδους θα περιόριζε την ενεργειακή κατανάλωση της γεωργίας κατά 50% ή ακόμα περισσότερο. Ανάλογη εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με την αποφυγή της χρήσης χημικών φυτοφαρμάκων και την υιοθέτηση βιολογικών μορφών φυτοπροστασίας.

Τα μεικτά συστήματα φυτικής και κτηνοτροφικής καλλιέργειας που χρησιμοποιεί η οργανική γεωργία έχουν τη δυνατότητα να εναρμονίζονται με τις κυκλικές διαδικασίες του ευρύτερου οικοσυστήματος και μπορούν να διαδραματίσουν ένα θετικό ρόλο στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, τόσο στις καλλιεργούμενες περιοχές όσο και στα φυσικά ενδιαιτήματα.

Η πολυπλοκότητα και ο βιολογικός έλεγχος των επιβλαβών

Τα παραδοσιακά αγρο-οικοσυστήματα τείνουν να μιμηθούν αυτά που υπάρχουν στη φύση. Οι μονοκαλλιέργειες βρίσκονται στο άκρο αντίθετο αυτού που θα ονομάζαμε σύνθετο τροφικό συνεχές. Τα σύγχρονα αγροτικά συστήματα επιδιώκουν την σύντμηση των φυσικών διαδικασιών, όπως είναι η διαδοχή της βλάστησης και οι βιογεωχημικοί κύκλοι, με αποτέλεσμα μια διαρκή ανάγκη για εισροές που θα ελέγχουν την ανάπτυξη των φυτών, θα εμποδίζουν τα ζιζάνια, θα εξοντώνουν τα έντομα και θα προμηθεύουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Οι παραδοσιακοί καλλιεργητές αξιοποιούν τις φυσικές διαδικασίες για να μειώσουν τις έξωθεν απαιτήσεις των αγρών και να αυξήσουν τη σταθερότητα. Όπως συμβαίνει και σε κάθε φυσικό σύστημα, τα έντομα ελέγχονται από τους φυσικούς τους θηρευτές, τα θρεπτικά ανακυκλώνονται, οι εισροές είναι ελάχιστες και οι εκροές πολλαπλές. Η οργάνωση των φυτικών υποσυνόλων είναι μια απομίμηση των φυσικών οικοσυστημάτων ιδιαίτερα σε ότι αφορά στην ποικιλότητα των φυτών, την έκταση της φυτοκάλυψης και την παρουσία συμβιωτικών σχέσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία κλειστών βιογεωχημικών κύκλων και μηχανισμών που ενδογενώς εξασφαλίζουν την προστασία από ασθένειες, έντομα ή/και ακραία καιρικά φαινόμενα. Γενικά, οι πολυκαλλιέργειες έχουν πολύ λιγότερα προβλήματα με τα επιβλαβή έντομα. Λόγω της δομικής τους πολυπλοκότητας τα αγροσυστήματα αυτά φιλοξενούν πολύ περισσότερους θηρευτές και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εντόμων, των θηρευτών τους και των φυτών συμβάλλουν σε έναν έλεγχο των πληθυσμών των εντόμων, σε αντίθεση με τα ακραία φαινόμενα και τις πληθυσμιακές εκρήξεις που συμβαίνουν στα απλοποιημένα και μονοκαλλιεργούμενα αγροκτήματα.

Οι μέθοδοι της οργανικής γεωργίας αποσκοπούν επίσης στην αποκατάσταση και τη διατήρηση της φυσικής και βιολογικής δομής του εδάφους, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η επάρκεια των θρεπτικών συστατικών για τα φυτά και οι κατάλληλες συνθήκες για τις ρίζες τους. Οι οργανικές καλλιέργειες παρουσιάζουν πολύ μικρότερη διάβρωση του εδάφους, πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οργανικές ύλες, άζωτο, κάλιο, ένζυμα και μικροβιακή βιομάζα, καθώς και υψηλότερο pH (λιγότερο όξινα εδάφη) σε σχέση με τις αντίστοιχες συμβατικές.

Στις οργανικές καλλιέργειες η χρήση χημικών φυτοφαρμάκων κατά κανόνα αποφεύγεται, χωρίς να σημειώνεται κανένα αξιοσημείωτο πρόβλημα προσβολής από παράσιτα. Κάθε χρόνο εκατοντάδες χιλιάδες τόνοι δραστικών ουσιών φυτοφαρμάκων χρησιμοποιούνται στα συμβατικά ευρωπαϊκά αγροκτήματα και ένα μεγάλο μέρος τους αναπόφευκτα απελευθερώνεται στο περιβάλλον, ενώ σε ενδεχόμενη μεταστροφή προς οργανικές μεθόδους η αντίστοιχη ποσότητα θα ήταν ουσιαστικά μηδενική αν αντί των χημικών φυτοφαρμάκων χρησιμοποιούνται βιολογικές μέθοδοι φυτοπροστασίας. Μία τέτοια μέθοδος είναι η εναλλαγή του τύπου καλλιέργειας – π.χ. μεταξύ φυτών με βαθιές ρίζες και φυτών με ρηχές, ειδών που δεσμεύουν άζωτο και ειδών που απαιτούν άζωτο κ.λπ. – από χωράφι σε χωράφι, στη βάση ενός προσχεδιασμένου χρονοδιαγράμματος. Άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν την ελεγχόμενη ενθάρρυνση των φυσικών ανταγωνιστών των παρασίτων, τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, την αύξηση της βιοποικιλότητας κ.λπ.¹¹⁰

Όσον αφορά τα ζιζάνια, υπάρχουν αντίστοιχες ήπιες μέθοδοι καταπολέμησης, όπως είναι η επιλογή ποικιλιών που καταπνίγουν τα αγριόχορτα, η βόσκηση των ζώων, η επιλογή της κατάλληλης χρονικής περιόδου για τη σπορά. Καθώς γίνονται γνωστές οι ευεργετικές επιπτώσεις από την παρουσία ορισμένων ζιζανίων, η γενική κατεύθυνση δεν είναι η ολοσχερής εξαφάνισή τους, αλλά ο περιορισμός τους σε ανεκτά επίπεδα. Πολλά ζιζάνια, με τις βαθιές τους ρίζες, μπορούν να μεταφέρουν μεταλλικά στοιχεία από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους προς την επιφάνεια και να τα ανακυκλώνουν προς όφελος των καλλιεργούμενων ειδών, ενώ κάποια άλλα μπορούν να παγιδεύουν ορισμένα παρασιτικά είδη, να λειτουργούν ως δείκτες για την ανεπάρκεια ορισμένων θρεπτικών στοιχείων ή άλλες ανισορροπίες του εδάφους, να παρέχουν πολύτιμα θρεπτικά συστατικά στην κτηνοτροφία ή να έχουν θεραπευτική αξία για ορισμένα κτηνοτροφικά είδη.

Όμως, η μετάβαση από τον συμβατικό στον βιολογικό τύπο γεωργίας δεν γίνεται αυτομάτως. Όπως παρατηρεί ο Χρ. Φωτόπουλος¹¹¹ απαιτείται πάντα μια ενδιάμεση περίοδος η οποία ως βασικό της στόχο έχει την εξυγίανση των εδαφών. Στις συμβατικές καλλιέργειες, η εντατική λίπανση, ιδιαίτερα η αζωτούχης, αφομοιώνεται άμεσα από τα φυτά με αποτέλεσμα την αποδυνάμωση των λειτουργιών του εδάφους και τη μείωση των μικροοργανισμών. Με τη βιολογική καλλιέργεια, τη διακοπή της χημικής λίπανσης και την αντικατάστασή της από τη φυσική, το έδαφος επανέρχεται σταδιακά στην προηγούμενη κατάσταση και πολλαπλασιάζονται οι πληθυσμοί των αποδομητών. Η διαδικασία αυτή απαιτεί μερικά χρόνια, κατά τη διάρκεια των οποίων οι αποδόσεις είναι χαμηλότερες, το κόστος υψηλότερο και τα εργατικά είναι επίσης αυξημένα.

110. *Environmental impacts of different crop rotations in the European Union*, European Commission DG ENV (2010).

111. *Το Παραγωγικό Σύστημα της Βιολογικής Γεωργίας*, εκδόσεις ΕΘΙΑΓΕ 1999).

Επίσης, τα πρώτα χρόνια ενδέχεται να παρατηρηθούν προβλήματα επάρκειας θρεπτικών συστατικών και εμφάνισης ζιζανίων. Οι αρχικές σοδειές ενός οργανικού αγροκτήματος δεν μπορούν να αποτελούν κριτήριο για τη σύγκριση μεταξύ οργανικής και συμβατικής γεωργίας. Με τον καιρό, αυτές οι οργανικές καλλιέργειες αναμένεται να παρουσιάσουν μεγαλύτερες αποδόσεις από τις συμβατικές. Οι περισσότερες συγκριτικές μελέτες δείχνουν ότι οι σοδειές των οργανικών καλλιεργειών είναι κατά μέσο όρο 10 με 30% χαμηλότερες σε σχέση με τις συμβατικές. Ωστόσο, οι αποκλίσεις όσον αφορά την παραγωγικότητα μεταξύ των διαφόρων τύπων οργανικών καλλιεργειών είναι πολύ μεγάλες. Εάν μάλιστα ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι οι γνώσεις μας για τις οργανικές μεθόδους διαρκώς αυξάνονται, μπορούμε να υποθέσουμε βάσιμα ότι με την επιλογή κάθε φορά της καλλιέργειας που εναρμονίζεται καλύτερα με τις εκάστοτε συνθήκες, η υστέρηση αυτή μπορεί να μειωθεί πολύ περισσότερο, να μηδενιστεί ή και να αντιστραφεί.

Σε μια μελέτη του 2012 όπου έγινε σύγκριση της σοδειάς από συμβατικές και οργανικές καλλιέργειες σε πειραματικά αγροκτήματα στις ΗΠΑ, βρέθηκε ότι για το βιολογικό καλαμπόκι η συγκομιδή ήταν στο 94% του συμβατικού, για το σάρι 97%, για τη σόγια 94% και για τις ντομάτες οι αποδόσεις ήταν ακριβώς οι ίδιες. Η ίδια μελέτη για την Κέννα, έδειξε ότι οι οργανικές καλλιέργειες σε αγροκτήματα υψηλής παραγωγικότητας (πολύ γόνιμο έδαφος και μεγάλες βροχοπτώσεις) υπολείπονταν σε απόδοση των συμβατικών. Τα πράγματα ήταν όμως αντίστροφα για τα φτωχότερα εδάφη όπου οι οργανικές καλλιέργειες υπερετρούσαν σαφώς. Και στις δυο όμως περιπτώσεις, οι βιο-καλλιεργητές είχαν περισσότερα κέρδη και πιο γρήγορη απόσβεση των συντελεστών παραγωγής (κεφάλαιο και εργασία)¹¹².

Τα επίπεδα της σοδειάς από οργανικές καλλιέργειες ποικίλουν σημαντικά, ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες τεχνικές, τις ποικιλίες που επιλέγονται, το έδαφος, το κλίμα κ.λπ. Ωστόσο, όσο προχωρά η τεχνογνωσία γύρω από την οργανική γεωργία, η απόκλιση της τελευταίας ως προς τη συμβατική έχει την τάση να μειώνεται. Όπως πολύ εύστοχα σημειώνει ο Φωτόπουλος (βλ. παραπάνω σημ.111) από τη μια μεριά (συμβατική γεωργία) το κόστος των εισροών είναι πολύ υψηλό, από την άλλη (οργανική γεωργία) χρειάζεται πρόσθετη εργασία. Εκτός από το προφανές πλεονέκτημα (δημιουργία πρόσθετων θέσεων απασχόλησης) το ένα κόστος αντισταθμίζει το άλλο και τελικά το κέρδος είναι συγκρίσιμο. Το κέρδος αυτό αφορά το εισόδημα του αγρότη και μόνο, χωρίς να συνυπολογίζεται το γενικότερο περιβαλλοντικό όφελος.

Όμως, οι καλές επιδόσεις των οργανικών καλλιεργειών δεν συνεπάγονται πάντοτε και χαμηλότερες τιμές στο επίπεδο του καταναλωτή. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι πρώτον ο ανταγωνισμός δεν λειτουργεί σε όλη του την έκταση και επομένως, σε ορισμένες περιπτώσεις, η προσφορά έχει μονοπωλιακό χαρακτήρα. Δεύτερον, οι μικρές ποσότητες παραγωγής συνεπάγονται και αυξημένα κόστη στο επίπεδο της μεταφοράς και διακίνησης των προϊόντων (εξ ου και οι τιμές είναι πολύ χαμηλότερες όταν η αγορά γίνεται κατευθείαν στον αγρό). Τρίτον, ο μικρός έτσι κι αλλιώς τίτλος των επιχειρήσεων, αναγκάζει συχνά τους λιανοπωλητές να ανεβάζουν τις τιμές για να πετύχουν το αναμενόμενο εισόδημα.

112. *Agricultural Systems, Volume 108, April 2012, Pages 1–9. The crop yield gap between organic and conventional agriculture, Tomek de Ponti, Bert Rijk, Martin K. van Ittersum.*

Καφές στη σκιά

Τα φυτά του καφέ στο συνηθισμένο τους περιβάλλον απειλούνται από ένα μικρό κολεόπτερο που τρυπά τον καρπό (*berry borer*). Όμως στο τροπικό δάσος τα έντομα αυτά έχουν τους ανταγωνιστές τους, ένα είδος σφήκας που παρασιτεί. Η σφήκα χρειάζεται σκιά που την βρίσκει κάτω από τα φύλλα του δέντρου στον κορμό του οποίου φυτρώνει ο ανανάς. Τα άνθη του ανανά προσφέρουν νέκταρ στο μικρό κολιμπρί το οποίο ως αντάλλαγμα τα γονιμοποιεί. Ο ανανάς διατηρεί στις κοιλότητες των φύλλων του μικρές ποσότητες νερού όπου αλλά πουλιά όπως τα Μοι μοι και οι παπαγάλοι μπορούν να ξεδιψάσουν. Τα πουλιά αυτά, μαζί με τους τερμίτες και τις αράχνες που ζουν επίσης στη σκιά των δέντρων τρέφονται με τις λάβρες του κολεόπτερου του καφέ. Τα περιττώματα των πουλιών σε συνεργασία με άλλα δέντρα που δεσμεύουν το άζωτο εμπλουτίζουν το έδαφος στο οποίο αναπτύσσονται τα φυτά. Στις φυτείες που δεν υπάρχει σκιά, ο ανανάς δεν μπορεί να ευδοκιμήσει. Ούτε μπορούν να διατηρηθούν οι μικρές λιμνούλες με νερό. Τα περισσότερα από τα πουλιά και τα άλλα είδη δεν μπορούν να ζήσουν. Ο βιολογικός έλεγχος και η φυσική λίπανση δεν λειτουργούν. Έτσι, οι φυτείες του καφέ καθίστανται πλήρως εξαρτημένες από φυτοφάρμακα και χημικά λιπάσματα. Για την καλλιέργεια του «καφέ στη σκιά» έχει αρχίσει ν' αναπτύσσεται ένα πραγματικό κίνημα με διπλό στόχο: την προστασία του τροπικού δάσους απ' τη μια και την υποστήριξη μιας φυσικής τοπικής γεωργίας από την άλλη. Παράλληλα, αρχίζει ν' αναπτύσσεται και η σχετική αγορά και μεγάλες εταιρείες όπως η Starbucks περιλαμβάνουν τον «σωστό» καφέ (*ethical coffee*) στις προμήθειές τους.

Κατά τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων (FAO) τα οργανικά αγροσυστήματα μπορούν να αυξήσουν τις αποδόσεις των παραδοσιακών συστημάτων (αυτά δηλαδή που έχουν χαμηλές εισροές χημικών πριν την μετατροπή) στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στις χώρες της λεγόμενης Πράσινης Επανάστασης (εκτατική αρδεύμενη γεωργία) τα αποτελέσματα θα είναι τα ίδια. Στις βιομηχανικές χώρες με εντατική γεωργία, οι αποδόσεις θα είναι μικρότερες. Όμως η σύγκριση με βάση μόνο τις αποδόσεις δίνει μια στενή και περιορισμένη εικόνα της πραγματικότητας. Τα πολλαπλά οφέλη των οργανικών καλλιεργειών για το περιβάλλον είναι δύσκολο να αποτιμηθούν με χρηματοοικονομικούς όρους. Οι έρευνες του οργανισμού απέδειξαν ότι η εξασφάλιση του εισοδήματος των αγροτών είναι συνάρτηση της ασφαλούς διάθεσης του προϊόντος στις τοπικές αγορές, καθώς και της πιστοποίησης, όταν πρόκειται για εξαγωγές¹¹³.

Πέραν όμως αυτών, οι σύγκριση δεν είναι πάντοτε εύκολη μια και συνήθως οι ποικιλίες που χρησιμοποιούνται στην μια και στην άλλη περίπτωση είναι διαφορετικές, με τη συμβατική γεωργία να χρησιμοποιεί ποικιλίες φτιαγμένες για να ανταποκρίνονται σε υψηλή αζωτούχο λίπανση, κάτι που δεν το συναντάμε στις βιοκαλλιέργειες. Είναι πάντως σίγουρο ότι η βιολογική γεωργία υπερτερεί έτσι κι αλλιώς στις λεγόμενες μειονεκτικές περιοχές (ορεινές, ημιορεινές, νησιωτικές) όπου οι παραπάνω

113. FAO: *International Conference on Organic Agriculture and Food Security*, Rome, 03 – 05 May 2007.

ποικιλίες δεν αποδίδουν λόγω της έλλειψης υγρασίας η οποία δεν ευνοεί την αφομοίωση των αζωτούχων λιπασμάτων. Επιπλέον, στις περιοχές αυτές, οι ανάγκες φυτοπροστασίας είναι σημαντικά μειωμένες. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των ημιορεινών ελαιώνων της Λακωνίας που η προσβολή από το δάκο είναι σχεδόν αμελητέα.

Το ζήτημα της διατροφικής επάρκειας

Η μεταστροφή από τη συμβατική στην οργανική γεωργία δεν σημαίνει μόνο τη σημαντική αντικατάσταση ορισμένων εισροών, αλλά και την αναδιάταξη της συνολικής δομής κάθε αγροκτήματος και των προϊόντων του. Γι' αυτόν το λόγο, είναι δύσκολο να προβλεφθούν τα αποτελέσματα μιας γενικευμένης αλλαγής. Αυτή θα απαιτούσε τη στροφή προς μεικτά παραγωγικά συστήματα, τόσο στο επίπεδο του επιμέρους αγροκτήματος όσο και σ' αυτό της ευρύτερης περιοχής ή της κοινότητας. Εάν μία συμβατική, αποκλειστικώς γεωργική καλλιέργεια, μεταστραφεί σε οργανική, θα πρέπει να μετατραπεί εν μέρει και σε κτηνοτροφική, πράγμα που θα επηρεάσει την επιλογή των φυτών, το σχεδιασμό των εναλλαγών κ.λπ. Εάν μία συμβατική, αποκλειστικώς κτηνοτροφική καλλιέργεια, μεταστραφεί σε μεικτή οργανική, θα αναγκαστεί να περιορίσει την πυκνότητα των ζώων ανά μονάδα έκτασης, η οποία για τα οργανικά αγροκτήματα κυμαίνεται από 0,8 έως 1,5 ζώα ανά εκτάριο. Είναι προφανές ότι οι αλλαγές αυτές θα προκαλέσουν μία γενική αναδιάταξη της ισορροπίας των παραγόμενων αγαθών. Αυτό έχει ωθήσει πολλούς σκεπτικιστές να υποστηρίξουν ότι μία ενδεχόμενη γενικευμένη μεταστροφή προς την οργανική γεωργία στη Δυτική Ευρώπη θα είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές ελλείψεις τροφίμων. Ενώ, λοιπόν, έχει αποδειχθεί ότι η οργανική γεωργία είναι τεχνικώς εφικτή, οικονομικώς βιώσιμη και ασύγκριτα προτιμότερη από κοινωνική και περιβαλλοντική άποψη σε σχέση με τη συμβατική-βιομηχανική, μένει να αποδειχθεί εάν είναι σε θέση να θρέψει ολόκληρο τον πληθυσμό, αντί να απευθύνεται μόνο σε μία ελίτ καταναλωτών.

Αποτελεί κοινή πεποίθηση ότι η ποσότητα των γεωργικών προϊόντων δεν είναι το μοναδικό και ίσως ούτε καν το κύριο πρόβλημα σε ότι αφορά στη διαθεσιμότητα και την επάρκεια των ειδών διατροφής. Ήδη παράγονται αρκετά τρόφιμα για να τραφεί όλος ο πληθυσμός του πλανήτη. Η διαθεσιμότητα των τροφίμων περιορίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η φτώχεια, το καθεστώς έγγειας ιδιοκτησίας, ο εξωστρεφής προσανατολισμός των καλλιέργειών και τα τεχνικά προβλήματα που σχετίζονται με το θερισμό, την αποθήκευση, την επεξεργασία και τη διανομή κ.λπ. Το παράδειγμα της Ινδίας είναι ενδεικτικό: η συνολική αγροτική παραγωγή της, παρά τη διαδεδομένη εισαγωγή μεθόδων της λεγόμενης Πράσινης Επανάστασης, εξακολουθεί να είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη πολλών Αφρικανικών κρατών που έχουν υποστεί σοβαρούς λιμούς τα τελευταία χρόνια. Παρ' όλα αυτά, η Ινδία δεν έχει βιώσει κανέναν λιμό από το 1943. Πολλοί οικονομολόγοι έχουν δείξει ότι η επιτυχία της Ινδίας στην αποτροπή λιμών «σχετίζεται περισσότερο με την διανεμητική πλευρά της υπόθεσης και λιγότερο με την παραγωγική».

Τίποτα δεν είναι περισσότερο αποπροσανατολιστικό από τον ισχυρισμό ότι μόνο η «βαριά» τεχνολογία μπορεί να εξασφαλίσει τροφή για τον διαρκώς αυξανόμενο πληθυσμό της Γης. Απεναντίας, η αποτυχία της χημικής γεωργίας να επεξεργαστεί βιώσιμες γεωργικές μεθόδους, κατάλληλες για κάθε περιοχή, καταδεικνύεται

από τις περιβαλλοντικές καταστροφές και τους λιμούς που έχει προκαλέσει η διάδοσή της στις χώρες του Τρίτου Κόσμου. Οι απόπειρες της Πράσινης Επανάστασης να αυξηθούν τα παγκόσμια αποθέματα τροφίμων μπορεί, σε ειδικές περιπτώσεις, να είχαν θετικά αποτελέσματα. Παράλληλα όμως αυξήθηκαν οι ανισότητες και υponομεύθηκε η διατροφική ασφάλεια των τοπικών κοινοτήτων. Πολλοί αγρότες, από τα φτωχότερα στρώματα, έχασαν την άμεση πρόσβαση στους πόρους και τις αγορές και, τελικά, έχασαν τη γη τους. Η Πράσινη Επανάσταση αντιπροσωπεύει μια στενόμυαλη αντίληψη περί γεωργικής παραγωγικότητας, η οποία παραβλέπει τις τεράστιες δυνατότητες που εμπεριέχει η αναβίωση της παραδοσιακής και βιολογικής γεωργίας.

Καθώς το βιομηχανικό μοντέλο γεωργίας αμφισβητείται όλο και περισσότερο στον ανεπτυγμένο Βορρά, είναι προφανές ότι ο μύθος «υπανάπτυκτων» κρατών που πρέπει να μπουν στο φαύλο κύκλο της χημικής γεωργίας αν θέλουν να θρέψουν τον αυξανόμενο πληθυσμό τους, μόνο τα συμφέροντα της αγροχημικής βιομηχανίας μπορεί να εξυπηρετεί.

Το μεγάλο ταξίδι των τροφίμων

Στο μεγαλύτερο διάστημα της ιστορίας των κοινωνιών, αλλά και μέχρι πριν από μερικές δεκαετίες, οι περισσότεροι άνθρωποι προμηθεύονταν τα διατροφικά τους είδη από τις τοπικές πηγές και αγορές. Παρά την έλλειψη στοιχείων για το παρελθόν, είναι φανερό πως στη σύγχρονη εποχή, η μετακίνηση των αγροτοδιατροφικών προϊόντων πραγματοποιείται σε όλο και μεγαλύτερες αποστάσεις, αυξάνοντας ταυτόχρονα το χάσμα μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών.

Το παγκόσμιο εμπόριο τροφίμων εν προκειμένω, τριπλασιάστηκε ανάμεσα στο 1960 και το 2010 τη στιγμή που ο πληθυσμός της Γης απλώς διπλασιάστηκε. Ανάλογες βέβαια αυξήσεις παρατηρούνται και στο μεταφορικό έργο που αγγίζει τα 500 εκ. € ετησίως. Στο Ηνωμένο Βασίλειο τα βρώσιμα αγροτικά προϊόντα ταξιδεύουν 50% περισσότερο απ' ό τι δύο δεκαετίες πριν και οι εισαγωγές τροφίμων της χώρας μέσω αερομεταφορών σχεδόν τριπλασιάστηκαν και φτάνουν τους 120.000 τόνους ετησίως. Στις μέρες μας, το 40% των μεταφορών με φορτηγά έχουν να κάνουν με το διατροφικό εμπόριο. Οι εξελίξεις αυτές, έχουν προφανώς το δικό τους μερίδιο στις εκπομπές CO₂, αλλά και στην άσκοπη κατανάλωση ενέργειας.

Οι λόγοι που οδήγησαν στην κατάσταση αυτή είναι πολλοί και συνωστίζονται κάτω από τον γενικό όρο παγκοσμιοποίηση. Κατ' αρχήν είναι η δημογραφική συνιστώσα: πολλοί περισσότεροι άνθρωποι απ' ό τι στο παρελθόν ζουν στις πόλεις (και στις μεγαπόλεις) και η προσπελασιμότητα του αγροτικού χώρου γίνεται όλο και πιο δύσκολη. Οι αστοί είτε μένουν εγκλωβισμένοι στα νέα πληθυσμιακά γκέτο, είτε (όσοι έχουν την οικονομική άνεση) φεύγουν από την πόλη μόνο για λόγους αναψυχής. Η οργανική σχέση πόλης υπαίθρου για ένα μεγάλο μέρος του σύγχρονου κόσμου είναι πια παρελθόν. Σε πολλές μάλιστα περιπτώσεις κοινωνιών σε μετάβαση, η διακοπή αυτής της σχέσης έχει να κάνει και με τα πολιτιστικά πρότυπα: η απόρριψη του αγροτικού παρελθόντος και η μετάβαση στον αστικό τρόπο ζωής αποτελεί μέρος της διαδικασίας της (καπιταλιστικής) ολοκλήρωσης.

Βέβαια το εμπόριο, και ειδικότερα το εμπόριο τροφίμων δεν είναι ανακάλυψη του 20ου αιώνα. Από την εποχή του Μεσαίωνα, αλλά κυρίως μετά τις ανακαλύψεις

των Πορτογάλων και των Ισπανών, η Μεσόγειος γίνεται το σταυροδρόμι μιας πρωτοφανούς σε έκταση συναλλαγής ανάμεσα στην εύπορη Ευρώπη και τους μακρινούς προορισμούς της Ινδικής χερσονήσου και της Ανατολικής Αφρικής με τα πολυπληθή καραβάνια που μεταφέρουν εξωτικά και μοναδικά προϊόντα όπως το μετάξι και τα μπαχαρικά. Όμως μην ξεχνάμε πως και άλλα πιο κοινά είδη, όπως το λάδι, το σιτάρι και το κρασί έχουν ήδη κατακτήσει μια περίοπτη θέση στις αγορές των μεγάλων αποστάσεων και μάλιστα με καταμερισμούς που θυμίζουν σε πολλά το σημερινό καθεστώς της εξειδικευμένης γεωργίας. Στη Μεσόγειο και πάλι, κατά τον 16ο αιώνα η σιτοκαλλιέργεια εξαπλώνεται σε ολόκληρη τη Σικελία, τα μαστιχόδεντρα τη Χίο, οι απέραντοι αμπελώνες την Κρήτη και την Κέρκυρα, οι ελαιοφυτείες στη Τζέρμπα και το ζαχαροκάλαμο στην Κύπρο! Πρόκειται για κανονικές μονοκαλλιέργειες με καθαρά εξαγωγικό χαρακτήρα. Όπως αποδείχθηκε στη συνέχεια, οι απ' έξω αυτές επιβλημένες οικονομίες ήταν εξαιρετικά εύθραυστες και τις περισσότερες φορές ξένες προς τις ανάγκες των τοπικών πληθυσμών.

Όμως, παρά τις όποιες ομοιότητες, η σημερινή κατάσταση έχει τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά. Το εμπόριο δεν έρχεται μόνο να καλύψει τα κενά που γεννούν οι γεωγραφικές ιδιαιτερότητες. Έχει μετατραπεί σε μια τεράστια επιχείρηση η οποία ξεκινά από απρόσωπους παραγωγούς και καταλήγει σε απρόσωπους καταναλωτές περνώντας από διαδοχικά στάδια τυποποίησης, αποθήκευσης, διανομής και αναδιανομής, όπου το κριτήριο δεν είναι η κάλυψη μιας συγκεκριμένης ανάγκης στη συγκεκριμένη στιγμή, αλλά η επίτευξη των καλύτερων δυνατών τιμών μέσα από ένα χρηματιστήριο αξιών που δεν έχει να κάνει με τα πραγματικά κόστη. Με άλλα λόγια, το προϊόν δεν θα φτάσει στον καταναλωτή από το συντομότερο δρόμο, αλλά από εκείνον τον προμηθευτή που θα αξιοποιήσει το συγκριτικό του πλεονέκτημα απέναντι στον ανταγωνιστή του, ανεξάρτητα από την απόσταση που θα χρειαστεί να διανύσει. Με τον τρόπο αυτό, η παγκόσμια αγορά παίρνει το πάνω χέρι απέναντι στις τοπικές αγορές, εφόσον οι τελευταίες δεν καταφέρνουν (και συχνά δεν το καταφέρνουν) όχι μόνο να συμπίεσουν τις τιμές, αλλά και να βρεθούν την κατάλληλη στιγμή στην κατάλληλη θέση.

Σήμερα υπάρχουν μαρούλια και ντομάτες που ταξιδεύουν χιλιάδες χιλιόμετρα για να βρεθούν από την Καλιφόρνια στην Ουάσινγκτον και από την Τυνησία στην Κοπενχάγη. Υπάρχουν φρούτα και λαχανικά που με τον τρόπο αυτό απαιτούν έως και 50 φορές περισσότερη ενέργεια απ' αυτήν που μπορούν να αποδώσουν με βάση το θερμοϊδικό τους περιεχόμενο. Αυτό δεν θα μπορούσε βέβαια να γίνει – ιδιαίτερα για τα ευαίσθητα αγροτικά προϊόντα – παρά με μίαν αντίστοιχη ανάπτυξη της τεχνολογίας ψύξης (ή μεταφοράς με ψύξη) καθώς και της τεχνολογίας «συσκευασίας μακράς διάρκειας». Στη βιβλιογραφία υπάρχει το γνωστό παράδειγμα της εταιρείας τυποποιημένων αναψυκτικών *Tropicana* η οποία στα δοχεία της που περιέχουν χυμό μήλου σημειώνει ότι «περιέχεται συμπύκνωμα από τη Γερμανία, την Αυστρία, την Ιταλία, την Ουγγαρία, την Αργεντινή, τη Χιλή, την Τουρκία, τη Βραζιλία, την Κίνα και τις ΗΠΑ». Προφανώς το πολυεθνικό αυτό κοκτέιλ δεν προσφέρεται όλο μαζί. Απλώς η εταιρεία προειδοποιεί τον τελικό χρήστη πως η πρώτη ύλη μπορεί να προέρχεται απ' οποιαδήποτε απ' τις προαναφερόμενες χώρες. Η επιλογή γίνεται πάντοτε με το κριτήριο του ελάχιστου κόστους. Η μεταφορά εξασφαλίζεται από τα υπερσύγχρονα ιπτάμενα κοντέινερς. Η αποφυγή της ανάπτυξης μυκήτων, από μια μεγάλη ποικιλία συντηρητικών. Όσο για τους λοιπούς υγιονομικούς δείκτες (πχ. υπολειμματικότητα σε φυτοφάρμακα) αυτοί ισοπεδώνονται από την αριθμητική των μέσων όρων.

Ιστορία για δυο ντομάτες

Η γέυση μιας πραγματικής ντομάτας... Κάποτε, η στιγμή της ωρίμανσης των φρούτων και των λαχανικών σήμαινε και το χρόνο πραγματοποίησης μιας σειράς εκδηλώσεων όπου οι άνθρωποι γιόρταζαν την ευφορία της γης και την έλευση των εποχών. Η ωρίμανση – όχι αυτή που επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ορμονών – αποτελεί ακόμη ένα γεγονός στη ζωή πολλών αγροτικών κοινωνιών. Ακόμη κι αν δεν μπορούμε να αποποιηθούμε την χρησιμότητα της μεταφοράς νωπών προϊόντων σε μεγάλες αποστάσεις, ακόμα κι δεχτούμε πως έχουμε την ανάγκη ενός καλοκαιρινού φρούτου καταμεσής του χειμώνα, είναι δύσκολο να διώξουμε από μέσα μας την ευχαρίστηση που προσφέρει μια φυσική τροφή, στο σωστό περιβάλλον, την κατάλληλη εποχή.

...και η ντομάτα των μεγάλων αποστάσεων

Κόβεται όταν είναι ακόμη άγουρη και μάλιστα η ωρίμανσή της επιβραδύνεται με τεχνητό τρόπο (τώρα και με γενετική μηχανική). Έτσι, πράσινη και σκληρή, μπορεί ν' αντέξει στο μακρύ της ταξίδι, συχνά χιλιάδων χιλιομέτρων. Όταν φτάσει στον προορισμό της ψεκάζεται με ορμόνη για να φτάσει στην ωρίμανση. Αυτό είναι ένα μόνο από τα οφθαλμοφανή παραδείγματα που έχουν γίνει κοινή πρακτική στο σύγχρονο βιομηχανικό, αγροτοδιατροφικό μας σύστημα.

Από το WorldWatch Institute, Online Future/Food, Δεκέμβριος 2004

Το κίνημα της τοπικής παραγωγής

Κάτω από την πίεση ενός ισχυρού καταναλωτικού κινήματος, αλλά και ενός κινήματος νέων αγροτών, η ιδέα των τοπικών συστημάτων (έναντι του παγκοσμιοποιημένου σουπερ-μάρκετ) αρχίζει να κερδίζει έδαφος. Το αντίρροπο αυτό ρεύμα δεν αφορά μόνο τη διατροφή. Είναι επίσης μια απάντηση στο ζήτημα της ανασυγκρότησης των τοπικών κοινοτήτων, της ενίσχυσης των φτωχών αγροτών, της επανασύνδεσης των πόλεων με την ύπαιθρο, της μείωσης του «οικολογικού αποτυπώματος». Σε πολλές βέβαια χώρες του τρίτου κόσμου, η διατήρηση των τοπικών αγορών αποτελεί ακόμη μέρος της παράδοσης και της ζωντανής οικονομίας. Θα λέγαμε μάλιστα ότι αυτός είναι ο κανόνας στις μη αστικοποιημένες περιοχές. Στην Ελλάδα, η επιβίωση της «λαϊκής αγοράς» αποτελεί ένα δείγμα της αντίστασης απέναντι στην γενικευμένη τυποποίηση και συχνά συνιστά τη μοναδική διέξοδο για πολλούς μεμονωμένους παραγωγούς, ιδιαίτερα των φρούτων, των λαχανικών και των θαλασσινών. Στην ίδια κατεύθυνση κινούνται και τα δίκτυα των βιοκαλλιεργητών – πολλοί από τους οποίους πωλούν τα προϊόντα τους στο αγρόκτημα- καθώς και οι ευάριθμες ενώσεις για τη διατήρηση και τη διάδοση των τοπικών ποικιλιών. Μία απ' αυτές με έδρα το Παράνεστι Δράμας και την επωνυμία «κτήμα Πελίτι» συντονίζει τις προσπάθειες δεκάδων αγροκτημάτων σε όλη τη χώρα για την εξεύρεση και την αναπαραγωγή σπόρων και ειδών που έχουν τις καταβολές τους στην προσαρμοσμένη γεωργία και τη Μεσογειακή δίαιτα. Σε άλλα μέρη του κόσμου οργανώσεις, όπως η www.andes.org.pe στο Περού, συνδυάζουν την προσπάθεια για τη διατήρηση της τοπικής αγροτικής παραγωγής και ποικιλότητας, με το κίνημα για την προστασία των αυτόχθονων πληθυσμών.

Θρέφοντας μια πόλη

Στο βιβλίο τους «η Εποχή της Ελπίδας» οι Francis και Anna Larré αναφέρονται στο μοναδικό επίτευγμα μιας Βραζιλιάνικης πόλης, το Μπέλο Οριζόντε, που κατάφερε να συνδυάσει την κοινωνική πολιτική με ένα εναλλακτικό μοντέλο γεωργίας. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το Μπέλο Οριζόντε, η τέταρτη σε μέγεθος πόλη της Βραζιλίας και με ένα τεράστιο παιδικό πληθυσμό σε καθεστώς υποσιτισμού, αποφάσισε το 1993 να γίνει «η πρώτη πόλη στον καπιταλιστικό κόσμο που αναδεικνύει το ζήτημα της διατροφικής επάρκειας σε δικαίωμα όλων των πολιτών». Δέκα χρόνια μετά το πείραμα κατέγραψε θεαματικά αποτελέσματα: το πρόγραμμα «διατροφή για όλους» καλύπτει 800.000 άτομα, κυρίως παιδιά και παρέχει μια σταθερή πηγή εσόδων για 40 περίπου αγροκτήματα στην περιφέρεια της πόλης. Επιπλέον, μέσα από ένα δίκτυο προσανατολισμένων αγορών, οι αγρότες μπορούν να πουλούν τα προϊόντα τους κατευθείαν σε μεγάλους καταναλωτές όπως νοσοκομεία, αλυσίδες καταστημάτων και, εστιατόρια. Ένα απ' αυτά με την επωνυμία «Εστιατόριο του Λαού» παρέχει φθηνή και ελεγχμένη τροφή σε 4.000 άτομα ημερησίως, ενώ άλλα 30 μαγαζιά της γειτονιάς διαθέτουν τα αγροτικά προϊόντα του δικτύου σε προκαθορισμένες τιμές. Πρόκειται για μικρομεσαίες επιχειρήσεις που στεγάζονται σε δημοτικά κτίρια τα οποία νοικιάζουν με πολύ χαμηλό ενοίκιο. Σε αντιστάθμισμα είναι υποχρεωμένες να πουλούν σε πολύ χαμηλές τιμές, προσιτές στους μη προνομιούχους. Από την άλλη μεριά, οι ιθύνοντες της πόλης έχουν καταλάβει ότι η καλή διατροφή είναι μια επένδυση για την δημόσια υγεία, την εκπαίδευση και την απόδοση των εργαζομένων. Παρά το ότι τα κυρίαρχα οικονομικά δόγματα δεν ενθαρρύνουν την κρατική παρέμβαση στην αγορά, το παράδειγμα του Μπέλο Οριζόντε δείχνει ότι η τοπική αυτοδιοίκηση μπορεί να παίξει, αν το θέλει, ένα ουσιαστικό ρόλο στην προώθηση της τοπικής ανάπτυξης σε συνδυασμό με την εξυπηρέτηση κοινωνικών στόχων. Η μικρή αυτή πόλη της Βραζιλίας, έγινε παγκόσμιο σύμβολο στη μάχη εναντίον του υποσιτισμού και της φτώχειας, επενδύοντας σε ένα «δυστοπικό» παράδειγμα. Το 2015 πήρε για δεύτερη φορά το βραβείο της WWF ως εθνική «Πρωτεύουσα της Ώρας της Γης».

Εκείνο όμως που αξίζει ιδιαίτερης προσοχής, είναι η αναβίωση των «αστικών αγροκτημάτων» σε μια προσπάθεια που καταβάλλουν αρκετές πόλεις για την εξασφάλιση της διατροφικής τους επάρκειας και μείωση των εισαγωγών από συχνά άγνωστες προελεύσεις. Μιλάμε για αναβίωση γιατί η καλλιέργεια βρώσιμων φυτών δεν είναι ανακάλυψη των ημερών μας. Οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας για παράδειγμα, είναι ένα γνωστό σύμβολο μιας αρχαϊκής «γεωργίας μέσα στην πόλη», όπως επίσης και η εκτεταμένη καλλιέργεια λαχανικών στα περιβόλια των πόλεων της ερήμου της Συρίας, του Ιράκ και της Περσίας. Ο γεωγραφικός εντοπισμός δεν είναι βέβαια τυχαίος, αφού η Μεσοποταμία ήταν έτσι κι αλλιώς λίκνο του αγροτικού πολιτισμού και οι πόλεις της χτίστηκαν πάνω στα πιο εύφορα εδάφη.

Στις μέρες μας όμως τα πράγματα δεν είναι το ίδιο εύκολα. Η γη στις αστικές περιοχές είναι συχνά ακατάλληλη, η ατμόσφαιρα ρυπασμένη και οι επικίνδυνες ουσίες

όπως οι διοξίνες και τα βαριά μέταλλα κάνουν προβληματική την ανάπτυξη των βρώσιμων προϊόντων σε ανοιχτούς χώρους. Για το λόγο αυτό κάθε προσπάθεια για την ένταξη τέτοιων καλλιεργειών στο περιβάλλον των πόλεων, θα πρέπει να συνοδεύεται από την απαραίτητη μελέτη καταλληλότητας, με την υποσημείωση βέβαια ότι και το αμιγώς γεωργικό περιβάλλον δεν είναι καθόλου πλέον παρθένο, μετά τον από δεκαετίες βομβαρδισμό του με εξίσου επικίνδυνα χημικά.

Αυτού του τύπου τα προβλήματα, αλλά και άλλα όπως είναι η έλλειψη ελεύθερων χώρων, έκαναν τους κατοίκους πολλών μεγάλων πόλεων να είναι ιδιαίτερα εφευρετικοί. Στο Βανκούβερ του Καναδά και στη Μπογκοτά της Κολομβίας εκμεταλλεύονται το γεγονός των καλά ηλιαζόμενων οροφών στα κτίρια προκειμένου να καλλιεργούν εκεί τα φρούτα, τα λαχανικά, τις σαλάτες και τα ζαχαρβατικά τους. Οι αγρότες στην ανατολική ακτή της Καλκούτας φτιάχνουν τους λαχανόκηπους και τις ατομικές ιχθυοκαλλιεργητικές τους μονάδες σε αναβαθμούς που χρησιμοποιούν τα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά των αστικών λυμάτων μετά από τον καθαρισμό τους σε φυσικές αντιρροπαντικές κλίνες. Στο Ροζάριο της Αργεντινής, οι κάτοικοι των φτωχών συνοικιών βγάζουν το ψωμί τους πουλώντας βελτιωτικό εδάφους (κομπόστ) παραγόμενο από τα οργανικά αστικά απορρίμματα σε ιδιοκτήτες αστικών αγροκτημάτων.

Στο Νταρ ελ Σαλάμ της Τανζανίας – την πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη πόλη της Αφρικής- η αστική γεωργία είναι η δεύτερη σε μέγεθος πηγή απασχόλησης για τον τοπικό πληθυσμό. Η πόλη του Μπαμάκο στο Μαλί, είναι αυτόχρονα από τρόφιμα που παράγονται επί τόπου ή στη στενή της περιφέρεια. Στη Βραζιλιανή Αμαζονία, στο Μπελέμ, ένα στα τρία σπίτια καλλιεργεί λαχανικά, φαρμακευτικά φυτά ή και ανατρέφει οικιακά ζώα. Στην Ευρώπη είναι γνωστό το παράδειγμα του Άμστερνταμ (και πολλών άλλων πόλεων) με τους πολυάριθμους περιαστικούς τους κήπους, του Φραϊμπουργκ με τους αμπελώνες του στους γύρω λόφους, της Πετρούπολης, του Λονδίνου και της Λισαβώνας με τα μποστάνια στις πίσω αυλές.

Ο Οργανισμός Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP) εκτιμά πως 800 περίπου εκ. άνθρωποι παγκοσμίως εμπλέκονται στο σύστημα της γεωργίας των πόλεων, οι πλειονότητα στις πόλεις της Ασίας. Εξ αυτών, τα 200 εκ. παράγουν για την τοπική αγορά και οι υπόλοιποι για τις ανάγκες των νοικοκυριών τους.

Και στην Ελλάδα;

Το νεοελληνικό φαινόμενο δεν είναι βέβαια μοναδικό, αλλά η ιδιαιτερότητά του αξίζει να επισημανθεί. Εδώ και χρόνια η κατανάλωση αποτελούσε την κύρια συνιστώσα του ΑΕΠ, με μερίδιο της τάξης 70% στη διαμόρφωση του δείκτη. Αν αναλογισθούμε όμως ότι το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων είναι εισαγόμενα, μια αύξηση της κατανάλωσης, ακόμη κι αν παρατύπως μεταφράζεται σε αύξηση της ανάπτυξης, δεν κάνει παρά να επιβαρύνει το ισοζύγιο των εμπορικών μας συναλλαγών και να επιτείνει την εξάρτηση της οικονομίας από τις διεθνείς αγορές.

Τα όσα διεθνώς διαδραματίστηκαν από το 2008 και μετά, απλώς επιτάχυναν μια προαναφερθείσα κατάρρευση. Τα επί 30ετία εισρεύσαντα χρήματα από τα Διεθροτικά Ταμεία της ΕΕ, όχι μόνο δεν έπιασαν τόπο, αλλά αντίθετα διέφθειραν ένα μεγάλο μέρος του οικονομικώς ενεργού πληθυσμού. Οι αγρότες στην πλειονότητά τους εγκατέλειψαν κάθε διάθεση αναδιάθρωσης των καλλιεργειών και ασχολή-

θηκαν αποκλειστικά με την είσπραξη των επιδοτήσεων (την οποία συχνά σε τρίτους-μεσάζοντες, έστω κι αν αυτό απομείωνε τις απολαβές τους). Αυτό δημιούργησε μια παρασιτική «ψευτοαγροτική» οικονομία και ένα πλεόνασμα που δεν ήξερε πού να τοποθετηθεί. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την άτακτη δόμηση στην οποία εν πολλοίς διοχετεύθηκαν τα χρήματα, ήταν μια από τις παράπλευρες στρεβλώσεις. **Το «όλα τα κιλά όλα τα λεφτά» θα ηχεί, για δεκαετίες, ως το σύνθημα μιας μεθοδευμένης αποτυχίας.** Η αναθεώρηση της ΚΑΠ ήρθε άλλωστε πολύ αργά.

Η κατάρρευση της Ελληνικής γεωργίας είναι ίσως η πιο χαρακτηριστική πλευρά της κρίσης παραγωγικότητας που προηγήθηκε της ελεύθερης πτώσης των λοιπών οικονομικών μεγεθών. Δύο ήταν τα χαρακτηριστικά της συστημικής αποδιάθρωσης του τομέα. Η μείωση του αγροτικού πληθυσμού που στο διάστημα 1980-2010 φτάνει το 60% και η θεαματική συρρίκνωση της συμμετοχής της γεωργικής παραγωγής στον εθνικό πλούτο η οποία από το 15% του ΑΕΠ που ήταν το 1976, έφτασε στο 2,5% το 2010! Βέβαια, και στις άλλες χώρες της Ευρωζώνης το μερίδιο της αγροτικής οικονομίας ως ποσοστό επί του συνόλου ακολούθησε στο ίδιο διάστημα μια φθίνουσα πορεία, κυρίως εξαιτίας της πολύ ταχύτερης ανάπτυξης των άλλων τομέων, όπως είναι η βιομηχανία και η παροχή υπηρεσιών.

Όμως, μέσα στο γενικό πλαίσιο της αδυναμίας ανάπτυξης του συνόλου της παραγωγής, η συρρίκνωση αυτή στην Ελλάδα έλαβε εξαιρετικά βίαιο χαρακτήρα. Πολλές αναπτυσσόμενες χώρες μείωναν την αγροτική παραγωγή τους αλλά διατηρούσαν ένα δυναμικό που τους επέτρεπε να έχουν μια σχετική αυτάρκεια και ταυτόχρονα να είναι και εξαγωγείς αγροτικών προϊόντων, όπως για παράδειγμα η Γαλλία και η Γερμανία.

Αντίστοιχα στην Ελλάδα η μείωση του αγροτικού πληθυσμού δεν οδηγούσε στην ανάπτυξη άλλων παραγωγικών τομέων αλλά στη διοχέτευση του εξαναγκασμένου σε φυγή από τη γεωργία εργατικού δυναμικού σε παρασιτικές ή γενικότερα σε μη παραγωγικές δραστηριότητες. Η εκπτώχευση της αγροτικής παραγωγής συμπαρέσυρε σε κατάρρευση και τις βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες επεξεργασίας τροφίμων και ποτών: η συμμετοχή τους στο σχηματισμό του ΑΕΠ ανερχόταν το 2008 στο 3,08%, λίγο πάνω από τη συνεισφορά του κλάδου εμπορίας και επισκευής αυτοκινήτων.

Αυτό γίνεται φανερό αν δούμε για παράδειγμα τα εδάφη τα αφιερωμένα στην καλλιέργεια σιτηρών. Η μείωσή τους είναι διαχρονικά σταθερή παρά το ότι δεν είχαμε να κάνουμε με μια γη οριακά παραγωγική. Το ίδιο μπορούμε να διαπιστώσουμε και για τις δενδρώδεις καλλιέργειες όπως η ελιά, η σταφίδα, τα σταφύλια κ.λπ. Ίδια ήταν φυσικά και η τύχη των βιομηχανικών φυτών όπως ο καπνός, τα ζαχαρότευτλα και το βαμβάκι. Η παραγωγή τους κατέρρευσε, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία, συμπαρασύροντας φυσικά και τη μεταποίηση και το σύνολο των δραστηριοτήτων που αρθρώνονταν γύρω από αυτήν.

Την πορεία που ακολουθούσε η γεωργία ακολούθησε φυσικά και η κτηνοτροφία. Έτσι, αν δούμε το εμπορικό ισοζύγιο αγροτικών προϊόντων της Ελλάδας για το 2009 όπως δίνεται από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, εύκολα διαπιστώνουμε πως μόνο στα ψάρια, στα φρούτα και λαχανικά, στους ελαιούχους σπόρους και καρπούς και στα έλαια έχουμε θετικό εμπορικό ισοζύγιο. Ακόμη και η παραγωγή ζάχαρης – που κάποτε ήταν εξαγωγική – σήμερα δεν επαρκεί για ούτε για την εσωτερική αγορά, με αποτέλεσμα να εισάγουμε πλέον ζάχαρη από άλλες Ευρωπαϊκές χώρες. Από το 2002 ως το 2009 η αξία των εισαγωγών αγροτικών προϊόντων από την

Ε.Ε ανήλθε στα 47,143 δισεκατομμύρια ευρώ. Της ίδιας τάξης μεγέθους ήσαν και οι κοινοτικές επιδοτήσεις προς την ελληνική γεωργία. **Ο μεγαλύτερος εμπορικός εταίρος της Ελλάδας ως προς τις εισαγωγές αγροτικών προϊόντων είναι η Γερμανία από την οποία και προήλθε, το 2008, το 13% των συνολικών γεωργικών εισαγωγών.** Από τη Γερμανία δεν εισάγουμε μόνο κρέατα και γαλακτοκομικά προϊόντα αλλά ακόμη και μάλακό σιτάρι, ντομάτες, μήλα, πατάτες, χυμούς μήλων και πορτοκαλιών, ακόμη και καπνό! Μέσα σ' αυτό το δυσοίωνο έως απελπιστικό τοπίο, υπάρχει μια οδός αισιοδοξίας.

Τα αγροπεριβαλλοντικά, μέτρα που συνιστούν μια μείζονα αλλαγή στο πλαίσιο της ΚΑΠ, έδωσαν σε πολλούς νέους αγρότες την δυνατότητα να δημιουργήσουν επιχειρήσεις με νέες αντιλήψεις και πρακτικές, με την ανάδειξη του αγροτικού τοπίου ως αξίας, όχι μόνο με όρους οικολογικούς αλλά και με όρους αγοράς, με στροφή στα προϊόντα ονομασίας προέλευσης, με την ολοκληρωμένη και βιολογική γεωργία, με τον αγροτουρισμό. Και όπως εύστοχα διαπιστώνει ο Λ. Λουλούδης: *«Έπειτα από δεκαετίες στήριξης αλλά και στρέβλωσης των δυνατοτήτων της ελληνικής γεωργίας από τις άνισες και άδικες επιδοτήσεις, ο συνδυασμός της ευρωπαϊκής αγροπεριβαλλοντικής πολιτικής, της βιοτεχνολογικής και πληροφορικής επανάστασης και της αναδυνάμενης οικολογικής ευαισθησίας των καταναλωτών-πολιτών (οι οποίοι, όπως και οι παραγωγοί, πρέπει να συνεχώς να εκπαιδεύονται) προσφέρει, μέσω της «πράσινης οικονομίας», ένα νέο αναπτυξιακό και διατροφικό πλαίσιο. Καθόσον το θεσμικό και τεχνολογικό πλαίσιο, αντικειμενικά υπάρχει. Αλλά δεν φτάνει να υπάρχει. Απαιτείται και ο υποκειμενικός παράγων. Δηλαδή η ανάληψη του πολιτικού κόστους ώστε η λεγόμενη «πράσινη» οικονομία να μην παραμείνει ως υπόσχεση των προεκλογικών προγραμμάτων των κομμάτων που την επαγγέλλονται. Με δυο λόγια, έστω και αργά, η προσαρμογή της ελληνικής πολιτικής στο ευρωπαϊκό κεκτημένο της πράσινης οικονομίας δεν έχει άλλο αντίπαλο από τον ίδιο τον εαυτό της»¹¹⁴.*

114. Α. Λουλούδης, *“Η πράσινη αγροτική οικονομία δεν είναι ουτοπία”*, *Ελευθεροτυπία* 25.10.2009

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΤΟ ΔΙΛΗΜΜΑ ΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ

Ο μετεωρολόγος Edward Lorentz ήταν από τους πρώτους που πειραματίστηκαν με την υπόθεση του χάους, ήδη από το 1960. Καθώς εργαζόταν σε ένα πρόβλημα της πρόβλεψης του χρόνου, ανακάλυψε ότι μια απειροελάχιστη τροποποίηση των αρχικών συνθηκών μπορούσε να αλλάξει εντυπωσιακά τη μακροπρόθεσμη συμπεριφορά ενός συστήματος. Αν για παράδειγμα ο αριθμός αφετηρίας των υπολογισμών ήταν το 2, το τελικό αποτέλεσμα θα μπορούσε να είναι εντελώς διαφορετικό εάν είχε επιλεγεί αντ' αυτού ο αριθμός 2,00001. Βέβαια, τόσο μικρές διαφορές στις μετρήσεις, θα μπορούσαν να αποδοθούν σε αυτό που ονομάζουμε “πειραματικός θόρυβος” ή «εύρος της ασάφειας» ή απλά περιορισμένη ακρίβεια του οργάνου. Είναι πράγματα που είναι αδύνατον να αποφύγουμε ακόμα και στα πιο καλά μονωμένα εργαστήρια. Ένα τέτοιο επίπεδο ακρίβειας είναι αδύνατον να επιτευχθεί. Εκκινώντας από αυτήν την θεωρία, ο Lorentz έχει πει ότι ήταν αδύνατο να προβλέψει κανείς την εξέλιξη των διαταραχών μέσα στο χρόνο με ακρίβεια. Παρόλα αυτά αυτή η ανακάλυψη τον κατηύθυνε προς νέες έρευνες, οι οποίες έγιναν αργότερα γνωστές με τον όρο “θεωρία του χάους”.

Από την εποχή που οι επιστήμονες προσπάθησαν να κατανοήσουν τους νόμους της φύσης, βρέθηκαν πάντα αντιμέτωποι με τις ιδιοτροπίες της αταξίας. Μέσα στην ατμόσφαιρα, μέσα σε μια ταραχώδη θάλασσα, μέσα στη διακύμανση των πληθυσμών των ειδών, μέσα στις ταλαντώσεις των χτύπων της καρδιάς, μέσα στη μορφή των νεφών, στη διαδρομή μιας αστραπής, στη μικροσκοπική διαπλοκή των αιμοφόρων αγγείων, στη διάταξη των αστεριών στο διάστημα ή στη μορφή των νευρώνων μέσα στον εγκέφαλο. Πλευρές του χάους θα βρει κανείς παντού γύρω στον κόσμο: από το ρεύμα των ωκεανών και το τραγούδι των πουλιών, μέχρι την αίσθηση κάτω απ' τις πατούσες καθώς βαδίζουμε με γυμνά πόδια μες τη χλόη. Παρά ταύτα και το χάος έχει κάποιους κανόνες. Οι οικονομολόγοι προσπάθησαν να τους χρησιμοποιήσουν για να κατανοήσουν τις μεταβολές των τιμών στο χρηματιστήριο και οι βιολόγοι για να βρουν κάποιες σταθερές μέσα στην πολυπλοκότητα που καθορίζει τη λειτουργία των ζωντανών οργανισμών. Η σημασία της θεωρίας του χάους είναι για πολλούς επιστημολόγους ισάξια της κβαντομηχανικής και της σχετικότητας, δύο επιστημονικών επαναστάσεων που σφράγισαν και χαρακτήρισαν ολόκληρο τον 20ο αιώνα. Σήμερα πια μπορούμε να μιλάμε για την χαοτική αρμονία στην αυτοοργάνωση και τη γεωμετρία των φράκταλς, με την ίδια βεβαιότητα που ο Νεύτωνας και ο Γαλιλαίος μιλούσαν για τον επιστημονικό ντετερμινισμό, ότι δηλαδή οι ίδιες αιτίες οδηγούν στα ίδια αποτελέσματα. Όμως δεν είναι έτσι. Η θεωρία του χάους θέτει υπό αμφισβήτηση τα απλουστευμένα μοντέλα της κλασικής φυσικής αποδεικνύοντας ότι ένα σύστημα μπορεί να έχει μια απρόβλεπτη συμπεριφορά ακόμη και με την αφορμή ενός μικροσκοπικού γεγονότος. Με άλλα λόγια, ένα “ασήμαντο” συμβάν μπορεί να πάρει απρόβλεπτες διαστάσεις αν πυροδοτήσει ένα μηχανισμό αλυσιδωτών αντιδράσεων.

Αντίστοιχες ήταν βέβαια και οι διαπιστώσεις της κβαντικής μηχανικής για τη δομή της ύλης και τη συμπεριφορά του σύμπαντος. Σήμερα ξέρουμε για παράδειγμα ότι αν στην κλασική φυσική θεωρούσαμε δυνατόν να παρακολουθήσουμε την τροχιά ενός αντικειμένου στο διάστημα (ας πούμε ενός αστεροειδούς ή ενός δορυφόρου)

δεν συμβαίνει το ίδιο με την κβαντική φυσική. Στον ατομικό κόσμο πρέπει να αρκεστούμε στις αστάθμητες προσεγγίσεις. Έτσι, δεν μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανότητα που έχει ένα ηλεκτρόνιο να βρίσκεται σε δεδομένο χρόνο σε μια ορισμένη θέση. Ακόμα χειρότερα: πριν ακόμα επιβεβαιώσουμε τη θέση του πραγματοποιώντας μια μέτρηση, θεωρούμε πως το ηλεκτρόνιο δεν βρίσκεται πουθενά, ή καλύτερα είναι διάχυτο σε μια περιοχή του χώρου.

Η θεωρία του χάους – καθώς και η θερμοδυναμική των μη αντιστρεπτών καταστάσεων που την ακολούθησε – είναι κατά κάποιο τρόπο μια προέκταση της κβαντικής θεωρίας στα πολύπλοκα δυναμικά συστήματα. Η νέα φυσική δεν έχει εφαρμογή μόνο στη μετεωρολογία. Μπορούμε να τη δούμε να εφαρμόζεται στην οικονομία (το χρηματιστήριο, ο φαύλος κύκλος της ύφεσης κτλ.) στην κοινωνία (εξεγέρσεις που οδηγούν σε επανάσταση) στην οικολογία (μαζική εξαφάνιση ειδών).

Το επόμενο ερώτημα τέθηκε αμέσως μετά, όταν διαπιστώθηκε ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου βρισκόταν ήδη σε εξέλιξη. Μπορεί δηλαδή το κλίμα να συμπεριφερθεί με τρόπο ανάλογο αυτόν του χρηματιστηρίου; Μπορεί οι μεταβολές θερμοκρασίας στην τροπόσφαιρα να αλλάξουν την κυκλοφορία των θαλάσσιων ρευμάτων και των κυκλώνων; Μπορεί τα ακραία καιρικά φαινόμενα να επεκταθούν, ή ακόμα χειρότερα, να έρχονται ξαφνικά και με τέτοια ένταση και να παίρνουν τα χαρακτηριστικά θεομηνίας; Είναι κάτι που αρκετοί κλιματολόγοι φαίνεται να συμμερίζονται, μεταξύ αυτών και ένας μαθητής του Λόρεντς ο Ελληνικής καταγωγής Αθανάσιος Τσόνης. Η υπόθεσή του βασίζεται σ' αυτό που ονομάζει τηλεσυσχέτιση. Πρόκειται για αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν ανάμεσα σε κλιματικά φαινόμενα που εξελίσσονται ανεξάρτητα και σε μεγάλες μεταξύ τους αποστάσεις. Για παράδειγμα η ατμοσφαιρική πίεση σε μια περιοχή της Ταϊτής θα μπορούσε να συνδέεται με την αντίστοιχη κλιματική παράμετρο στην Αυστραλία, κι ας βρίσκεται 8.500 χλμ. πιο μακριά. Ο λόγος είναι πως οι μεταβολές στο καθεστώς των ανέμων έχουν, δύναμει, πλανητική εμβέλεια.

Μια γνωστή στην κλιματολογία τηλεσυσχέτιση είναι αυτή του El Nino, ενός φαινομένου το οποίο παρατηρείται στον κεντρο-ανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό, στα ανοιχτά των δυτικών ακτών της Νοτίου Αμερικής και σχετίζεται με τη λεγόμενη *Νότια Διακύμανση* (ENSO), μια ανωμαλία που οφείλεται στην μεταβολή του καθεστώτος των αληγών ανέμων. Στη «θερμή» εκδοχή του εκδηλώνεται με άνοδο της θερμοκρασίας των νερών της επιφάνειας του ωκεανού. Συνδέεται με θερμότερο καιρό σε όλη την περιοχή, περισσότερες βροχοπτώσεις και πλημμύρες στον ανατολικό και τροπικό Ειρηνικό και περισσότερη ξηρασία στο δυτικό τμήμα του ωκεανού (σε μικρότερο βαθμό οι θερμοκρασίες ανεβαίνουν και τα πρότυπα των βροχοπτώσεων επηρεάζονται σχεδόν σε όλο τον πλανήτη). Στην ψυχρή εκδοχή του, η οποία λέγεται La Nina, εκδηλώνεται με την πτώση της θερμοκρασίας των επιφανειακών νερών και συνδέεται με ψυχρότερες θερμοκρασίες στην περιοχή, ενίσχυση των μουσώνων, ξηρασία στο ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού και περισσότερες βροχοπτώσεις στο δυτικό τμήμα του (και πάλι οι θερμοκρασίες φθίνουν και τα πρότυπα των βροχοπτώσεων επηρεάζονται σε μεγάλο μέρος του πλανήτη).

Εδώ και δυο δεκαετίες οι επιστήμονες προσπαθούν να προσδιορίσουν πώς η ENSO, και μαζί με αυτήν τα ακραία καιρικά φαινόμενα που προκαλεί στις περιοχές τις οποίες πλήττει άμεσα, θα επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή και την άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη. Αν και τα πρώτα μοντέλα δεν έδιναν σαφείς απαντήσεις, οι τελευταίες προσομοιώσεις της Γενικής Κυκλοφορίας της Ατμόσφαιρας φαί-

νεται να συμφωνούν ότι όλα τα σενάρια με διαφορετικές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου οδηγούν σε μια ένταση των φαινομένων χρόνο με το χρόνο, σε μεγαλύτερες ξηρασίες στον δυτικό Ειρηνικό και σε αύξηση των βροχοπτώσεων στον κεντρικό και ανατολικό τμήμα του, αλλά κυρίως σε μια μη γραμμική απόκριση των επιφανειακών ρευμάτων στην αύξηση της θερμοκρασίας¹¹⁵.

Από τις αρχές της δεκαετίας του '90 εμφανίζεται ένας νέος τομέας έρευνας, αυτός των συγχρονισμένων χαοτικών συστημάτων, όπου δύο ή περισσότερες ταλαντώτες σε σύζευξη έχουν την τάση να παράγουν δομές με μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Αυτό το είδος των φαινομένων μπορεί να παρατηρηθεί σε πολύ διαφορετικά πεδία, όπως τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, τα οίκου συστήματα αλλά και το ανθρώπινο σώμα. Το τελευταίο εμφανίζει για παράδειγμα συγχρονισμούς ανάμεσα στην αναπνοή και τους χτύπους της καρδιάς. Αντίστοιχα στην περιοχή του εγκεφάλου διαπιστώνουμε νευρώνες που συνεργάζονται μεταξύ τους εξ αποστάσεως. Το μυαλό είναι ένα χαοτικό σύστημα που ρυθμίζεται από κυκλώματα εσωτερικής ανατροφοδότησης, και επομένως πρέπει να αναλυθεί σαν ενιαίο σύνολο. Μικρές εσωτερικές αβεβαιότητες μεγεθύνονται με την πάροδο του χρόνου, καθιστώντας τις μακρόχρονες προβλέψεις της εγκεφαλικής λειτουργίας αδύνατες. Επιπλέον, η χαοτική δραστηριότητα του εγκεφάλου δημιουργεί νέες λύσεις, μια εσωτερική διαδικασία κρίσιμη για τη γνώση. Τελικά, η παράξενη συμπεριφορά στο μυαλό έχει ερμηνευθεί σε σημαντικό βαθμό από τα μη γραμμικά μαθηματικά. Οι ηλεκτροεγκεφαλογραφικές εικόνες της δραστηριότητας του εγκεφάλου είναι όμοιες με τα ηλεκτροκαρδιογραφικά δεδομένα της καρδιάς. Η εγκεφαλική δραστηριότητα είναι χαοτική και απρόβλεπτη, ωστόσο έχει μια κρυμμένη τάξη όταν παρασταθεί σε ένα διάγραμμα φάσης-χώρου, και έλκεται προς μια συγκεκριμένη περιοχή (έλκυστης).

Μια αντίστοιχη συμπεριφορά μπορούμε ενδεχομένως να διαγνώσουμε και στα κλιματικά φαινόμενα. Ήδη έχουν διαπιστωθεί δυο τρεις περιπτώσεις ανωμαλιών κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα, καθώς και μια παρόμοια το 2001/02 που θα μπορούσε να αποδοθεί σε τηλεσυσχέτιση και στη συνέχεια σε συγχρονισμό. Το πρακτικό αποτέλεσμα ήταν μια ασυνέχεια στην εξέλιξη των θερμοκρασιών, το πέρασμα σε ένα νέο θερμοκρασιακό καθεστώς και σε μια σταθεροποίηση στη συνέχεια η οποία διατηρείται για δυο τρεις δεκαετίες μέχρι να μεταβληθεί ξανά από αντίστοιχους συγχρονισμούς. Οι παράγοντες που συνεργάζονται σ' αυτήν την περίπτωση είναι η αποθήκευση της θερμότητας στους ωκεανούς, η πυκνότητα των νεφώσεων και η παρουσία υδρατμών στην ατμόσφαιρα (το ισχυρότερο αέριο του θερμοκηπίου). Αξίζει επίσης να σημειώσουμε ότι αυτές οι αλλαγές-ανωμαλίες ήταν ενδογενείς, χωρίς δηλαδή τη παραμικρή συνδρομή εξωτερικών παραγόντων όπως είναι το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στη Γη.

Αν και αυτή είναι μια θεωρία που δεν την συμμερίζονται όλοι οι κλιματολόγοι – εν προκειμένω δεν παραδέχονται ότι είναι δυνατόν να απομονωθούν στα μοντέλα οι εξωγενείς παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία – εντούτοις συμφωνούν ότι οι παράγοντες αυτοί σε μικρό μόνο ποσοστό μπορούν να επηρεάσουν τη μεταβολή της

115. Moss, R.H. and all. *The next generation of scenarios for climate change research and assessment*. Nature, 463, 2010

θερμοκρασίας. Για παράδειγμα η κλιματολόγος Judith Lean¹¹⁶ θεωρεί ότι μόνο η ανθρωπογενής επίδραση μπορεί να ερμηνεύσει την συνεχή ανοδική τάση της επιφανειακής θερμοκρασίας στον πλανήτη τα τελευταία 120 χρόνια και ότι η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας έχει μια μικρή συνεισφορά της τάξεως του 10%. Οι περί του αντιθέτου ισχυρισμοί θέτουν ως προϋπόθεση ότι η φωτεινότητα του ήλιου αυξήθηκε τον περασμένο αιώνα τόσο πολύ όσο ποτέ άλλοτε κατά τη διάρκεια της τελευταίας χιλιετίας, και αυτό παρά την έλλειψη τέτοιων ενδείξεων από αστρονομικές παρατηρήσεις και μετρήσεις των διαστημικών δορυφόρων. Η θεωρία της ηλιακής θέρμανσης προϋποθέτει επίσης ότι το κλίμα της Γης παραμένει τελείως ανεπηρέαστο από τις ασφαλώς υπολογισμένες αυξητικές τιμές των αερίων του θερμοκηπίου, ενώ αντίθετα είναι υπερβολικά ευαίσθητο στις ατελώς γνωστές μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας. Και καταλήγει: Και τα δυο αυτά σενάρια είναι εξαιρετικά αστήρικτα απέναντι στην προφανή συμμετοχή των ανθρωπογενών φαινομένων στην παγκόσμια υπερθέρμανση σε ποσοστό της τάξης του 90%.

Φυσικά η απόλυτη απόδειξη δεν μπορεί να έλθει παρά από την ίδια την πραγματικότητα. Όμως, όπως έχει πολλές φορές ειπωθεί, το λάθος προς την κατεύθυνση της υποτίμησης του ρόλου των παραγόντων που φαίνεται να έχουν το συντριπτικό ποσοστό της ευθύνης στην υπερθέρμανση και επομένως στην κλιματική αλλαγή, δηλαδή των ορυκτών καυσίμων και των αντίστοιχων εκπομπών, θα είναι απείρως μεγαλύτερο από το πιθανό λάθος της υπερεκτίμησης των συμπερασμάτων των μοντέλων.

Για να ξαναγυρίσουμε όμως στον Lorenz, η φράση του ότι «μια πεταλούδα που χτυπά φτερά της στην Μασσαλία θα μπορούσε να είναι υπεύθυνη για την καταιγίδα που θα ξεσπάσει την επομένη ή τρεις μήνες αργότερα στη Νέα Υόρκη» έχει περισσότερο συμβολικό, παρά πραγματικό χαρακτήρα. Αν κοιτάξουμε τις δυο μικρές φουσαλίδες αφρού που επιπλέουν στο κάτω μέρος ενός καταρράκτη, τι μπορούμε να ξέρουμε για το χρονικό σημείο που αποσπάστηκαν από το αρχικό σημείο της πτώσης; Τίποτα. Εκεί που αρχίζει το χάος, σταματά η ισχύς των κλασικών επιστημών. Όμως το πραγματικό δίλημμα της πεταλούδας δεν είναι αυτό. Το αν αποφασίσει να πετάξει ή όχι έχει να κάνει με τη διαθεσιμότητα της τροφής και με τις συμπεριφορές επιβίωσης που απέκτησε κατά τη μακρά πορεία της εξέλιξης. Μια απότομη (για τον εξελικτικό χρόνο) αλλαγή των εξωτερικών συνθηκών (π.χ. της θερμοκρασίας) μπορεί να επηρεάσει τον συνολικό της κύκλο σε απρόβλεπτο βαθμό. Η μετανάστευση σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη για να βρει τις γνώριμες θερμοκρασίες, δεν είναι πάντα η σωστή λύση, παρόλο που καθοδηγείται από το ένστικτο. Το πιθανότερο είναι ότι δεν θα βρει τα σωστά φυτά για τη διατροφή της και ότι η απαιτούμενη περίοδος προσαρμογής είναι πολύ μεγαλύτερη από τον χρόνο που διαθέτει.

Οι μόνιμα εγκατεστημένες πεταλούδες της Ευρώπης μετακινούνται προς Βορράν. Αυτό απέδειξε η έρευνα μιας μικτής επιστημονικής ομάδας από Αμερικανούς και Ευρωπαίους που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Nature* το 1999 (τ. 399). Ήταν η πρώτη φορά που επιστήμονες διέγνωσαν μια σχέση ανάμεσα στις μετατοπίσεις μεγάλων πληθυσμών μη μεταναστευτικών εντόμων και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην Ευρώπη. Η εργασία χρειάστηκε πολλά χρόνια για να μπορέσει να καταλήξει σε ασφαλή συμπεράσματα μέσα από πολυάριθμες παρατηρήσεις και δεδομένα

116. *Cycles and trends in solar irradiance and climate, Wire Climate, Dec 22 2009.*

σχετικά με τις συνήθειες και την διασπορά πολλών ειδών λεπιδοπτέρων από τις αρχές του αιώνα μέχρι σήμερα. Κατά τη διάρκεια λοιπόν αυτής της περιόδου, το 63% των 35 ειδών πεταλούδας που μελετήθηκαν, έχουν μετατοπιστεί σε μια απόσταση που ποικίλει από 35 έως 240 χιλιόμετρα προς Βορράν, ενώ μόνο το 6% μετατοπίστηκε προς Νότον. Στο διάστημα αυτό, η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας στη γηραιά ήπειρο ήταν περίπου 0,8° C πράγμα που οδήγησε στην προς Βορράν μετατόπιση των *κλιματικών ισοθέρμων* κατά 120 χιλιόμετρα, όσο δηλαδή και ο μέσος όρος των μετατοπίσεων που παρατηρήθηκαν στις πεταλούδες. Προκειμένου οι ερευνητές να βεβαιωθούν ότι στη βάση αυτού του «προσφυγικού» ρεύματος δεν ήταν άλλοι, μη κλιματικοί παράγοντες όπως π.χ. η επέκταση των βιομηχανικών καλλιεργειών, εξετάστηκαν μόνο τα είδη με τη μικρότερη ευαισθησία στην καταστροφή των ενδιαιτημάτων τους. Αρκετά άλλωστε από τα είδη αυτά εποίκησαν και περιοχές με εντατική καλλιέργεια, λιγότερο προσαρμοσμένες στις ανάγκες τους απ' αυτές στις οποίες κατοικούσαν τους προηγούμενους αιώνες. Σύμφωνα με τους ερευνητές, το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου είναι υπεύθυνο γι αυτήν την μεταβολή που αναμένεται να πάρει ακόμη μεγαλύτερες διαστάσεις στον αιώνα που διανύουμε με θερμοκρασιακή αύξηση της τάξεως των 2 έως 4,5° C. Αν όμως οι πεταλούδες της Ευρώπης απλώς αναγκάζονται να αλλάξουν συνήθειες και τόπο κατοικίας, δεν συμβαίνει το ίδιο και με τα μεταναστευτικά είδη.

Ήταν γύρω στο 1975 όταν ο ο Καναδός εντομολόγος Φρεντ Ούρκουχαρτ έγινε ένας διεθνώς αναγνωρισμένος ειδικός για το σχέδιο μετανάστευσης της πεταλούδας Μονάρχης (*Danaus plexippus*). Μετά από έρευνες δεκαετιών, μαζί με την Catalina Trails και τον Ken Brewer, κατάφεραν να ανακαλύψουν πού περνούσαν το χειμώνα οι πεταλούδες. Βρήκαν εκατομμύρια πεταλούδες Μονάρχης πάνω στα δέντρα κοντά σε ένα ξέφωτο στο βουνό. Ο Φρεντ Ούρκουχαρτ έκανε συλλογή από πεταλούδες από παιδί και αυτό το ενδιαφέρον του τον οδήγησε να ολοκληρώσει το διδακτορικό του στην εντομολογία το 1940. Έγινε διευθυντής της Ζωολογίας και Παλαιοντολογίας στο Βασιλικό μουσείο του Οντάριο, και το 1961 διορίστηκε ως καθηγητής Ζωολογίας, μια θέση που κράτησε μέχρι την απόσυρσή του το 1979.

Αυτό το έντομο με το περίεργο όνομα και το χαρακτηριστικό πορτοκαλί-μαύρο χρώμα στα φτερά του, είναι ένα από τα ομορφότερα είδη και εντυπωσιάζει με το μοναδικό μεταναστευτικό του ταξίδι που πραγματοποιεί κάθε χρόνο στην αρχή του χειμώνα. Οι πεταλούδες αυτές διανύουν χιλιάδες χιλιόμετρα από την Αμερική και τον Καναδά όπου ζουν (σπανιότερα και στη δυτική Ευρώπη και άλλες περιοχές του κόσμου), προκειμένου να περάσουν το χειμώνα στα δάση του Μεξικού και στις ακτές της Καλιφόρνια. Μάλιστα η διάρκεια της διαδρομής είναι πολύ μεγαλύτερη κι από την ίδια τους τη ζωή (λιγότερο από δύο μήνες)! Με άλλα λόγια, ποτέ το ίδιο άτομο δεν θα φτάσει στον προορισμό του, αλλά οι απόγονοί του της επόμενης ή της μεθεπόμενης γενιάς.

Οι πεταλούδες ακολουθούν κάθε χρόνο την ίδια διαδρομή και χρησιμοποιούν τα ίδια δέντρα για να κρέμονται από τα κλαδιά τους. Είναι άλλωστε τα μόνα έντομα που μεταναστεύουν σε θερμότερα κλίματα και στη συνέχεια επιστρέφουν εκεί απ' όπου ξεκίνησαν. Πρόκειται για μια πανάρχαια επαναλαμβανόμενη συμπεριφορά, τόσο που η άφιξη των πεταλούδων στο Μεξικό συμπίπτει εδώ και αιώνες με το έθιμο της «Ημέρας των Νεκρών» μια και οι Μεξικανοί πιστεύουν ότι οι πεταλούδες είναι οι ψυχές των νεκρών προγόνων τους που επιστρέφουν στη Γη.

Έρευνες που έγιναν το 2016 διαπίστωσαν ότι οι πεταλούδες Μονάρχης κατέφθασαν σε πολύ μεγαλύτερους αριθμούς στη χειμερινή τους βάση στο Μεξικό σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια, όταν ο πληθυσμός τους είχε μειωθεί σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι είναι πλέον ασφαλείς, με την ασυνήθιστα άφθονη βροχή και το κρύο που συχνά ενσκήπτουν στα δάση όπου εγκαθίστανται μέχρι την άνοιξη. Στατιστικά ο αριθμός τους παρουσιάζει φθίνουσα πορεία εδώ και πολλά χρόνια, καθώς το περιβάλλον της διαδρομής τους, που έχει μήκος 3.000 μίλια, αλλοιώνεται από τη γεωργία, την οικιστική ανάπτυξη, και την παράνομη υλοτομία.

Τώρα τις απειλεί και ο καιρός, λέει η Gloria Tavera, περιφερειακή διευθύντρια του Μεξικού για την Εθνική Επιτροπή των Προστατευόμενων Φυσικών Περιοχών. Οι πεταλούδες συγκεντρώνονται στο Μεξικό, λόγω του σχετικά ήπιου κλίματος. Αλλά φέτος, ο καιρός αναμένεται να είναι πιο κρύος από το συνηθισμένο και η βροχή πιο συχνή, καθώς η άνοδος της θερμοκρασίας των ωκεανών ενισχύει τις συνέπειες του El Nino. Παρά το γεγονός ότι οι πεταλούδες μπορούν να αντέξουν το κρύο, η δυνατή βροχή τις σκοτώνει πάνω τα δέντρα, όπου κουρνιάζουν κατά χιλιάδες. Επειδή τα φτερά τους είναι βρεγμένα, δεν μπορούν να πετάξουν κι έτσι παγώνουν μέχρι θανάτου. «Η κλιματική αλλαγή είναι η κύρια ανησυχία μας», λέει η Tavera. «Ξυπνάμε καθημερινά με αγωνία για την πρόγνωση του καιρού. Ένας κακός χειμώνας θα μπορούσε να εκτροχιάσει τις προσπάθειες του Μεξικού, των ΗΠΑ και του Καναδά, να αυξήσουν την περιοχή που κουρνιάζουν οι πεταλούδες σε περίπου έξι εκτάρια (15 στρέμματα) μέχρι το 2020, από τα δύο εκτάρια που καταγράφηκε πέρυσι».

Στις ΗΠΑ, η κυβέρνηση προσπαθεί να πείσει τους αγρότες να ξανακαλλιεργήσουν την ασκληπιάδα, ένα φυτό με ροζ συστάδες λουλουδιών και άσπρο γαλακτερό χυμό, που οι πεταλούδες Μονάρχης χρειάζονται ως τρόφιμο και για να τραφούν. Ο «Monarch Watch», ένας περιβαλλοντικός φορέας που υποστηρίζει την προστασία της πεταλούδας, διανέμει δωρεάν διαφημιστικά φυλλάδια για τους ανθρώπους που θέλουν να φυτέψουν στους κήπους τους το φυτό, στο πλαίσιο μάλιστα ενός προγράμματος που χρηματοδοτείται από τη Monsanto! Στο Μεξικό, οι επίσημοι και μη κυβερνητικοί οργανισμοί βοηθούν τους αγρότες να αναπτύξουν την πεταλούδα Μονάρχης ως εναλλακτική λύση της αποψίλωσης των δασών, η οποία έχει αυξηθεί τα τελευταία τρία χρόνια εξαιτίας των αυστηρών απαγορεύσεων της παράνομης υλοτομίας!. Η Tavera λέει ότι η ανάκαμψη των πεταλούδων, είναι ένα σημάδι ότι τα μέτρα αυτά δουλεύουν. Άλλοι όμως υποστηρίζουν ότι η διακύμανση του αριθμού των πεταλούδων είναι απλώς το αποτέλεσμα των καιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια της περιόδου αναπαραγωγής. Το 2002 για παράδειγμα ήταν μια πάρα πολύ κακή χρονιά. Οι χαμηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα ισχυρές βροχοπτώσεις εξολόθρευσαν γύρω στα 250 εκατομμύρια, ήτοι ποσοστό που αγγίζει περίπου το 15% του συνολικού τους πληθυσμού.

Αν λοιπόν κινδυνεύουν οι πεταλούδες, ίσως να κινδυνεύει και το ανθρώπινο είδος. Η κοινωνία όμως των ανθρώπων, είναι η μόνη που μπορεί – με τη γνώση και την ευαισθησία – να αποτρέψει το χειρότερο σενάριο. Οι πεταλούδες, δυστυχώς, δεν μπορούν.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΑ)

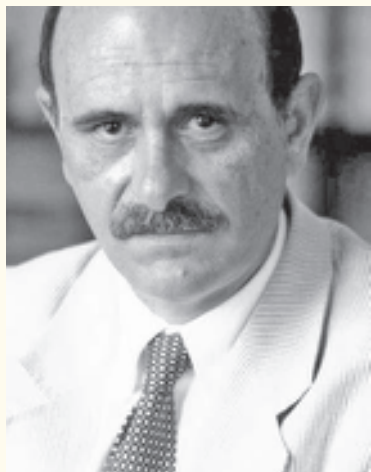
- Braudel Fernand, «The Mediterranean and the Mediterranean World in the Age of Philip II», Collins, London 1972.
- Wilson Edward, “On Human Nature”, Harvard University Press 1979, winner of the 1979 Pulitzer Prize for General Nonfiction.
- Humboldt von Alexander, “Voyage dans l’ Amerique equinoxiale”, Maspero, Paris 1980.
- Naveh Zev & Lieberman Arthur S. «Landscape Ecology. Theory and Application», Springer Verlag, New York 1983.
- Attemborough David, «The first Eden, The Mediterranean Word and Man», Collins, London 1987.
- Gleaser Bernhard, “The Green Revolution Revisited”, Allen & Unwin, London 1987.
- Μοδινός Μιχάλης, «Από την Εδέμ στο Καθαρόηριο – η Γεωγραφία της Υπανάπτυξης», Εξάντας, Αθήνα 1988.
- Gould J. Stephen, «The Wonderful life», Norton & Company 1989.
- Deleage Jean Paul, « Histoire de l’ ecologie », La Decouverte, Paris 1991.
- Κομπιάς Κώστας, «Θραύσματα κατόπτρου», Θεμέλιο 1993.
- Mnatsakanian Ruben, « L’ Héritage écologique du communisme dans les républiques de l’ ex-URSS », Frison-Roche, Paris 1994.
- Braudel Fernand, «Υλικός Πολιτισμός, Οικονομία και Καπιταλισμός 15ος-18ος Αιώνας», Μορφωτικό Ινστιτούτο Αγροτικής Τράπεζας 1995.
- Brown Lester, “Who Will Feed China: Wake-Up Call for a Small Planet”, World-Watch Institute 1995.
- Futuyma J. Douglas, Εξελικτική βιολογία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης 1995.
- Rackham Oliver & Moody Jennifer, «The making of the Cretan Landscape», Manchester University Press, New York 1996.
- Greenpeace, «Πράσινες Πεδιάδες με Σκοτεινό Μέλλον», Νεφέλη 1997.
- Τσαντίλης Δήμος, “Οικολογία και αισθητική. Η έννοια του τοπίου” στο Μοδινός, Μιχάλης και Ευθυμιόπουλος Ηλίας (επιμ.), “Οικολογία και Επιστήμες του Περιβάλλοντος” ΔΙΠΕ, Αθήνα 1998.
- Φωτόπουλος Χρήστος, «το Παραγωγικό Σύστημα της Βιολογικής Γεωργίας ως Εναλλακτική Λύση για την Ανάπτυξη της Ελληνικής Υπαίθρου», εκδόσεις ΕΘΙΑΓΕ 1999.
- Clément Gilles, «le Jardin Planetaire », Albin Michel 1999.
- ΔΙΠΕ, «Η δίκη του Αχελώου», Στοχαστής 1999.
- Postel Sandra, «Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?», W.W. Norton Company 1999.
- Μοδινός Μιχάλης (επιμ.), «Η οικογεωγραφία της Μεσογείου», ΔΙΠΕ/Στοχαστής 2001.
- «The Millennium Development Goals and Water», UN 2000.

- Brian Halweil, “Home Grown”, WorldWatch Institute 2002.
- Lappé Anna, “Hope’s Edge: the next diet for a small planet”, Tarcher/Putnam 2002.
- Bell Sandra, Robin Schoeps Lewis, Martin McPherson, Christopher Stopes, “Breaking the Pesticides Chain”, Pesticides Action Network UK and Friends of the Earth, July 2003.
- Ευθυμιόπουλος Ηλίας, Μοδινός Μιχάλης. (επιμ.), «Η φύση της γεωγραφίας», ΔΙΠΕ 2004.
- Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη – World Wach Institute,, «Η κατάσταση του κόσμου, 2006, 2007, 2008, 2009».
- Stern Nikolas, “The Economics of Climate Change”, Cambridge University Press 2006.
- Pianka Eric, “Εξελικτική Οικολογία», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης 2006.
- Χατζημπίρος Κίμων, Παναγιωτίδης Παναγιώτης, Καρακατσάνη Ρένα, “Λεξικό οικολογικών και περιβαλλοντικών όρων”, Σταφυλίδης 2006.
- Σταυρόπουλος Αλέξανδρος, «Η ζωή σ’ επίπεδο μορίων», ίδρυμα Ευγενίδου 2007.
- Ζερεφός Χρήστος, “Εισαγωγικά μαθήματα στη φυσική της ατμόσφαιρας”, Παπασωτηρίου 2008.
- Whittaker J. Robert, Fernandez – Palacios J. Maria, “Νησιωτική βιογεωγραφία», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης 2009.
- Prigogine Ilya, “La fin des certitudes: Temps, Chaos et les Lois de la Nature”, Odile Jacob 2010.
- Ευθυμιόπουλος Ηλίας, “Παράθυρο στην κρίση”, Μεταίχμιο 2011.
- Τσαντίλης Δήμος, «Κρήτη, μια ήπειρος σε ένα νησί», Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης 2014.

Η οικολογική ισορροπία και τα όριά της, οι διαταραχές που αποσβένονται καθώς κι εκείνες που οδηγούν στην απορρύθμιση, είναι το επόμενο μεγάλο ερωτηματικό των επιστημόνων και όχι μόνον: οικονομολόγοι, κοινωνιολόγοι, ασφαλιστές, επενδυτές, πολιτικοί και δημοσιογράφοι άρχισαν να ενδιαφέρονται όλο και πιο πολύ για την τύχη του πλανήτη, με την έννοια της πρόβλεψης και μάλιστα μικρής διάρκειας. Το ζήτημα δεν ήταν πλέον να επαληθευθεί η υπόθεση της (α)συνεχούς μεταβολής (και της εξέλιξης) αλλά να προσδιοριστεί ο χρονικός ορίζοντας των αλλαγών τις οποίες επηρεάζει ο άνθρωπος και οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν τις κοινωνίες των ανθρώπων.

Για παράδειγμα, η κλιματική αλλαγή, φαίνεται να διαφοροποιεί από τώρα τις βιο-γεωγραφικές ζώνες του πλανήτη. Όσα από τα έμβια όντα ή τα οικοσυστήματα μπορούν να προσαρμοστούν, ίσως επιβιώσουν. Μερικά ζώα ήδη μεταναστεύουν νωρίτερα λόγω της αλλαγής των συνθηκών. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι θα βρουν την κατάλληλη τροφή στους (αναγκαστικούς) τόπους υποδοχής. Έτσι, το πραγματικό δίλημμα της πεταλούδας είναι αν θα πετάξει και πότε. Το ενδεχόμενο να προκαλέσει μείζονα διαταραχή (φαινόμενο της πεταλούδας) είναι κάτι που δεν το ξέρει. Η λάθος όμως εκτίμηση της αλλαγής των συνθηκών λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, μπορεί να της στοιχίσει τη ζωή.

Στα κεφάλαια που συνθέτουν το βιβλίο, υπάρχει μια σταδιακή μετάβαση από την φύση χωρίς τον άνθρωπο στα ανθρωπογενή συστήματα, αφού έχει εν τω μεταξύ περιγραφεί η πολύπλοκη συσχέτιση των δύο συνόλων δια μέσου της ιστορίας και της εξέλιξης. Όμως η αφήγηση δεν ακολουθεί αυστηρούς κανόνες, δεν είναι ας πούμε επαγωγική. Το σύγγραμμα μοιάζει περισσότερο με την χαοτική κίνηση σε ένα πεδίο ελκυστών, προκειμένου να υπογραμμιστεί μ' αυτόν τον τρόπο η σχετικότητα της γνώσης και η προσεγγιστικότητα των υποθέσεων χωρίς ωστόσο να προδοθεί η ιδέα της καθολικότητας και η ανάγκη της ακόμα μεγαλύτερης εμβάθυνσης σ' ένα κόσμο που χάνεται καθώς τον πλησιάζουμε, όπως τα οράματα της ερήμου. Γιατί σε κάθε περίπτωση ισχύει η ρήση του Αριστοτέλη ότι «*το πραγματικό διάβημα στην μελέτη της φύσης είναι να κάνουμε τα πράγματα που μας φαίνονται καθαρά κι αναγνωρίσιμα, να είναι καθαρά κι αναγνωρίσιμα αφεαυτών*».



Ο **Ηλίας Ευθυμιόπουλος** γεννήθηκε στην Αθήνα και σπούδασε φυσικές επιστήμες στην Ελλάδα και την Γαλλία. Το 1981 γίνεται διευθυντής στη νέα Οικολογία. Το 1990 ιδρύει την Ελληνική Greenpeace την οποία διευθύνει μέχρι το 1999. Το 2000 συμμετέχει ως υφυπουργός ΠΕΧΩΔΕ στη κυβέρνηση Σημίτη. Στη συνέχεια και μέχρι το 2014, διήυθνε το Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών. Σήμερα δραστηριοποιείται στο Δίκτυο Αειφόρων νήσων Αιγαίου ΔΑΦΝΗ και το Ενεργειακό & Περιβαλλοντικό Γραφείο Αιγαίου. Έχει αρθρογραφήσει στο Αντί, το Βήμα, τον Οικονομικό Ταχυδρόμο, στα Νέα και στον ηλεκτρονικό τύπο. Έχει συγγράψει βιβλία και κείμενα δοκιμιακού χαρακτήρα. Το προ-τελευταίο του βιβλίο «Παράθυρο στην κρίση» εκδόθηκε στο «Μεταίχμιο».