

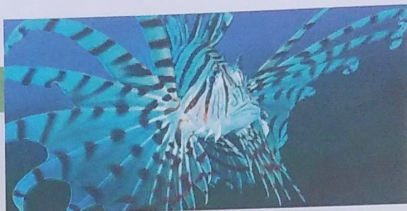
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Εξαφάνιση ειδών και απώλεια βιοποικιλότητας 774

Γενικά αίτια μείωσης της βιοποικιλότητας 779

Τι μπορεί να γίνει; 820

Περίληψη 825



Για περαιτέρω μελέτη, 826

Ενα σημαντικό μέρος αυτού του βιβλίου πραγματεύεται την ποικιλότητα που εμφανίζουν οι οργανισμοί. Ιδιαίτερα οι ιχθύες παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλό βαθμό ποικιλότητας, που είναι περισσότερο εμφανής υπό το πρίσμα των εξελικτικών διαδικασιών. Η καταστροφή του περιβάλλοντος, λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, συχνά οδηγεί σε απώλεια της ποικιλότητας και ομογενοποίηση των ενδιαιτημάτων, γενοτύπων και συναθροίσεων. Το βιβλίο αυτό ολοκληρώνεται με ένα κεφάλαιο για τις τραγικές και καταστροφικές συνέπειες των ανθρωπίνων ενεργειών στη σύγχρονη εποχή, που οδηγούν σε μείωση της ποικιλομορφίας των ψαριών αλλά και άλλων μορφών ζωής.

Εξαφάνιση ειδών και απώλεια βιοποικιλότητας

Η πληθυσμιακή μείωση οδηγεί σε περιορισμό των ειδών, σε **τοπική εξάλειψή τους** και τελικά στην **εξαφάνιση** ενός είδους παγκοσμίως. Η εξαφάνιση είναι μια φυσική διαδικασία και ως τέτοια μπορεί να χαρακτηρίζεται από έναν μέσο ρυθμό. Τα τελευταία έτη, εξαιτίας των σημαντικών περιβαλλοντικών αλλαγών που συντελούνται στον πλανήτη, ο

ρυθμός αυτός έχει επιταχυνθεί. Ωστόσο, ποτέ στην ιστορία της ανθρωπότητας μια παγκόσμια περιβαλλοντική αλλαγή δεν προήλθε από τις ενέργειες ενός και μόνο είδους, ούτε ο ρυθμός εξαφάνισης των ειδών πλησίασε το ρυθμό που εκτιμήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες του 20ού αιώνα.

Ιστορικά, ο ρυθμός εξαφάνισης των ζώων εκτιμήθηκε γύρω στο 9% των υπαρχόντων ειδών για κάθε εκατομμύριο έτη ή ένα ως δύο είδη ανά έτος. Κατά τη διάρκεια των διάσημων Πέρμια-Τριασικών και Κρητιδικών-Τριτογενών μαζικών εξαφανίσεων, που σημάδεψαν τα τέλη της Παλαιοζωικής και Μεσοζωικής εποχής, αντίστοιχα, ο ρυθμός εξαφάνισης των ειδών επιταχύνθηκε, φτάνοντας στο 50-75% της θαλάσσιας πανίδας για μια περίοδο 10.000 έως 100.000 ετών (Raup, 1988· Jablonski, 1991). Αντίθετα, ο ρυθμός εξαφάνισης των ειδών στα τέλη του 20ού αιώνα εκτιμήθηκε σε 300 είδη ανά ημέρα ή 100.000 ετησίως, δηλαδή περίπου 1.000 έως 10.000 φορές υψηλότερος από τα επίπεδα αναφοράς και 10 έως 100 φορές υψηλότερος από αυτόν που αντιστοιχούσε στις μεγάλες καταστροφικές εξαφανίσεις του παρελθόντος (Wilson, 1988· Mann, 1991). Ενώ η ακρίβεια αυτών των εκτιμήσεων είναι δύσκολο να επαληθευτεί, ωστόσο πιστεύεται ότι ο ρυθμός εξαφάνισης των ειδών

σήμερα ξεπερνά κάθε προηγούμενο, ειδικά της τελευταίας χιλιετίας. Αυτή η τεράστια απώλεια της **βιοποικιλότητας**, που ορίζεται ως η ποικιλία των μορφών και διαδικασιών της ζωής, συνδέεται άμεσα με τις δραστηριότητες του συνεχώς αυξανόμενου και υπερκαταναλωτικού ανθρώπινου πληθυσμού (Groom et al., 2006). Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η ανασκόπηση των κύριων αιτιών που προκαλούν μείωση της βιοποικιλότητας σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς και η παρουσίαση προτάσεων για την επιβράδυνση του ρυθμού μείωσης της βιοποικιλότητας. Τα ψάρια χρησιμοποιούνται εδώ ως ένα μόνο παράδειγμα των επιπτώσεων που προκαλούνται εξαιτίας της ανθρωπογενούς υποβάθμισης του περιβάλλοντος, ενώ δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι η απώλεια της βιοποικιλότητας αφορά όλα τις ταξινομικές ομάδες.

Απειλούμενα και κινδυνεύοντα είδη ιχθύων

Ο χαρακτηρισμός ενός είδους ως απειλούμενο ή κινδυνεύον είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που επηρεάζεται από πολιτικές αποφάσεις αλλά και βιολογικές ανησυχίες (βλ. Wheeler & Sutcliffe, 1991· Helfman, 2007). Η Διεθνής Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης (IUCN) δημοσιεύει κατά διαστήματα καταλόγους τέτοιων ειδών, στους οποίους αναφέρεται ο αριθμός των φυτών και των ζώων που θεωρούνται παγκοσμίως ως Κρισίμως Κινδυνεύοντα, Κινδυνεύοντα, Τρωτά, ή ότι με οποιονδήποτε τρόπο διατρέχουν κίνδυνο (βλ. Πλαίσιο 26.1). Στον Κόκκινο Κατάλογο της IUCN, που δημοσιεύτηκε το 2006, αναφέρονται 1.170 είδη ψαριών από όλο τον κόσμο που βρίσκονται **υπό απειλή** και άλλα 93 που έχουν **εξαφανιστεί**, όλα είδη



ΠΛΑΙΣΙΟ 26.1

Διεθνείς προσπάθειες για την προστασία των ειδών που κινδυνεύουν

Οι περισσότερες χώρες διαθέτουν εθνικούς καταλόγους απειλούμενων ειδών και εθνική νομοθεσία για την προστασία τους που μπορεί να ποικίλει ως προς την αποτελεσματικότητα και τον τρόπο επιβολής (Helfman 2007). Σε διεθνές επίπεδο υπάρχουν δύο κύριοι οργανισμοί για την αντιμετώπιση ζητημάτων που σχετίζονται με την προστασία της βιοποικιλότητας.

Η Διεθνής Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης (IUCN, γνωστή τώρα ως WCU ή Παγκόσμια Ένωση Διατήρησης) που αποτελεί την κύρια πηγή πληροφοριών για το καθεστώς διατήρησης των ψαριών σε εθνικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο (www.iucn.org). Η IUCN/WCU είναι ένας ανεξάρτητος, διεθνής οργανισμός που έχει ως σκοπό τη διατήρηση των φυσικών πόρων και την προστασία των απειλούμενων ειδών. Έχει έδρα στο Gland της Ελβετίας και απασχολεί προσωπικό άνω των 1000 ατόμων με πλήρη απασχόληση σε 62 χώρες. Στην ένωση συμμετέχουν 82 πολιτείες, 111 κυβερνητικές υπηρεσίες και περισσότερες από 800 μη κυβερνητικές οργανώσεις. Διοικητικά υπάρχουν έξι επιτροπές, οι οποίες αποτελούνται αλλά και καθοδηγούνται με συμβουλευτικό τρόπο από περισσότερους από 4000 επιστήμονες και ειδικούς. Η ειδική **Επιτροπή για την Επιβίωση των Ειδών** (SSC), η οποία επιβλέπει διάφορες ομάδες ειδικών σε θέματα ιχθύων (είδη των εσωτερικών υδάτων, οξύρρυχοι, καρχαρίες, κ.λπ.), ασχολείται περισσότερο με τα είδη που απειλούνται με εξαφάνιση. Η SSC διατηρεί και ενημερώνει το **Διεθνή Κόκκινο Κατάλογο** των απειλούμενων και κινδυνεύοντων ειδών (www.redlist.org). Ο Κόκκινος Κατάλογος του 2006 περιλάμβανε 110 είδη ελασμοβράγχιων (καρχαρίες, σελάχια, ράγιες), δύο είδη λάμπραινες και 1058 είδη οστεϊχθύων στις τρεις υψηλότερες κατηγορίες κινδύνου.

Η σύμβαση για το Διεθνές Εμπόριο των Ειδών της Άγριας Πανίδας και Χλωρίδας που Κινδυνεύουν με Εξαφάνιση (CITES) είναι ένας συνεργιστικό, διεθνές πρόγραμμα που αποσκοπεί στην προστασία της άγριας πανίδας από υπερεκμετάλλευση και στην περαιτέρω αποτροπή του διεθνούς εμπορίου των απειλούμενων ειδών (www.cites.org). Η διεθνή σύμβαση CITES που έχει υπογραφεί από 167 χώρες, απαγορεύει το εμπόριο συγκεκριμένων ειδών και ρυθμίζει και παρακολουθεί το εμπόριο ειδών που μπορεί να καταστούν απειλούμενα. Οι υπογράφουσες χώρες μέλη συμφωνούν στον περιορισμό του εμπορίου των ειδών που αναφέρονται στα παραρτήματα της σύμβασης (www.cites.org/eng/app/appendices.pdf). Στο **Παράρτημα I** περιλαμβάνονται είδη που απειλούνται με εξαφάνιση και ως εκ τού-



ΠΛΑΙΣΙΟ 26.1 (συνέχεια)

του είναι πιο ευάλωτα σε εμπορικές συναλλαγές. Τα είδη αυτά δεν μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο εμπορικών συναλλαγών μεταξύ χωρών, αν και μπορούν να εκδοθούν ειδικές άδειες μόνο όταν πρόκειται για επιστημονικές μελέτες. Τα είδη του Παράρτηματος II είναι εκείνα που θα μπορούσαν να απειληθούν αν δεν περιοριστούν ή ρυθμιστούν οι εμπορικές συναλλαγές. Τέλος, στο Παράρτημα III περιλαμβάνονται εκείνα τα είδη που συγκεκριμένες χώρες επιθυμούν να ρυθμίσουν ή να περιορίσουν το διεθνές τους εμπόριο. Η ένταξη ενός είδους στο Παράρτημα I ή II απαιτεί τη συμφωνία μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών που συνήθως επιτυγχάνεται μετά από παρατεταμένες διαπραγματεύσεις. Οποιαδήποτε όμως χώρα μπορεί να τοποθετήσει ένα είδος στο Παράρτημα III.

Στη σύμβαση CITES περιλαμβάνεται επί του παρόντος (Ιανουάριος 2009) ένας περιορισμένος αριθμός ιχθύων. Εννέα είδη προστατεύονται από το Παράρτημα I: δύο είδη κοιλόκανθων (*Latimeria chalumnae*, *L. manadoensis*), δύο είδη οξύρρυγχων (*Acipenser brevirostrum*, *A. sturio*) και τα είδη *Sclerorhagus formosus*, *Probarbus jullieni*, *Chasmistes cujus*, *Pangasianodon gigas* και *Totoaba macdonaldi*.

Στο Παράρτημα II περιλαμβάνονται τα υπόλοιπα 23 είδη οξύρρυγχων, όλα τα είδη υποκόκκων και 8 επιπλέον είδη ιχθύων, ανάμεσα στα οποία τα *Neoceratodus forsteri*, *Arapaima gigas*, *Caecobarbus geertsii*, *Cheilinus undulatus* και *Pristis sawfishes*. Η CITES αποτελεί μια ανεκτίμητη πηγή πληροφοριών και μέσω της συνεργασίας με την **TRAFFIC**, δημοσιεύονται αναφορές για τα taxa που υφίστανται μεγάλη εκμετάλλευση (π.χ. για το εμπόριο καρχαριών, για την αλιεία φαλινοκαρχαριών στην Ταϊβάν, για το εμπόριο υποκόκκων και οξύρρυγχων, για την αλιεία του γαλαζοπτέρυγου τόνου) (π.χ., Rose, 1996· Vincent, 1996· Che-Tsung et al., 1997· βλ. www.traffic.org).

Η σύμβαση CITES επηρεάζει το διεθνές εμπόριο, αλλά όχι το εμπόριο εντός των ορίων μιας χώρας, για το οποίο απαιτείται ιδιαίτερη για κάθε χώρα νομοθεσία. Επικεντρώνεται επίσης στα άγρια απειλούμενα είδη ενώ δεν ελέγχονται αυτά που εκτρέφονται σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Για παράδειγμα, το είδος οξύρρυγχου *Scaphirhynchus platyrhynchus* προστατεύεται ως ένα είδος του Παράρτηματος II, αλλά μπορεί κανείς να αγοράσει στις ΗΠΑ, μέσω του διαδικτύου, νεαρά ιχθύδια του είδους που έχουν εκκολαφθεί σε εργαστήρια.

των εσωτερικών υδάτων. Η ακρίβεια αυτών των εκτιμήσεων περιορίζεται από την ανεπάρκεια γνώσης για την κατάσταση των πληθυσμών των ιχθύων στα περισσότερα μέρη του κόσμου: 35 (38%) από τα 93 εξαφανισμένα είδη προέρχονται από τη Βόρεια Αμερική ή την Ευρώπη ενώ 43 από τα 58 είδη που απαντούν σε αναπτυσσόμενες χώρες είναι κιχλίδες (πρωτίστως από τη Λίμνη Victoria). Αυτό σημαίνει ότι μόνο 15 είδη ή 16% των γνωστών εξαφανίσεων δεν ήταν κιχλίδες. Το 85% των ειδών ψαριών των εσωτερικών υδάτων απαντά στην τροπική ζώνη (π.χ. Berra 2001) με αποτέλεσμα να υπάρχει μια τεράστια υποεκτίμηση του ρυθμού εξαφάνισης των ειδών, γεγονός που ανακλά την επιστημονική προσπάθεια για εκτίμηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης (Harrison & Stiassny, 1999).

Εκτός από τις καταγραφές που υπάρχουν για ορισμένα αναπτυγμένα κράτη (Πίνακας 26.1), για τα υπόλοιπα γνωρίζουμε σχετικά λίγα. Η Βόρεια Αμερική έχει περίπου 1.000 είδη ιχθύων των εσωτερικών υδάτων από τα οποία τα 350 (35%) χρή-

ζουν προστασίας σε όλο το εύρος εξάπλωσής τους. Από τα περίπου 350 είδη που απαντούν στα εσωτερικά ύδατα της Ευρώπης περίπου 40% έχουν σοβαρή ανάγκη προστασίας. Η Αυστραλία έχει 200 είδη ιχθύων των εσωτερικών υδάτων, από τα οποία περίπου το 15-30% παρουσιάζει προβλήματα. Παρομοίως, περίπου το 60% από τα 100 είδη της Νότιας Αφρικής διατρέχουν κίνδυνο (Lelek, 1987· Williams et al., 1989· Kottelat 1997, 1998· ASFB, 2001· Skelton, 2002· Jelks et al., 2008). Στις τροπικές χώρες, με τα χιλιάδες ενδημικά είδη και τα ταχέως φθίνοντα τροπικά δάση (βλ. Κεφάλαιο 16), οι πανίδες έρευνες δεν είναι πλήρεις και δεν μπορούν να γίνουν εκτιμήσεις για το ποια είδη μειώνονται και ποια ενδιαίτηματα χρειάζονται προστασία. Εκτιμάται ότι παγκοσμίως, το 20% ως το 35% των περίπου 11.000 ειδών ιχθύων των εσωτερικών υδάτων και πιθανόν το 5% των 17.000 θαλάσσιων ειδών βρίσκονται σε σοβαρή μείωση ή έχουν ήδη εξαφανιστεί (Moyle & Leidy, 1992· Leidy & Moyle, 1999· Helfman, 2007).

Τα δεδομένα για τα είδη που είναι γνωστό ότι

υπάρχει
η έννοια
της εξα-
φάνισης

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.1 Κινδυνεύοντα και απειλούμενα είδη ιχθύων των εσωτερικών υδάτων της Βόρειας Αμερικής, όπως αναγνωρίζονται και προστατεύονται από τις ομοσπονδιακές αρχές βάσει του νόμου περί Απειλούμενων Ειδών των ΗΠΑ (ESA), του νόμου περί των Καναδικών Ειδών που βρίσκονται σε κίνδυνο (SARA) και του νόμου NOM-059-ECOL-2001 του Μεξικού. Τα «κινδυνεύοντα» είδη αντιμετωπίζουν επικείμενη εξαφάνιση σε όλο ή σημαντικό μέρος του εύρους εξάπλωσής τους. Τα «απειλούμενα» είδη είναι πιθανό να περιέλθουν στην κατηγορία κινδυνεύοντα στο εγγύς μέλλον.

Οικογένεια	Αυτόχθονα είδη της Βόρειας Αμερικής ^β	Αριθμός ειδών που αναφέρονται ως:					
		Κινδυνεύοντα ^α			Απειλούμενα		
		USA	CA	MX	USA	CA	MX
Petromyzontidae, Λάμπραινες	20	0	1	2	0	1	1
Acipenseridae, Οξύρυγχος	8	4	1	1	2	0	0
Polyodontidae, Πολυοδοντίδες	1	0	1	0	0	0	0
Lepisosteidae, Λεπισόστειοι	6	0	0	0	0	1	1
Cyprinidae, Κιτρινοειδή	298	22	3	22	17	2	22
Catostomidae, Μυζητέες	72	6	1	2	2	1	7
Characidae, Χαράκιδες	8	0	0	1	0	0	1
Ictaluridae, Γατόψαρα	46	3	1	2	3	0	2
Pimelodidae, Μακρόουρα γατόψαρα	6	0	0	0	0	0	3
Osmeridae, Οσμηρίδες	9	0	0	0	1	1	0
Salmonidae, Σαλμονίδες ^δ	46	6	3	0	27	0	1
Amblyopsidae, Σπηλαιόψαρα	6	1	0	0	1	0	0
Atherinopsidae, Αθεριναμίδες	56	0	0	3	1	0	6
Aplocheilidae, Απλοχειλίδες	3	0	0	1	0	0	0
Fundulidae, Κυπρινοδοντίδες	40	0	0	1	0	0	1
Profundulidae, Κυπρινοδοντίδες	5	0	0	1	0	0	0
Poeciliidae, Ποικιλίδες	93	5	0	9	0	0	9
Goodeidae, Κυπρινοδοντίδες	47	3	0	10	1	0	4
Cyprinodontidae, Κυπρινοδοντίδες	44	7	0	18	0	0	5
Gasterosteidae, Γαστεροστοεΐ	5	1	6	1	0	0	0
Synbranchidae, Συνβρανχίδες	3	0	0	1	0	0	0
Cottidae, Σκαλπίνοι	121	0	0	0	1	3	0
Cichlidae, Κιχλίδες	46	0	0	3	0	0	1
Percidae, Περκοειδή	189	13	0	2	7	2	2
Gobiesocidae, Γκομπιεσοειδείς	38	0	0	1	0	0	1
Gobiidae, Γωβιοί	101	1	0	0	0	0	0
Σύνολο		72	11	81	63	11	67

Πηγές (Ιούλιος 2007), για ΗΠΑ: http://ecos.fws.gov/tess_public, για Καναδά: www.sararegistry.gc.ca, και για το Μεξικό: Norma Oficial Mexicana, www.ine.gov.mx/ueaje/publicaciones/normas/rec_nat/no_059_a2f.html.

CA: Καναδάς, US: Ηνωμένες Πολιτείες, MA: Κεντρική Αμερική, MX: Μεξικό, NW: Νέος Κόσμος.

^αΛίγα θαλάσσια είδη αναφέρονται σε μία από τις τρεις χώρες: 4 στον Καναδά, 15 στο Μεξικό και ένα στις ΗΠΑ (και άλλα 16 θεωρούνται «είδη ενδιαφέροντος»), www.nmfs.noaa.gov/pr/species/fish.

^βΑπό Nelson et al. (2004), αναφέρονται μόνο τα είδη και όχι υποείδη.

Περιλαμβάνονται τα εξαφανισθέντα είδη αλλά όχι τα είδη εισαγωγής.

Για τον Καναδά και το Μεξικό στην κατηγορία κινδυνεύοντα περιλαμβάνονται και τα είδη που έχουν εξαφανιστεί ή βρίσκονται υπό εξαφάνιση (Hellman 2007).

^δΠολλά προστατευόμενα είδη σολομοειδών στις ΗΠΑ αποτελούν ξεχωριστούς πληθυσμούς ή σημαντικές εξελικτικές μονάδες.

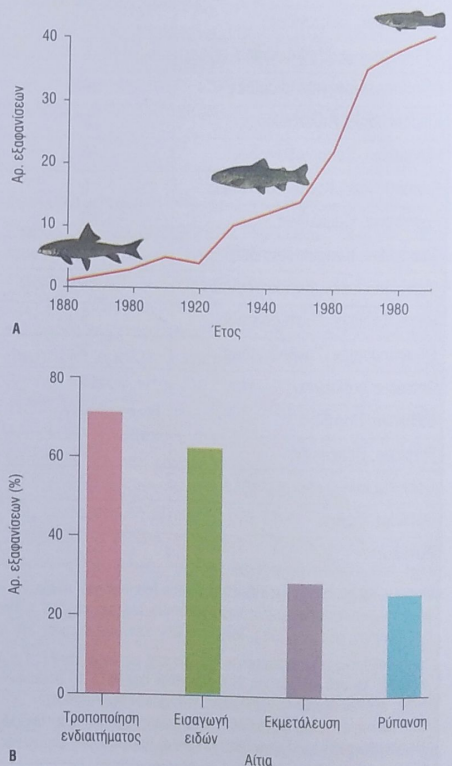
εξαφανίζονται είναι απογοητευτικά. Οι Harrison και Stiassny (1999), χρησιμοποιώντας αυστηρά κριτήρια και μια προσέγγιση διατήρησης, εκτιμούν ότι υπήρξαν 95 ως 171 γνωστές εξαφανίσεις ειδών. Ο προηγούμενος αριθμός εξαφανισμένων ειδών, σύμφωνα με την IUCN (2006) ανέρχεται στα 93. Ο αριθμός αυτός αυξάνει μεταξύ 210 και 290 όταν λαμβάνονται υπόψη προβληματικές και αμφισβητήσιμες εξαφανίσεις ειδών, ανάλογα με το πόσα είδη κιχλίδων από τη λίμνη Victoria περιλαμβάνονται. Στη Βόρεια Αμερική, 40 διαφορετικά είδη ψαριών (27 είδη και 13 υποείδη) εξαφανίστηκαν τον περασμένο αιώνα (Miller et al., 1989) (Εικόνα 26.1A). Δέκα από αυτά τα είδη είχαν προφανώς βιώσιμους πληθυσμούς το 1979, αντανακλώντας ένα αυξανόμενο ρυθμό εξαφάνισης (π.χ. το 52% των εξαφανίσεων συνέβη μεταξύ του 1900 και του 1964, το υπόλοιπο 48% εξαφανίστηκε στα επόμενα 25 μόνο έτη). Οι αιτίες των εξαφανίσεων είναι συχνά διακριτές και αποδίδονται στα περιβαλλοντικά προβλήματα που αποτελούν αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου (Εικόνα 26.1B). Ο πιο συχνά αναφερόμενος παράγοντας είναι η **διατάραξη των ενδιαιτημάτων**, που ευθύνεται για το 73% των εξαφανίσεων. Άλλοι παράγοντες περιλαμβάνουν τα **εισαγόμενα είδη** (68%), τη **χημική μεταβολή ή ρύπανση** (38%), τον **υβριδισμό** (38%) και την **υπεραλίευση** (15%).

Οι παράγοντες εξαφάνισης συχνά δρουν συν-

ΕΙΚΟΝΑ 26.1

Ποσοστά εξαφάνισης και αίτια. (A) Εξαφανίσεις ιχθύων στη Βόρεια Αμερική. Οι εξαφανίσεις αυξήθηκαν σταθερά τον προηγούμενο αιώνα μέχρι την τελευταία 20ετία, οπότε και προφανώς επιβραδύνθηκε, υποδηλώνοντας πιθανώς βελτιωμένες συνθήκες ή πρόωρη εξάλειψη των πιο ευαίσθητων μορφών. Απεικονίζονται από αριστερά προς τα δεξιά τα είδη *Moxostoma lacerum* (εξαφανίστηκε ~1900), *Oncorhynchus clarki alvordensis* (εξαφανίστηκε ~1930 ή ~1940) και *Gambusia affinis* (εξαφανίστηκε ~1980). (B) Σημαντικά αίτια εξαφάνισης των ιχθύων παγκοσμίως. Τροποποίηση ενδιαιτημάτων, τα εισαγόμενα είδη, η υπεραλίευση και η ρύπανση είναι οι πρωταρχικοί παράγοντες. Ωστόσο, οι συνδυασμοί αυτών των παραγόντων είναι που προκαλούν τις περισσότερες εξαφανίσεις, γι «αυτό και το άθροισμα των ποσοστών όλων των στηλών υπερβαίνει το 100%. (A) από Helfman (2007), σύμφωνα με Stiassny (1999). Το *Moxostoma lacerum* σχεδιάστηκε από τον J. Tomelleri, και τα *Oncorhynchus clarki alvordensis* και *Gambusia affinis* από τη Sara V. Fink, και χρησιμοποιούνται με την άδεια των καλλιτεχνών. (B) από Helfman (2007), βασισμένο στους Harrison & Stiassny (1999).

δυαστικά. Μερικές από τις γνωστές εξαφανίσεις αφορούν την εξάλειψη απομονωμένων πληθυσμών, όπως του είδους *Lampetra minima* από τη λίμνη Miller. Αυτό το μοναδικό μικρόσωμο είδος ήταν ενδημικό σε μια μικρή λίμνη στο νότιο Oregon. Το είδος εξαφανίστηκε εξαιτίας της επιμόλυνσής του με παράσιτα που μεταφέρθηκαν μετά την εισαγωγή πέστροφας στη λίμνη (Bond & Kap, 1973). Αν και πληθυσμοί του είδους βρέθηκαν σε ρέματα της περιοχής, το είδος δεν κατάφερε να επανεποικίσει τη λίμνη Miller (Lorion et al., 2000). Άλλα είδη, αν και ευρέως διαδεδομένα, εξαφανίστηκαν. Παράδειγμα αποτελεί το *Lagochila lacerata* που απαντούσε στα μεγάλα ποτάμια τουλάχιστον οκτώ ανατολικών πολιτειών, και εξαφανίστηκε πιθανόν λόγω του περιορισμού του καθαρού νερού στα ρηχά ενδιαιτήματα όπου διαβίωσε, εξαιτίας της ιζηματοπόθεσης. Το *Sander vitreus glaucus*, ένα υποείδος του Walleye, είχε μεγάλους πληθυσμούς στη λίμνη Erie και τη λίμνη Ontario μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1950. Σε μερικά έτη έφτασε να αποτελεί περισσότερο από το μισό εμπορικό



αλίευμα των λιμνών. Η ρύπανση, η εισαγωγή άλλων ειδών ψαριών, η υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων, η υπεραλίευση και ο υβριδισμός συνέβαλαν στην εξάλειψή του (Miller et al., 1989). Επισήμως, δηλώθηκε ως εξαφανισθέν το 1975.

Ανάλογα πρότυπα εξαφάνισης προκύπτουν από τους καταλόγους των ειδών που κινδυνεύουν. Τα ψάρια των εσωτερικών υδάτων που έχουν εξαφανιστεί αντανακλούν τη μεγαλύτερη ευαισθησία και υποβάθμιση αυτών των ενδιαιτημάτων εξαιτίας των ανθρωπογενών πιέσεων. Ορισμένες περιοχές και τύποι οικοτόπων εμφανίζονται πιο συχνά στους καταλόγους. Στη Βόρεια Αμερική, απομονωμένα και χωρίς επικοινωνία υδρόβια συστήματα των κατά τα άλλα άγονων νοτιοδυτικών περιοχών, όπως οι πηγές και τα ποτάμια της λεκάνης Great Basin και του Mexico, υπήρξαν κέντρα εξέλιξης αλλά και εξαφάνισης ειδών, εξαιτίας ανθρωπογενών παρεμβάσεων (Minckley & Deacon 1991, βλ. Κεφάλαιο 18, έρημοι της Βόρειας Αμερικής). Είδη με ιδιαίτερες απαιτήσεις, ενδημικά, σε μικρά, απομονωμένα ενδιαιτήματα, συνθέτουν την πλειονότητα αυτών των εξαφανισμένων και κινδυνευόντων ειδών, επειδή τόσο αυτά όσο και τα ίδια τα ενδιαιτήματά τους είναι εξαιρετικά ευάλωτα στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Ένα απομονωμένο ρέμα ή λίμνη μπορεί εύκολα να καταστραφεί από την εισροή τοξικών ουσιών, την εισαγωγή θηρευτών, την τροποποίηση των ενδιαιτημάτων ή την υδρομάστευση (π.χ. το είδος *Cyprinodon diabolis*, καταλαμβάνει μια περιοχή μόλις 3 × 6 m σε μια σπηλιά που θεωρείται ο μικρότερος οικότοπος οποιουδήποτε σπονδυλωτού).

Δεν είναι όμως μόνο τα μικρά, απομονωμένα ενδιαιτήματα ευάλωτα. Μεγάλα ρεόφιλα είδη ιχθύων, με ιδιαίτερες απαιτήσεις για καθαρά νερά, όπως οι οξύρρυχοι, έχουν επίσης επηρεαστεί έντονα. Τα μεγάλα ποτάμια ήταν οι πρωταρχικοί τόποι κατοίκησης από τον άνθρωπο και κατά συνέπεια δέχθηκαν και σημαντικές επιδράσεις. Τα ενδιαιτήματά τους υποβαθμίζονται για αιώνες λόγω της ρύπανσης, της ιζηματομεταφοράς, της άντλησης νερού και της φραγματοποίησης. Από την άλλη μεριά, συγκριτικά λίγα θαλάσσια είδη εμφανίζονται στους καταλόγους των ειδών που κινδυνεύουν (βλ. Musick et al., 2001). Τα θαλάσσια είδη έχουν ευρεία εξάπλωση και μεγαλύτερη πιθανότητα αντικατάστασης από γειτονικούς πληθυσμούς (εκτός από τους κοιλάκανθους, βλ. Κεφάλαιο 13). Ως εκ τούτου, εκτός από ορισμένα έντονα αλλιευόμενα παράκτια και πελαγικά είδη (π.χ. πολλοί καρχαρίες, ο γαλαζοπτέρυγος τόννος) και είδη με μεγάλη διάρκεια ζωής και αργή αύξηση, τα πλέον ευάλωτα θαλάσσια είδη είναι αυτά των εκβολικών

περιοχών ποταμών που έχουν επηρεαστεί λόγω της εξάρτησης του κύκλου ζωής τους από το γλυκό νερό, όπως το *Totoaba macdonaldi* και πολλά είδη σολομοειδών (Moyle & Leidy, 1992· Helfman, 2007· δες παρακάτω).

Γενικά αίτια μείωσης της βιοποικιλότητας

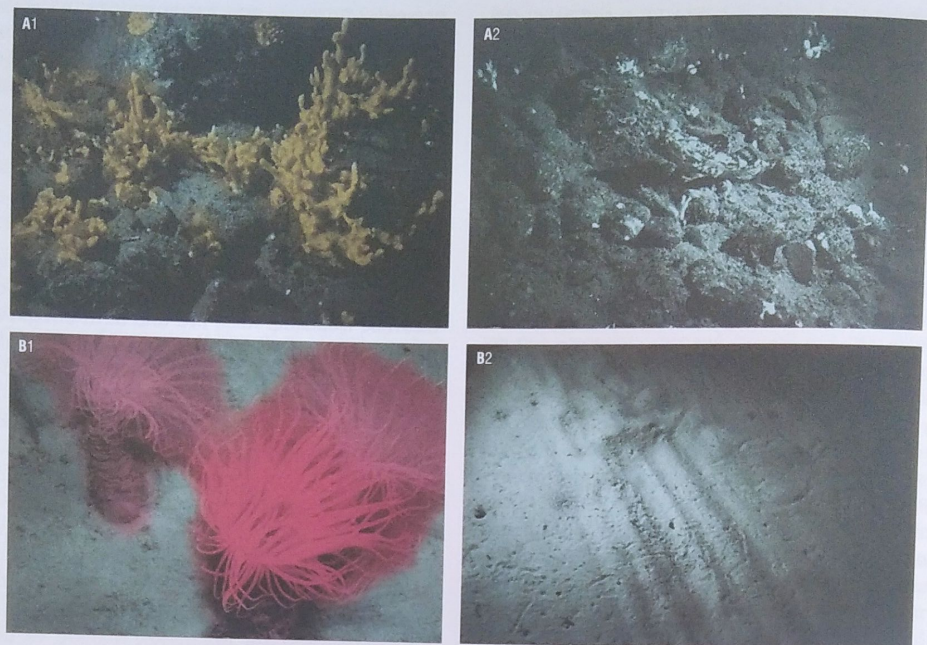
Στα τέλη του 20ού αιώνα ήταν ήδη γνωστή μια σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων, τοπικής και διεθνούς κλίμακας. Κάθε ένα από αυτά συνέβαλε στη μείωση της βιοποικιλότητας των ιχθύων (Safina 2001a). Εκτός από την τροποποίηση των ενδιαιτημάτων, την εισαγωγή ξενικών ειδών, τη ρύπανση και την εμπορική εκμετάλλευση, η **παγκόσμια αλλαγή του κλίματος** αναγνωρίζεται ως μια αυξανόμενη απειλή για τα υδρόβια οικοσυστήματα και τα ψάρια (IPCC 2007d, βλ. Κεφάλαιο 25). Το πρόβλημα επιτείνεται από την αδυναμία μας να μαθαίνουμε από παλιές εμπειρίες. Επαναλαμβάνουμε λοιπόν τα λάθη μας, όπως συνέβη με την αλιεία των σολομοειδών στην ηπειρωτική Ευρώπη, στη συνέχεια στις Βρετανικές Νήσους, τις βορειοανατολικές ΗΠΑ και τον Καναδά, και τελικά τον ανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό και την Ιαπωνία (Montgomery, 2003). Η συνέργεια αυτών των αιτιών οδήγησε στην άμεση απώλεια των πληθυσμών λόγω θνησιμότητας ή αναπαραγωγικής αποτυχίας, ή εμμέσως λόγω υβριδισμού ή απώλειας της γενετικής ποικιλότητας. **Στη βάση κάθε προβλήματος είναι ο ανθρώπινος υπερπληθυσμός και η υπερκατανάλωση.** Ο υπερπληθυσμός είναι ιδιαίτερα καταστροφικός για τα υδάτινα οικοσυστήματα και για τα ψάρια, επειδή οι άνθρωποι συγκεντρώνονται κατά μήκος των ποταμών και των εκβολικών τους περιοχών.

Απώλεια και τροποποίηση ενδιαιτημάτων

Η αλλοίωση των υδάτινων ενδιαιτημάτων που προκαλείται από τον άνθρωπο είναι η συνηθέστερη αιτία μείωσης των πληθυσμών των ιχθύων. Τα ενδιαιτήματα μεταβάλλονται λόγω τροποποίησης της δομής και του τύπου του υποστρώματος του πυθμένα, του εγκιβωτισμού, της δημιουργίας φραγμάτων, διαταραχών στη λεκάνη απορροής και ανταγωνισμού για τη χρήση του νερού.

Τροποποίηση πυθμένα

Η επιτυχή επιβίωση πολλών ειδών ψαριών είναι οικολογικά εξαρτώμενη από την τοπογραφία του



ΕΙΚΟΝΑ 26.2

Επιπτώσεις της τράτας βυθού σε ενδιαιτήματα με χαλίκι (A) και λάσπη (B), στο Stellwagen Bank National Marine Sanctuary, στον κόλπο του Maine. Τα ενδιαιτήματα με χαλίκι που προστατεύονται από την τράτα (A1) καταλαμβάνονται από σπόγγους. Αντίθετα περιοχές ανοιχτές στη χρήση τράτας (A2) στερούνται ανάλογων έμβιων δομών (ένα άτομο του είδους *Myoxocephalus octodecemspinosus*, είναι ορατό στο κέντρο της φωτογραφίας A2). Στα λασπώδη ενδιαιτήματα απαντούν επίσης ανεμώνες (B1), που απουσιάζουν από τις περιοχές που αλιεύονται με τράτες (B2) (εμφανή είναι τα σημάδια από τις σύρσεις της τράτας στο B2). Οι φωτογραφίες προσφέρθηκαν από τον P.J. Auster, Εθνικό Κέντρο Υποβρύχιας Έρευνας, Πανεπιστήμιο του Connecticut.

πυθμένα και τη δομή του υποστρώματος. Στα ρέοντα ύδατα, οι ογκόλιθοι και τα ξύλα παρέχουν προστασία από το ρεύμα και υπόστρωμα για τα αβγά, τα φύκη και τη βενθική πανίδα. Ο χώρος κάτω από τα πετρώματα αποτελεί ένα σημαντικό καταφύγιο για τις προνύμφες των εντόμων και άλλων ασπόνδυλων με τα οποία τρέφονται τα ψάρια. Ανάλογα, η υδρόβια βλάστηση παρέχει επίσης καταφύγιο και τόπους θρέψης για πολλά λιμναία είδη ψαριών. Στον ωκεανό, τα βράχια και τα βιογενή ενδιαιτήματα (κοράλλια, σφουγγάρια, πολλά είδη εδραιωμένων ασπόνδυλων, λειμώνες φαιοφυκών και άλλα ριζωμένα φύκη) αποτελούν κατάλληλα ενδιαιτήματα για τα περισσότερα βενθικά είδη. Ανθρώπινες δραστηριότητες που έχουν ως αποτέλεσμα τη διακοπή, την απομάκρυνση ή την κάλυψη του πυθμένα, είναι επιζήμιες για τα ψάρια. Ανάμεσα σε αυτές τις δραστηριότητες περιλαμβάνονται οι βυθοκορήσεις για πλοήγηση και απόκτηση δομι-

κών υλικών, οι τράτες βυθού, η αφαίρεση των οργανικών φραγμάτων για αποκατάσταση της ναυσιπλοΐας και ως μέτρο «βελτίωσης των ενδιαιτημάτων» καθώς και διαταραχές στη λεκάνη απορροής που οδηγούν σε αυξημένη διάβρωση και απόθεση ιλύος (Εικόνα 26.2).

Τα ξυλώδη υπολείμματα σε ρέματα και ποτάμια αποτελούν παραδείγματα επίδρασης της διατάραξης των ενδιαιτημάτων των ιχθύων. Τα ξυλώδη υπολείμματα, με τη μορφή οργανικών φραγμάτων σε ρέματα και κορμών (= απροσδόκητων εμποδίων) σε ποτάμια, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη λειτουργία των οικοσυστημάτων (Wallace & Benke, 1984· Harmon et al., 1986· Maser & Sedell, 1994). Τα φράγματα από ξυλώδη υπολείμματα κατακρατούν λάσπη, οργανική ύλη και θρεπτικά συστατικά, προσφέρουν ένα σταθερό υπόστρωμα για την προσκόλληση ασπόνδυλων και αποτελούν περιοχή για μετατροπή και επεξεργασία της οργα-

νικής ύλης, καθιστώντας την διαθέσιμη για χρήση από τα ασπόνδυλα και τα ψάρια. Τα ξυλώδη υπολείμματα επιβραδύνουν επίσης τη ροή του νερού, μειώνοντας έτσι τη διάβρωση και αυξάνοντας το χρόνο κατά τον οποίο τα θρεπτικά συστατικά είναι διαθέσιμα στο τροφικό πλέγμα. Στα παράκτια, με χαμηλή κλίση (μικρής ροής) ποτάμια, πολλά είδη ιχθύων λαμβάνουν περισσότερο από το μισό της τροφής τους απευθείας από αυτά τα ξυλώδη εμπόδια, που θεωρούνται οι πιο πλούσιοι βιολογικά βιότοποι σε αυτήν την κατηγορία ποταμών. Αν και αποτελούν μόνο το 4% των εποικισμένων επιφανειών, οι ξυλώδεις αυτές παγίδες συντηρούν το 60% της συνολικής βιομάζας των ασπόνδυλων, παρέχουν το 80% της βιομάζας των ασπόνδυλων που παρασύρονται από το νερό και συνεισφέρουν με τέσσερις φορές περισσότερη τροφή από τους λασπώδεις ή αμμώδεις οικοτόπους (Benke et al., 1985). Οι πρώτες προσπάθειες απομάκρυνσης αυτών των εμποδίων από τα πλωτά ποτάμια των νοτιοανατολικών ΗΠΑ άρχισαν στις αρχές του 1800. Όταν η μεταφορά μέσω των σιδηροδρόμων αντικατέστησε σε μεγάλο βαθμό το εμπόριο που διεξαγόταν μέσω των ποταμών στη δεκαετία του 1850, η απομάκρυνση των ξυλωδών εμποδίων από τα ποτάμια ήταν πια λιγότερο σημαντική, αν και η πρακτική αυτή συνεχίστηκε από το Σώμα Μηχανικών Στρατού των ΗΠΑ, σε όλες τις πολιτείες, μέχρι τη δεκαετία του 1950. Παρόλα αυτά, πολλοί κρατικοί φορείς συνέχισαν την απομάκρυνση των ξυλωδών υπολειμμάτων από τα ποτάμια, ως εργαλείο βελτίωσης των ενδιαιτημάτων τους (Sedell et al., 1982).

Στις τροπικές περιοχές, η καταστροφική *αποψίλωση των δασών* που συντελείται κατά μήκος των ποταμών και των ρεμάτων προκαλεί μη αντιστρεπτές τροποποιήσεις τόσο των χερσαίων όσο και των υδάτινων οικοσυστημάτων (Charman & Charman 2003). Στα τροπικά θαλάσσια περιβάλλοντα, η *καταστροφή των κοραλλιογενών υφάλων* συμβαίνει σε εξίσου ανησυχητικό βαθμό. Αν και οι κοραλλιογενείς ύφαλοι συντηρούν τις πιο ποικίλες συναθροίσεις ιχθύων στη γη, υποφέρουν, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα, από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα ενδιαιτήματα καταστρέφονται από την άμεση συλλογή κοραλλιών και τις επιβλαβείς αλιευτικές τεχνικές (δηλητήρια, εκρηκτικά, αλιεία με τράτες), δραστηριότητες αγκυροβόλησης και καταδύσεων, ιζηματοπόθεση και ρύπανση καθώς και από αλλαγές στην αφθονία των θηρευτών των κοραλλιών, ως αποτέλεσμα των αλιευτικών πρακτικών. Όλα αυτά οδηγούν σε μείωση της ποικιλότητας και της βιομάζας των ιχθύων τόσο γιατί τα ψάρια όσο

και η λεία τους εξαρτώνται άμεσα από τα κοράλλια για εξασφάλιση τροφής και καταφυγίου (Birkeland, 1997).

Η απόσπαση κοραλλιών είναι μια ιδιαίτερα επιβλαβής δραστηριότητα. Ασβεστολιθικά τεμάχια κόβονται από την επιφάνεια των υφάλων και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα. Τα μεγάλα, με σχήμα κεφαλής κοράλλια, σε ρηχά (1-2 μέτρα βάθος) νερά είναι αυτά που στοχεύονται περισσότερο. Όπου αυτές οι πρακτικές είναι έντονες, η κοραλλιογενής κάλυψη μπορεί να αλλάξει από 50% σε 5% τόσο ως άμεσο αποτέλεσμα απομάκρυνσης αλλά και έμμεσα, ως αποτέλεσμα καταπάτησης και παραγωγής ιζημάτων. Η ανάκαμψη είναι αργή και απαιτεί περισσότερο από μια δεκαετία, αν τελικά συμβεί. Η βιομάζα των ψαριών, η αφθονία και η ποικιλότητα μειώνονται στις διαταρασόμενες περιοχές μέσω της μείωσης των ζώντων κοραλλιών αλλά και μέσω της μείωσης της τραχύτητας του υποστρώματος (τοπογραφική πολυπλοκότητα) (Bell & Galzin, 1984· Shepherd et al., 1992).

Η συλλογή κοραλλιών για το εμπόριο ενυδρείων επηρεάζει επίσης σημαντικά τους βιοτόπους των υφάλων (Derr, 1992), τόσο όταν συλλέγονται ζωντανά κοράλλια και «ζωντανά πετρώματα» αλλά και όταν συλλέγονται νεκρά κοράλλια, καλυμμένα με φύκη ή ασπόνδυλα. Ζωντανά κοράλλια αφαιρέθηκαν από το Florida Keys με ρυθμό 3 τόνους/ήμερα το 1989, με εκτιμώμενη λιανική αξία περίπου 10 εκατομμυρίων δολαρίων ανά έτος. Το «ζωντανό πέτρωμα» αποτελεί υπόστρωμα του ωκεανού ηλικίας από 4000-7000 έτη και δεν αντιπροσωπεύει μια ανανεώσιμη πηγή στον ύφαλο. Τα ποσοστά θνησιμότητας των κοραλλιών που προορίζονται για ενυδρεία υπερβαίνουν το 98% εντός 18 μηνών μετά τη συλλογή τους. Λόγω των αναγνωρισμένων δυσκολιών διατήρησης ζωντανών κοραλλιών και ασπόνδυλων που κατασκευάζουν ασβεστολιθικές αποθέσεις, τα περισσότερα μεγάλα, «δημόσια» ενυδρεία χρησιμοποιούν τεχνητά κοράλλια. Οι λάτρες των οικιακών ενυδρείων πρέπει να κάνουν το ίδιο.

Εγκιβωτισμός

Ο *εγκιβωτισμός*, ο οποίος αναφέρεται επίσης και ως «σταθεροποίηση της κοίτης» ποταμού, περιλαμβάνει την ενδυνάμωση και την εξομάλυνση των πρηνών ενός ποτάμιου συστήματος. Οι πλευρικές όχθες σε ένα ποτάμι διευθετούνται σε ευθείες γραμμές, φυτεύονται δέντρα και τα πρηνή καλύπτονται και ενισχύονται με πέτρες και ογκολίθους (λιθορριπές) ή σκυρόδεμα. Ποτάμια και ρέματα εγκιβωτίζονται κατά κύριο λόγο για μείωση των

εποχικών πλημμυρών στην πλημμυρική κοίτη (ονομάζεται έτσι γιατί είναι η φυσική περιοχή που δέχεται τα πλημμυρικά νερά κατά τις εποχικές βροχοπτώσεις). Ο εγκιβωτισμός είναι βασικά η διαδικασία με την οποία ένας ποταμός ή ένα ρεύμα μετατρέπεται σε τάφρο ή αγωγό. Τα εγκιβωτισμένα τμήματα ποταμών έχουν χαμηλή ετερογένεια ενδιαιτημάτων και υψηλότερες ταχύτητες ροής κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλών ροών. Τα ενδιαιτήματα των ρηχών υδάτων και των πλημμυρικών περιοχών μειώνονται και περιορίζονται έτσι τα πεδία αναπαραγωγής και θρέψης των ρεοφιλών ειδών ιχθύων. Οι εγκιβωτισμένοι ποταμοί είτε στερούνται ψαριών ή κυριαρχούνται από εισαχθέντα ξενικά είδη. Περισσότερο επηρεάζονται τα μεγαλόσωμα ρεόφιλα είδη, κυρίως εκείνα που εξαρτώνται από αμμώδεις περιοχές και περιοχές της πλημμυρικής ζώνης, που τις χρησιμοποιούν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Τέτοια είδη είναι για παράδειγμα οι οξύρρυχοι και είδη του γένους *Ammocrypta*. Η απώλεια πλημμυρικών περιοχών στα κατάντη του ποταμού Lower Mississippi οδήγησε σε μείωση κατά 10 φορές της αλιεύομενης βιομάζας των ιχθύων.

Επειδή ο εγκιβωτισμός των ποταμών συχνά συνοδεύεται από αποψίλωση της πλημμυρικής ζώνης, για να δοθούν εκτάσεις στη γεωργία και για την ανάπτυξη κατοικιών, το υδρολογικό καθεστώς του ποταμού διαταράσσεται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πλημμυρική ροή (Simpson et al., 1982· Moyle & Leidy, 1992). Οι καταστροφικές πλημμύρες του Mississippi River το 1993 οφείλονταν εν μέρει στις εργασίες εγκιβωτισμού του ποταμού κατά τις προηγούμενες δεκαετίες (Myers & White, 1993). Η πλημμύρα της New Orleans από τον τυφώνα Katrina το 2005 ήταν αποτέλεσμα της κατασκευής λιθορριπών και της παρεμπόδισης, κατά συνέπεια, δημιουργίας παρόχθιων υγροτόπων που έχουν ρυθμιστικό ρόλο. Αποτέλεσμα ήταν η μεταφορά τεράστιων ποσοτήτων ιζημάτων σε πολύ μεγάλη απόσταση.

Οι δυσμενείς επιπτώσεις του εγκιβωτισμού των ποταμών ήταν τέτοιες έκτασης σε ορισμένες περιοχές που απαιτήθηκε η έναρξη δαπανηρών προγραμμάτων «αποκατάστασης». Στη νότια Florida, το Σώμα Μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού εγκιβώτισε ένα σκιασμένο και παραγωγικό τμήμα 165 χιλιομέτρων του ποταμού Kissimmee, μετατρέποντάς το σε ένα ευθύγραμμο, τσιμεντένιο κανάλι μήκους 90 χλμ. Ο εγκιβωτισμός οδήγησε στην αποστράγγιση των υγροτόπων (συμπεριλαμβανομένης της αποξήρανσης σημαντικών τμημάτων του Εθνικού Πάρκου Everglades), στη ρύπανση και

στον ευτροφισμό των υδάτων, στις περιοδικές πλημμύρες, στην υφαλμύριση των επιφανειακών ροών και των υδροφορέων, στη μείωση του υπόγειου υδροφορέα και στην καθίζηση του εδάφους, στην οξειδωση των τυρφωδών εδαφών, στη διάβρωση και στην αύξηση των πυρκαγιών στους βάλτους. Οι βιολογικές επιδράσεις περιλάμβαναν τη μείωση κατά 90% των πληθυσμών των υδρόβιων πτηνών, τη θανάτωση 5 δισεκατομμυρίων ψαριών και 6 δισεκατομμυρίων γαριδών, καθώς και την εξαφάνιση 6 αυτόχθονων ειδών ιχθύων από τον ποταμό Kissimmee. Το 1976, η πολιτεία της Φλόριδα επανεξέτασε τον αρχικό σχεδιασμό. Το Σώμα του στρατού πρότεινε την αποκατάσταση του συστήματος, η οποία ξεκίνησε με την εκπόνηση μελετών σκοπιμότητας το 1978-85 και στη συνέχεια επαναλήφθηκαν το 1990-98. Στην πραγματικότητα τα έργα αποκατάστασης συνεχίζονται και θα αποτελέσουν το μεγαλύτερο έργο αποκατάστασης ποτάμιου συστήματος που έγινε ποτέ της ΗΠΑ, απαιτώντας περισσότερα από 13 έτη για την ολοκλήρωσή τους και κοστίζοντας \$ 500.000.000 (αριθμός που αυξάνει τακτικά). Η αποκατάσταση και επαναφορά του ποτάμιου συστήματος που ήδη έχει αρχίσει, θα διαρκέσει αρκετά περισσότερα έτη και θα κοστίσει ίσως και 10 φορές περισσότερο από το αρχικό έργο του εγκιβωτισμού (Koebel, 1995· Whalen et al., 2002).

Κατασκευή φραγμάτων

Τα φράγματα παρέχουν υδροηλεκτρική ενέργεια, δυνατότητα αποθήκευσης νερού (αν και η εξάτμιση συχνά ελαχιστοποιεί τα πλεονεκτήματα αποθήκευσης νερού σε ξηρές περιοχές), νερό για γεωργική χρήση, ευκαιρίες αναψυχής και γενικότερα την αξιοποίηση της σχηματιζόμενης φραγμαλίμνης. Στα μειονεκτήματα της κατασκευής των φραγμάτων περιλαμβάνονται η κατάκλιση με νερό γεωργικών και ιστορικά πολύτιμων εκτάσεων. Η κακή διαχείριση των λεκανών απορροής, που συχνά περιλαμβάνει την αποψίλωση των εδαφών που περιβάλλουν την πρόσφατα δημιουργούμενη φραγμαλίμνη, οδηγεί σε γρήγορο περιορισμό του όγκου της λιμναίας λεκάνης εξαιτίας της **ιζηματοπόθεσης**, μετατρέποντάς την σε ένα πολύ λιγότερο επιθυμητό έλος ή βάλτο. Στις τροπικές χώρες, οι περιοχές γύρω από τα φράγματα σιγά-σιγά γίνονται ακατοίχτες για τον άνθρωπο, επειδή τα τροποποιημένα ενδιαιτήματα ευνοούν οργανισμούς που προκαλούν παρασιτικές ασθένειες όπως η σιστοσωμίαση και η ογκοκερασία (τύφλωση ποταμών). Η αύξηση αυτών και άλλων ανάλογων ασθενειών σε πληθυσμούς ανθρώπων που κατοικούν κοντά στα

νοσούστατα φράγματα είναι πλέον καλά τεκμηριωμένη (π.χ., Steinmann et al., 2006).

Οι μεταβαλλόμενες υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν πίσω από τα φράγματα μπορούν να προκαλέσουν και άλλα, απρόβλεπτα προβλήματα. Για παράδειγμα, η επίθεση πιράνχα σε υγιείς ανθρώπους στη λεκάνη του Αμαζονίου είναι εξαιρετικά σπάνια (Sazima & Guimaraes, 1987). Ωστόσο, η κατασκευή ενός φράγματος ενόησε τη δημιουργία περιοχών με στάσιμα νερά, ενδιαιτήματα κατάλληλα για την αναπαραγωγή των πιράνχα, ενώ προηγουμένως οι τόποι αναπαραγωγής τους περιορίζονταν σε δασικές εκτάσεις που πλημμυρίζαν μόνο κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου. Τα πιράνχα υπερασπίστηκαν τους χώρους αναπαραγωγής τους έναντι των εισβολέων, συμπεριλαμβανομένων αυτών που προτιμούν τα ρηχά νερά της φραγμαλιμνής. Οι χαρακτηριστικές επιθέσεις, ως άμεσα υπερασπίσιμες των πεδίων αναπαραγωγής τους αυξήθηκαν δραματικά μετά την κατασκευή του φράγματος. Οι λουόμενοι σε φραγμαλιμένες ποταμίων συστημάτων της Parana-Paraguay της νοτιοανατολικής Βραζιλίας ανέφεραν περισσότερες από 85 επιθέσεις των πιράνχα σε ανθρώπους το 2002, με το 90% των επιθέσεων να εντοπίζονται στα πόδια και τα πέλματα, υποδηλώνοντας αμυντικές επιθέσεις σε λουόμενους από ενήλικα άτομα πιράνχα που φυλάσσουν τις φωλιές τους (Haddad & Sazima, 2003). Τα τραύματα ήταν παρόμοια με κρατήρα, διαμέτρου 1-2,5 cm και αιμορραγούσαν σοβαρά. Αρκετά δαγκώματα απαιτούσαν νοσηλεία και ένα οδήγησε σε ακρωτηριασμό ενός δακτύλου λουόμενου.

Δεν είναι παράξενο τα είδη ιχθύων που είναι προσαρμοσμένα σε ρέοντα ύδατα να μην είναι δυνατό να προσαρμοστούν στις λιμναίες συνθήκες που διαμορφώνονται πίσω από τα φράγματα. Η αλεία των ψυχρόφιλων ειδών ψαριών χάνεται πίσω από τα φράγματα. Οι συνθήκες πλούσιες σε αυτόχθονα είδη συναθροίσεις ιχθύων αντικαθίστανται από ηλιόψαρα και γατόψαρα. Όπως συμβαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις διαταραγμένων ενδιαιτημάτων, κυριαρχούν τα εισαχθέντα ξενικά είδη, συμπεριλαμβανομένων του κυπρίνου, της κίτρινης πέτρικας, και του κουνουπόψαρου. Η ιστορία του *Percina tanasi* αποτελεί ένα καλό παράδειγμα βιολογικών και πολιτικών συγκρούσεων για την κατασκευή ενός φράγματος (Πλαίσιο 26.2).

Δύο παραδείγματα από τη Βόρεια Αμερική είναι αντιπροσωπευτικά των επιπτώσεων της κατασκευής φραγμάτων στην υδρόβια πανίδα. Ο ποταμός Colorado ήταν ιστορικά ένα γρήγορο, θορυβώδες και με ζεστά νερά ποτάμι, που ανέπτυξε μία

μοναδική ιχθυοπανίδα, προσαρμοσμένη σε υψηλές ροές και θερμοκρασίες. Αυτά τα είδη ιχθύων αναπαράγονταν ανάλογα με τις εποχικές μεταβολές της στάθμης και της θερμοκρασίας του νερού. Από τα 32 αυτόχθονα είδη ψαριών του ποταμού, περίπου το 75% είναι ενδημικά. Κατά μήκος αυτού του τεράστιου ποταμού χτίστηκαν περισσότερα από 100 φράγματα για τη συγκράτηση νερού, τον έλεγχο της ροής και για τη γεωργία. Πλέον, λιγότερο από το 1% της αρχικής ροής φτάνει στις εκβολές του ποταμού. Οι βαθιές φραγμαλιμένες εμφανίζουν θερμική στρωμάτωση και το νερό απελευθερώνεται περιοδικά από τα κρούα, χαμηλότερα και πιο βαθιά τμήματα των λιμνοδεξαμενών, ψύχοντας τους κατάντη οικισμούς, διαταράσσοντας το φυσικό κύκλο αναπαραγωγής των ψαριών, προκαλώντας τη θανάτωση των αυτόχθονων ειδών ενώ παράλληλα ευνοείται η επιβίωση των ξενικών ψυχρόφιλων θηρευτών όπως της πέστροφας. Από τα 80 είδη ιχθύων που απαντούν στον ποταμό Colorado, μόνο περίπου το ένα τρίτο είναι ενδημικά. Από τα υπόλοιπα αυτόχθονα είδη, τα περισσότερα είναι απειλούμενα ή κινδυνεύοντα, συμπεριλαμβανομένων των *Gila cypha*, *G. elegans*, *Xyrauchen texanus* και *Ptychocheilus lucius* (Εικόνα 26.3). Το τροποποιημένο περιβάλλον που δημιουργείται μετά την κατασκευή ενός φράγματος και η επιτυχία εγκατάστασης των ξενικών ειδών ιχθύων είναι οι κύριοι παράγοντες μείωσης των αυτόχθονων ειδών (Ono et al., 1983· Minckley, 1991· Wydoski & Hamill, 1991).

Τα υδροηλεκτρικά φράγματα εμποδίζουν επίσης την ελεύθερη μετακίνηση των μεταναστευτικών ειδών που ανεβαίνουν προς τα ανάντη των ποταμών για να γεννήσουν, ενώ προκαλούν τη θανάτωση των νεοεκκολλητόμενων ιχθυιδίων κατά τη διάρκεια της μετακίνησής τους προς τα κατάντη (Lucas & Baras, 2001). Τα ψάρια που περνούν μέσα από τους στρόβιλους συχνά υποφέρουν από την ασθένεια φυσαλίδων αερίου, που προκαλείται επειδή τα ύδατα κάτω από το φράγμα είναι συχνά υπερκορεσμένα με αέρια (π.χ., Raymond 1988). Η καταστροφή των ενδιαιτημάτων, η μείωση της ροής του νερού και άλλες επιπτώσεις των φραγμάτων θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες που προκαλούν τη μείωση των αποθεμάτων των σολομοειδών στη δυτική Βόρεια Αμερική. Το σύστημα του ποταμού Columbia, συμπεριλαμβανομένου και του μεγάλου παραπόταμου Snake River, έχει 28 φράγματα που πρέπει να διαπερνούνται από τα ενήλικα σολομοειδή που εισέρχονται στο ποτάμι για να αναπαραχθούν. Η θνησιμότητα που παρατηρείται κατά την ανάντη μετανάστευση εκτιμάται



ΠΛΑΙΣΙΟ 26.2

Το *Percina tanasi* και οι πολιτικές συγκρούσεις

Η οικογένεια Percidae περιλαμβάνει μεγάλους θηρευτές, όπως τα είδη *Perca flavescens* και *Sander vitreus*. Στην οικογένεια αυτή ανήκουν και περίπου 150 μικρόσωμα είδη (γνωστά ως darters) που ανήκουν σε 3 γένη (*Etheostoma*, *Percina* και *Ammocrypta*). Όλα έχουν μικρό μέγεθος (<15 cm), είναι βενθικά, συχνά πολύχρωμα και ενδημικά στην ανατολική Βόρεια Αμερική, με την υψηλότερη ποικιλότητα να καταγράφεται στις ορεινές περιοχές των νοτιοανατολικών ΗΠΑ. Μόνο στον ποταμό Tennessee φιλοξενούνται περίπου 90 είδη darters.

Σε αυτό το υψηλής ποικιλότητας ποτάμιο σύστημα διαβιούν αρκετά είδη που περιορίζονται σε σχετικά μικρές περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των τμημάτων κοντά στις πηγές, των πηγών και των μικρών λιμνών. Αν και έχουν πραγματοποιηθεί εκτεταμένες έρευνες ιχθυοπανίδας σε αυτές τις περιοχές, πολλές παραμένουν ακόμη σχετικά ανεξερεύνητες. Ως εκ τούτου, δεν ήταν πολύ περίεργο όταν, το 1973, οι ιχθυολόγοι από το Πανεπιστήμιο του Tennessee ανακάλυψαν ένα νέο, μικρό (60 mm) είδος, που δεν είχε προηγουμένως περιγραφεί, σε ένα τμήμα του ποταμού Little Tennessee με γρήγορη ροή και χαλικώδες υπόστρωμα. Αυτό που ήταν εκπληκτικό ήταν η αναταραχή που δημιουργήθηκε για το νέο είδος.

Από την **Tennessee Valley Authority (TVA)**, προτάθηκε ήδη από το 1936 η κατασκευή του φράγματος Tellico, στο κάτω μέρος του Little Tennessee. Η χρησιμότητά του, πέρα από τις θέσεις εργασίας που θα δημιουργούνταν κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, ήταν πάντα θέμα δημόσιας συζήτησης. Ήταν το τελευταίο φράγμα που προτάθηκε στην περιοχή γιατί η κατασκευή του ήταν δύσκολο να δικαιολογηθεί. Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της κατασκευής του θα ήταν σημαντικός, καθώς η λίμνη που θα δημιουργούταν πίσω από το φράγμα θα πλημμύριζε περίπου 7000 εκτάρια πολύτιμης γεωργικής γης και αρκετά σημαντικές θρησκευτικές και τελετουργικές τοποθεσίες της Ινδικής Θρησκείας Cherokee (συμπεριλαμβανομένου του χωριού Tanasi, πρωτεύουσας του Έθνους Cherokee, από το οποίο προήλθε και η ονομασία του κράτους). Θα καταστρεφόταν επίσης και η φημισμένη αλιεία πέστροφας. Στους υποστηρικτές του φράγματος περιλαμβάνονταν οι τοπικές αρχές (TVA), τοπικοί παραγωγικοί φορείς και το Στρατιωτικό Σώμα Μηχανικών. Αντίθετοι με την κατασκευή του φράγματος ήταν περιβαλλοντολόγοι, αγρότες, τοπικοί γαιοκτήμονες, ψαράδες, η Υπηρεσία Αλιείας και Άγριας Ζωής των ΗΠΑ, ο δικαστής του Ανώτατου Δικαστηρίου William O. Douglas, ο Κυβερνήτης του Tennessee Winfield Dunn και το Cherokee Indian Nation.

Τα σχέδια για το φράγμα Tellico αναβλήθηκαν και επαναξιολογήθηκαν επανειλημμένως έως ότου το Κογκρέσο των ΗΠΑ ενέκρινε τελικά το έργο το 1966. Η κατασκευή ξεκίνησε το επόμενο έτος, για να σταματήσει το 1971, ύστερα από απόφαση του Ομοσπονδιακού Δικαστηρίου, επειδή το TVA δεν είχε φάκελο περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου, όπως απαιτείται από σχετικό νόμο του 1969. Η TVA χρειάστηκε 2 έτη για την προετοιμασία του φακέλου περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τελικά πήρε έγκριση περιβαλλοντικών όρων το 1973 και άρχισαν πάλι οι εργασίες. Ο νόμος για την προστασία των απειλούμενων ειδών πέρασε επίσης το 1973, αλλά κανένα γνωστό είδος που απειλείται με εξαφάνιση δεν εκτιμήθηκε ότι επηρεάζεται από το προτεινόμενο φράγμα. Οι ιχθυολόγοι αναφέρθηκαν τότε στο νέο είδος που είχαν εντοπίσει στην περιοχή που κατακλύζεται από το φράγμα Tellico και το ονόμασαν *Percina tanasi* (Etnier 1976). Όταν εκτεταμένες προσπάθειες από την TVA και άλλους βιολόγους απέτυχαν στο να εντοπίσουν άλλους πληθυσμούς του είδους, ο κίνδυνος εξαφάνισής του ήταν πλέον εμφανής. Η κατασκευή του φράγματος ήταν μια από τις κυριότερες απειλές για την ύπαρξη του είδους. Το είδος εκτιμήθηκε ως κινδυνεύον τον Οκτώβριο του 1975.

Η TVA εν τω μεταξύ δεν έμεινε αδρανής. Η υπηρεσία ανέλαβε ανεπίσημα ένα τεράστιο πρόγραμμα μετακίνησης 700 ατόμων *Percina tanasi* από το Little Tennessee River προς τον κοντινό ποταμό Hiwassee, διάρκειας 8 μηνών. Επιταχύνθηκε η κατασκευή του φράγματος, σε μια προφανή προσπάθεια ολοκλήρωσής του πριν προκύψουν άλλες επιπλοκές. Τον Φεβρουάριο του 1976, η TVA μηνύθηκε για πα-

ράβωση του νόμου για τα απειλούμενα είδη, έγινε έφεση και η κατασκευή συνεχίστηκε. Η εκδίκαση της έφεσης έγινε τον Φεβρουάριο του 1977, οπότε το Εφετείο των ΗΠΑ αποφάσισε υπέρ της προστασίας των ιχθύων και εξέδωσε μόνιμη διαταγή ενάντια σε οποιαδήποτε περαιτέρω κατασκευή φράγματος.

Η TVA άσκησε έφεση, επισημαίνοντας με κάπως ειρωνικό τρόπο ότι ο ποταμός Little Tennessee δεν ήταν πλέον κατάλληλος τόπος για το επίμαχο είδος λόγω του φράγματος Tellico. Η κατασκευή του φράγματος εμπόδιζε την ανάντη μετανάστευση του είδους για ωοτοκία. Έτσι πρότεινε τη μεταφορά όλων των ατόμων του είδους στο Hiwassee. Το Ανώτατο Δικαστήριο των ΗΠΑ αρνήθηκε αυτήν την πρόταση, η οποία ήταν καλή είδηση για τους περιβαλλοντολόγους. Το Ανώτατο Δικαστήριο συνέστησε το Κογκρέσο των ΗΠΑ, το οποίο είχε ψηφίσει το νόμο για τα απειλούμενα είδη, ως υπεύθυνο για την επίλυση της κατάστασης. Το Κογκρέσο, εν μέσω πολλών δημοσιευμάτων για το έργο του Tellico, τροποποίησε τον νόμο για τα απειλούμενα είδη και δημιουργήθηκε μια «κατ' εξαίρεση επιτροπή, η οποία αποτελούνταν από εκπροσώπους των μεγαλύτερων ομοσπονδιακών υπηρεσιών, που αργότερα αναφέρθηκε ως «God Squad». Αυτή η επιτροπή είχε τη δυνατότητα παύσης ορισμένων δραστηριοτήτων που έθεταν σε κίνδυνο τα απειλούμενα είδη, εάν οι οικονομικές συνέπειες της διατήρησης των ειδών ήταν σημαντικές. Η επιτροπή συνήλθε το Φεβρουάριο του 1979 και ψήφισε ομόφωνα υπέρ του *Percina tanasi*! Ο περιβαλλοντικός συνασπισμός ικανοποιήθηκε.

Ο εορτασμός ήταν βραχύβιος. Λίγους μήνες αργότερα, με έναν έξυπνο πολιτικό ελιγμό, ενσωματώθηκε μια ειδική εξαίρεση για το έργο Tellico σε ένα γενικότερο ενεργειακό νομοσχέδιο και πέρασε από το Κογκρέσο χωρίς συζήτηση. Πολλά μέλη του Κογκρέσου δεν συνειδητοποίησαν καν τι ψήφισαν. Ο πρόεδρος Carter υπέγραψε απρόθυμα τη νομοθεσία, προφανώς ανταλλάσσοντας το *Percina tanasi* για λίγες συντηρητικές ψήφους για τη νομοθεσία του καναλιού του Παναμά. Αυτή η ψηφοφορία «κατάδικασε το Little Tennessee και το *Percina tanasi* σε θάνατο πίσω από το Tellico Dam» (Ono et al. 1983, σ. 185). Δεκαπέντε χρόνια μετά την έναρξη της κατασκευής, το φράγμα Tellico ολοκληρώθηκε.

Αν και ο νόμος για τα απειλούμενα είδη αποδυναμώθηκε κατά τη διάρκεια της νομοθετικής μάχης που ακολούθησε, η διαδικασία ενίσχυσε το κίνημα στις ΗΠΑ για τη διατήρηση των ειδών. Ποτέ πριν δεν είχε εκδηλωθεί από τόσο μεγάλο κοινό ενδιαφέρον και συμπάθεια για ένα συγκριτικά μικρό, οικονομικά ασήμαντο, σπονδυλωτό. Αν και το είδος εξαφανίστηκε από το Little Tennessee, κατάφερε να επιβιώσει, αφού η μεταφορά του στον ποταμό Hiwassee ήταν επιτυχής. Επιπλέον επιτυχείς μετακινήσεις πληθυσμών του είδους έγιναν στους ποταμούς Holston, Elk και French Broad. Αργότερα, επιβεβαιώθηκε η παρουσία και μη-μετακινούμενων πληθυσμών του είδους σε άλλες τέσσερις περιοχές, στο Tennessee, στη Georgia και στην Alabama. Στην πραγματικότητα, χάρη στην ανησυχία και τις προσπάθειες των ιχθυολόγων και του ευαίσθητου κοινού, η κατάσταση του είδους βελτιώθηκε από κινδυνεύον σε απειλούμενο από το 1984 (Etnier 1976, Ono et al. 1983, D.A. Etnier, προσωπική επικοινωνία).

σε 5% και σε 20% κατά την κατάντη μετακίνηση ανά φράγμα (Booth, 1989). Τέσσερα από τα φράγματα του ποταμού Columbia και του Snake River δεν διαθέτουν καμία παράκαμψη του φράγματος για τα ψάρια, όπως σκάλες ανόδου.

Η εμπορική αλιεία των σολομοειδών στον ποταμό Columbia έχει μειωθεί δραματικά (Εικόνα 26.4). Για ανάλογους λόγους, περίπου 106 μεγάλα αποθέματα πέστροφας (*Oncorhynchus* spp.) των δυτικών ακτών έχουν ήδη εξαφανιστεί και 214 επιπλέον αποθέματα αυτόχθονων, φυσικά αναπαραγόμενων ειδών πέστροφας και σολομού, βρίσκονται σε

κίνδυνο στο Oregon, στην California, στην Washington και στο Idaho. Μερικοί αναλυτές ανεβάζουν τον αριθμό των αποθεμάτων που εξαφανίστηκαν σε 280, ενώ άλλα 880 αποθέματα θεωρείται ότι βρίσκονται σε υψηλό κίνδυνο εξαφάνισης (Nehlsen et al., 1991· Huntington et al., 1996· Slaney et al., 1996). Το πρόβλημα επιτείνουν η υπεραλίευση, η αποψίλωση δασών, οι εισαγωγές ξενικών ειδών, οι διαφυγές υδατοκαλλιέργειών, η εισαγωγή παθογόνων, η γεωργική και βιομηχανική ρύπανση (NRC, 1996b· Lichatowich, 1999· Williams, 2006).

Η κατακράτηση των ιζημάτων στις φραγμαλί-

ΕΤΕΡΟ-
χρον/ομό-
ροσ
θρος
τις δεξιές

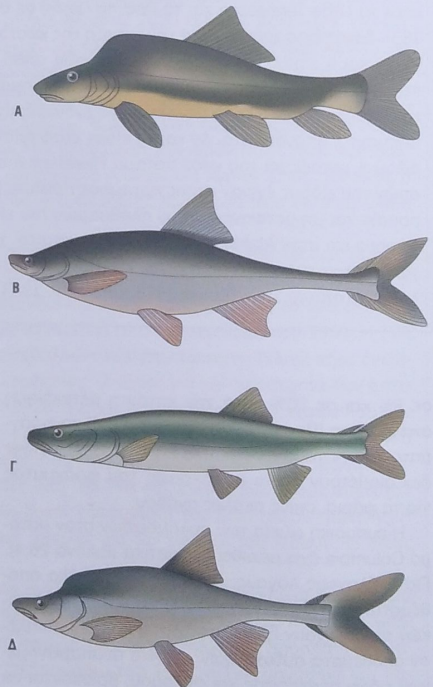
μνες, σε συνδυασμό με τον περιορισμό των πλημμυρικών κύκλων, μπορεί να έχουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην παραγωγή ιχθύων. Τα θρεπτικά συστατικά που υπό άλλες συνθήκες θα έφταναν στις εκβολές των ποταμών ή θα διασκορπίζονταν σε μήκος πολλών χιλιομέτρων προς τα κατάντη κατά τη διάρκεια των εποχικών πλημμυρών, παραμένουν τώρα παγιδευμένα πίσω από τα φράγματα. Η κατασκευή τριών φραγμάτων σε ποτάμι της βόρειας Νιγηρίας οδήγησε σε μείωση κατά 50% των αλιευμάτων στα κατάντη. Παρόμοιες επιπτώσεις της κατασκευής φραγμάτων έχουν αναφερθεί στη Ζάμπια, τη Νότια Αφρική, τη Γκάνα και την Αίγυπτο. Στην Αίγυπτο, η κατασκευή του Aswan High Dam, το οποίο κατακρατεί το 50-80% της ροής του ποταμού Νείλου προκάλεσε μείωση κατά 77% των ετήσιων αλιευμάτων της σαρόελας, *Sardinella aurita*, στη νοτιοανατολική Μεσόγειο (Smith, 2003). Στην ανατολική Ευρώπη, τα φράγματα κατά μήκος του ποταμού Volga συνέβαλαν σε μείωση κατά 90% των συλλήψεων στην Κασπία Θάλασσα. Παρόμοια ή χειρότερα σενάρια έχουν αναφερθεί στην Αζοφική και Μαύρη Θάλασσα και στη Θάλασσα της Αράλης (Welcomme, 1985·

Moyle & Leidy, 1992· Pringle et al., 2000· βλ. παρακάτω).

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για την αποτροπή, ελαχιστοποίηση και αναστροφή των αρνητικών επιπτώσεων των φραγμάτων. Η κατασκευή ενός φράγματος, η οποία είναι δαπανηρή και περιβαλλοντικά καταστροφική, μπορεί να αποφευχθεί με τη λήψη κατάλληλων μέτρων όπως η βελτίωση των μεθόδων άρδευσης και άλλων πρακτικών που περιορίζουν την απώλεια νερού, εξοικονομούν ενέργεια και προωθούν εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Στις δράσεις που μειώνουν τις επιπτώσεις των υφιστάμενων φραγμάτων περιλαμβάνονται και τα προγράμματα λειτουργίας τους, που αποκαθιστούν τις φυσικές ροές στα ποτάμια οικοσυστήματα, διορθώνουν τα προβλήματα μεταφοράς και εναπόθεσης ιζημάτων, διορθώνουν τα προβλήματα διέλευσης των ψαριών και, τελικά, οδηγούν στην καταστροφή των φραγμάτων, όταν πλέον έχουν χάσει τη χρησιμότητά τους (Heinz Center, 2002). Τα φράγματα μπορούν να τροποποιήσουν ολόκληρα οικοσυστήματα, με σημαντικές επιπτώσεις στα υδάτινα ενδιαιτήματα και τα ψάρια (Dudgeon, 2000). Η αποκατάσταση των ζημιών απαιτεί οικο-

ΕΙΚΟΝΑ 26.3

Απειλούμενα με εξαφάνιση είδη ιχθύων του άνω τμήματος του ποταμού Colorado. Πριν από την κατασκευή φραγμάτων η ροή των υδάτων κατά τη διάρκεια του χειμώνα και των εαρινών πλημμυρών ήταν εξαιρετικά υψηλή, >9000 m³/s, συμβάλλοντας στην αναδιανομή των ιζημάτων που ήταν κρίσιμα για την αναπαραγωγή και θρέψη των ιχθυοπρονομφών. Αρκετά ενδημικά είδη του ποταμού Colorado προσαρμόσαν την αναπαραγωγική τους στρατηγική σε αυτόν τον κύκλο πλημμυρών. Πολλά αυτόχθονα μεγάλωσυμα είδη του ποταμού παρουσίασαν επίσης σημαντικές μορφολογικές προσαρμογές, αναπτύσσοντας επίμηκες, λεπτό σώμα, με λεπτό μίσχο ουράς, μικρό πεπλατυσμένο κρανίο με προραχιαία εξογκώματα, μικρά πτερύγια με σκληρύνσεις στα άκρα και μικρά λέπια ή πλήρη απουσία κάλυψης. Τα προραχιαία εξογκώματα παρείχαν πλεονεκτήματα στα είδη αφού τους έδιναν πιο υδροδυναμικό σχήμα και τα βοηθούσαν να αποφεύγουν τους αυτόχθονους θηρευτές τους. Τέσσερα από τα απειλούμενα είδη του ποταμού που ανέπτυξαν τέτοια χαρακτηριστικά ήταν τα κυπρινειοειδή: (Α) *Xyrauchen texanus*, (Β) *Gila elegans*, (Γ) *Ptychocheilus lucius* και (Δ) *G. cypha*. Με την άδεια των Portz & Tyus (2004).





ΕΙΚΟΝΑ 26.4

Εμπορικές συλλήψεις σολομοειδών στον ποταμό Columbia κατά τον προηγούμενο αιώνα. Πολύ σύντομα, μετά την έναρξη της εμπορικής εκμετάλλευσης των ειδών, τα αλιεύματα αυξήθηκαν, φτάνοντας τα βιώσιμα επίπεδα των 20.000 τόνων ετησίως. Μετά την κατασκευή του φράγματος, τα αλιεύματα άρχισαν να μειώνονται, φτάνοντας μόλις τους 550 τόνους. Από Williams (2006), η ένθετη φωτογραφία έχει παραχωρηθεί από R. Carlson.

συστημική προσέγγιση και διαχείριση σε επίπεδο οικοσυστήματος.

Διατάραξη λεκάνης απορροής

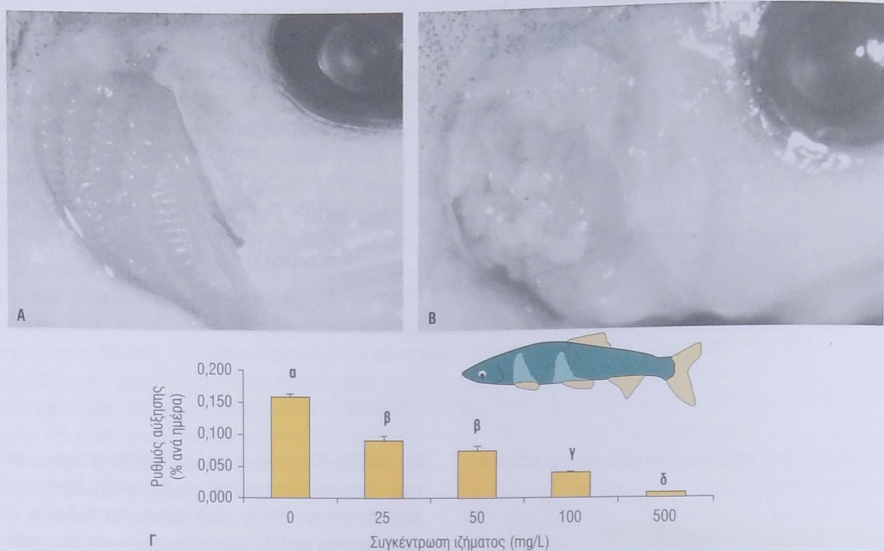
Τα υδάτινα συστήματα περιλαμβάνουν όχι μόνο το νερό στο οποίο διαβιούν οι ιχθύς αλλά και τα υπόγεια νερά και τη γύρω **χερσαία περιοχή**, μέσω της οποίας ρέει το νερό. Πολλές δραστηριότητες στη **λεκάνη απορροής** (η χερσαία περιοχή από την οποία το νερό διοχετεύεται στον ποταμό), έχουν αρνητικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων της εξίλευσης ή καύσης της βλάστησης, κατασκευαστικών εργασιών, απολήψεων και ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, υπερβόσκησης, καταπάτησης της παρόχθιας βλάστησης από τις μετακινήσεις ζώων και διάβρωσης που προκαλείται από τον άνεμο και το νερό.

Πολλά έχουν γραφεί για την αποψίλωση των δασών σε τροπικές και εύκρατες περιοχές. Τα **παρόχθια δάση**, που αναπτύσσονται στις όχθες, κατά μήκος των ρευμάτων και των ποταμών, αλληλεπιδρούν στενά με κοντινά υδατορεύματα. Η απομάκρυνσή τους συνεπάγεται αύξηση της θερμοκρασίας του νερού εξαιτίας της απώλειας σκιάσης, αύξηση της ροής, επειδή η πρόσληψη νερού από τα φυτά χάνεται, αύξηση της διάβρωσης, οδηγώντας σε αύξηση της θολερότητας των υδάτων, κατάρρευση των πρανών των ρευμάτων (ιδίαιτερα όπου συμβαίνουν εργασίες υλοτόμησης) και απώλεια εισροής αλλόχθονου οργανικού υλικού που προέρχεται από την πτώση των φύλλων και των καρπών στο νερό της κοίτης του ποταμού.

Η σκίαση μειώνει επίσης την **προσπίπouσα υπεριώδη (UV) ακτινοβολία**. Τα ψάρια υποφέρουν άμεσα από την έκθεσή τους στην υπεριώδη ακτινοβολία, συμπεριλαμβανομένων των ηλικιών εγκυμοσύνης που μπορεί να υποστούν (βλ. Blazer et

al., 1997). Ορισμένα μάλιστα είδη φέρουν βλέννα που έχει προστατευτική αντιηλιακή δράση (Zamzow & Losey, 2002). Στα αβγά, τα έμβρυα και τις προνύμφες των θαλάσσιων ειδών και των ειδών ιχθύων των εσωτερικών υδάτων έχει παρατηρηθεί υψηλότερη θνησιμότητα μετά την έκθεσή τους σε υψηλά, αλλά εντός των φυσιολογικών ορίων, επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (ανασκόπηση από Høkkinen et al. 2002). Η υπερβολική έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία έχει βρεθεί ότι προκαλεί καταρράκτη στην πέστροφα (Cullen & Monteith-McMaster, 1993), μειώνοντας την ικανότητά της να εστιάζει. Νεαρά ιχθύδια πολλών ειδών αποφεύγουν την υπεριώδη ακτινοβολία, καταφεύγοντας σε άλλα διαθέσιμα καταφύγια (Kelly & Bothwell, 2002· Ylonen et al., 2004).

Η **ιζηματοπόθεση** αποτελεί μείζον πρόβλημα για τα ρέοντα συστήματα περιορίζοντας την παραγωγικότητα λόγω μείωσης της διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Συμβάλλει επίσης στον περιορισμό των θέσεων που χρησιμοποιούνται ως καταφύγια από τα ψάρια, μειώνει τη διαύγεια του νερού καθιστώντας την εξεύρεση τροφής δυσκολότερη, καταστέλλει την αναπαραγωγική δραστηριότητα και προκαλεί μέχρι και τη νέκρωση των αβγών, αλλά και άλλων ασπονδύλων και φυτών (Sutherland, 2007· Sutherland & Meyer, 2007). Η ιλύς και τα λεπτόκοκκα ιζήματα είναι εξαιρετικά διεισδυτικά και προκαλούν απώλεια της λειτουργίας των βραγχίων, ειδικά σε νεαρά ιχθύδια (Εικόνα 26.5). Η αύξηση των αιωρούμενων στερεών έχει συνδεθεί άμεσα με τον περιορισμό των ενδιατημάτων πολλών ειδών ψαριών σε ρέοντα ύδατα της Sri Lankan και στις εκβολές ποταμών της Νότιας Αφρικής (Moyle & Leidy, 1992). Η ιζηματοπόθεση έχει εκτιμηθεί ως η σημαντικότερη αιτία υποβάθμισης ρευμάτων και ποταμών της Βόρειας Αμερικής



ΕΙΚΟΝΑ 26.5

Επίδραση αιωρούμενων σωματιδίων σε νεαρά ιχθυΐδια. Άτομα του απειλούμενου είδους *Erimonax monachus* αναπτύχθηκαν σε διαφορετικές συγκεντρώσεις σωματιδίων για τη μελέτη της επίδρασής τους στη μορφολογία των βραγχίων και στην αύξηση. (A) Βράγχια νεαρού ατόμου ύστερα από 21 ημέρες έκθεσης σε χαμηλές (0 mg/L) συγκεντρώσεις σωματιδίων. (B) Βράγχια από παρόμοιας ηλικίας άτομο που εκτέθηκε σε υψηλά επίπεδα (500 mg/L) σωματιδίων. Σημειώνεται η πάχυνση και σύντηξη των βραγχιακών φύλλων και το φράξιμο με βλέννα. (Γ) Ρυθμός αύξησης των νεαρών ιχθυιδίων σε σχέση με τις συγκεντρώσεις σωματιδίων. Είναι εμφανής η μείωση της αύξησης σε υψηλότερες συγκεντρώσεις σωματιδίων. Ο ρυθμός αύξησης στις υψηλότερες συγκεντρώσεις ήταν το 1/15^ο σε σχέση με το καθαρό νερό. Οι υψηλές συγκεντρώσεις των 500 και 100 mg/L που εξετάστηκαν είναι συχνές στα φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα. Οι διαφορές που σημειώνονται με το ίδιο πεζό γράμμα δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Χρήση ύστερα από άδεια σύμφωνα με Helfman (2007), από Sutherland (2005), σχέδιο του A. Sutherland.

(Waters, 1995; USEPA, 2000) και ο σημαντικότερος παράγοντας περιορισμού της διαθεσιμότητας των ενδιαιτημάτων για τους ιχθύς. Ο Waters (1995, σ. 79) επισημαίνει ότι τα ιζήματα αποτελούν «ίσως τον κύριο παράγοντα... υποβάθμισης της αλείας στα ποτάμια».

Μια άλλη δυσμενής επίδραση που επιφέρει η αποψίλωση των δασών στα υδάτινα συστήματα είναι η διακοπή εισροής ξυλωδών υπολειμμάτων, με τη μορφή κλαδιών και κορμών, που συνήθως πέφτουν μέσα στην υδάτινη κοίτη. Τα υλικά αυτά είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγικότητα πολλών ποταμών μικρής κλίσης, κατά μήκος παράκτιων περιοχών (βλ. παραπάνω). Πολλά υδροβία είδη χρησιμοποιούν τόσο το εξωτερικό όσο και τους κοίλους εσωτερικούς χώρους αυτών των κορμών ως περιοχές ωοτοκίας (π.χ., γατόψαρα, είδη της οικογένειας Ictaluridae) ή ως καταφύγια (Lowe-McConnell, 1987). Τα παραποτάμια δάση που απαντούν στα πεδινά τμήματα ποταμών αποτελούν επίσης σημαντικές περιοχές ωοτοκίας για

τα ψάρια που μεταναστεύουν στις πλημμυρικές ζώνες τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα ή κατά την περίοδο των ανοιξιάτικων πλημμυρών που συμβαίνουν σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και των υγρών περιόδων σε μικρά γεωγραφικά πλάτη (βλ. Κεφάλαιο 23). Η εποχική, έντονη εξάρτηση των ψαριών του Αμαζονίου από τις πλημμυρικές περιοχές επιτείνεται και από το γενικότερο πρόβλημα απώλειας των υγροτόπων λόγω ξύλευσης (Goulding 1980, βλ. Εικόνα 23.8).

Η ξύλευση, κατά μήκος των όχθων των ρευμάτων, μπορεί να έχει απροσδόκητες και πολύπλοκες επιπτώσεις στους πληθυσμούς των ιχθύων. Οι εργασίες καθαρισμού και κοπής της βλάστησης στη λεκάνη απορροής του Carnation Creek της Βρετανικής Κολομβίας αύξησε τη θερμοκρασία του ρεύματος κατά 1-3 °C. Οι αυξημένες θερμοκρασίες προκάλεσαν πρώιμη εμφάνιση και επιτάχυναν την αύξηση των νεαρών ατόμων της πέστροφας, *Oncorhynchus kisutch*. Η μετανάστευση των σολομών ξεκίνησε νωρίτερα απ' ότι συνήθως,

με αντίκτυπο στην επιβίωσή τους, πιθανώς λόγω της πρώιμης άφιξής τους στον ωκεανό και της αποτυχίας συγχρονισμού τους με τους κύκλους ζωής της λείας τους (Holtby, 1988). Οι εντατικές εργασίες υλοτόμησης σε μια λεκάνη απορροής μπορούν να επηρεάσουν τις οικοσυστημικές διεργασίες σε αποστάσεις πολύ πιο μακρινές από τον πραγματικό τόπο της διαταραχής, όπως συμβαίνει και όταν λόγω αυξημένης διάβρωσης εναποτίθενται υψηλά επίπεδα ιζημάτων σε παράκτιες λιμνοθάλασσες και εκβολές ποταμών (Moyle & Leidy, 1992).

Ανταγωνισμός για το νερό

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τους υδάτινους πόρους για την εξασφάλιση νερού για πόση, για τη γεωργία, για αναψυχή, για αλιεία αλλά και για τη διάθεση αποβλήτων. Όλες αυτές οι δραστηριότητες έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στους υδροβίους οργανισμούς. Η κατανάλωση για ύδρευση και άρδευση απαιτεί την άντληση μεγάλων ποσοτήτων νερού, οδηγώντας σε μείωση της ροής των υδάτινων οικοσυστημάτων. Η άντληση των υπογείων υδάτων προκαλεί ταπείνωση του υδροφόρου, μειώνοντας την έξοδο του νερού στις πηγές, που είναι συχνά απαραίτητες για τη διατήρηση της ροής σε πολλά συστήματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Τα ενδιάμεσα που υπόκεινται σε μεγάλες απώλειες νερού χάνουν προοδευτικά την ετερογένειά τους και τα είδη που διαβιούν σε αυτά. Στα κατάντη τμήματα των ποταμών όπου το νερό εξατμίζεται παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση αλάτων και ρύπων. Η χρήση των ποταμίων συστημάτων ως πλωτών υδάτινων οδών και ως θέσεων απόληξης των ανθρώπινων αποβλήτων, τα καθιστά τοξικά για τα ψάρια και τον άνθρωπο.

Η απόληξη νερού για άρδευση ξηρών περιοχών δημιούργησε πολλές οικολογικές καταστροφές και οδήγησε στην εξαφάνιση πολλά είδη ιχθύων και άλλων οργανισμών, με τελική κατάληξη τη δημιουργία αλατούχων εδαφών και ρυπασμένων, για χρήση από τον άνθρωπο, υδάτων. Το ιστορικό της εξαφάνισης ειδών στην έρημο στα νοτιοδυτικά της Βόρειας Αμερικής, που σύντομα αναφέρθηκε παραπάνω, αποτελεί ένα μόνο παράδειγμα. Μεγαλύτερης κλίμακας είναι τα περιστατικά που συνέβησαν κατά την ξήρανση της Θάλασσας της Αράλης (Aral Sea), στο Uzbekistan/Kazakhstan της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Το 1960, η Θάλασσα της Αράλης ήταν η τέταρτη μεγαλύτερη λίμνη στον κόσμο, καλύπτοντας 68.000 km². Η λίμνη υποστήριζε μεγάλη εμπορική αλιεία καθώς και εκτεταμένη θήρα στους γύρω υγροτόπους. Οι κύ-

ριες εισοδοί νερού στη λίμνη ήταν κυρίως οι ροές των ποταμών ενώ οι απώλειες οφείλονταν στην εξάτμιση. Η κατασκευή καναλιών εκτροπής και η απόληξη του νερού από τα δύο μεγάλα ποτάμια που εισέρρεαν στη λίμνη, για αρδευτικούς σκοπούς, είχε ως αποτέλεσμα τη συρρίκνωση της επιφάνειάς της σε μόλις 41.000 km² το 1987. Μέχρι το 1998, ο όγκος της λίμνης μειώθηκε κατά 80% σε σχέση με το αρχικό του μέγεθος και η αλατότητα του νερού αυξήθηκε σε 50 ppt στη δεκαετία του 1990, πολύ πιο πάνω από την αλατότητα του θαλασσινού νερού, που είναι 37 ppt. Η αυτόχθονη ιχθυοπανίδα της λίμνης, που αποτελούνταν από 24 είδη, μειώθηκε σε 4 μόλις ξενικά είδη (Zholdasova, 1997), ενώ η εμπορική αλιεία, από τους 48.000 μετρικούς τόνους το 1957 εκμηδενίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980.

Οι επιπτώσεις φυσικά επεκτάθηκαν πολύ πιο πέρα από την ιχθυοπανίδα. Οι καταγίδες σκόνης και αλατιού, ανιχνεύσιμες από δορυφορικές εικόνες, που προέρχονταν από τον αποξηραμένο πυθμένα της λίμνης, μετέφεραν ετησίως 43 εκατομμύρια μετρικούς τόνους (mmt) αλατιού σε μια έκταση 200.000 τετραγωνικών χιλιομέτρων, καταστρέφοντας τις καλλιέργειες. Η μείωση της ροής των ποταμών, η υφαλμύριση των εδαφών, η ρύπανση του εναπομείναντος νερού και η πτώση του υδροφόρου ορίζοντα οδήγησαν σε υψηλή συχνότητα εμφάνισης εντερικών νόσων, καρκίνου του οισοφάγου, φυματίωσης, αναμίας και υψηλής παιδικής θνησιμότητας ενώ τα ποσοστά θνησιμότητας από αναπνευστικές ασθένειες κατατάσσονται μεταξύ των υψηλότερων στον κόσμο. Οι οικονομικές απώλειες για τη γύρω περιοχή εξαιτίας της αποξήρανσης της Aral Sea εκτιμήθηκαν σε περίπου 2 δισεκατομμύρια ρούβλια (= 3,2 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) ετησίως (Micklin, 1988). Η καταστροφή που επήλθε στην Aral Sea αναφέρεται ως «ίσως η πιο διαβόητη οικολογική καταστροφή που προήλθε από τον άνθρωπο» (Stone 1999, σελ. 30).

Εισαγωγή ειδών

Η μετακίνηση των ειδών σε νέες περιοχές είναι ένα φυσικό ζωογεωγραφικό φαινόμενο. Όταν συμβαίνει μια τέτοια επέκταση του εύρους εξάπλωσης ενός είδους, ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων ενεργειών, θεωρείται ως **εισαγωγή**. Η φυσική διασπορά περιορίζεται από την κινητικότητα του είδους και από φυσικά εμπόδια. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, τα είδη περιορίζονται από συν-εξελεκτικές διαδικασίες, φέρουν παράσιτα, έχουν θηρευτές και ανταγωνιστές που ελέγχουν την αύξηση

του πληθυσμού τους. Οι οργανισμοί συνήθως εκμεταλλεύονται εκείνα τα θήραμα που έχουν αναπτύξει αμυντικούς μηχανισμούς ενάντια στις τακτικές αναζήτησης τροφής των θηρευτών τους. Όταν τα άτομα ενός είδους εισάγονται ξαφνικά σε ένα ξένο σύστημα, συνήθως αντιμετωπίζουν ένα αφιλόξενο, από πλευράς φυσικών και βιολογικών πόρων, περιβάλλον, ή ακόμα και θανατογόνο. Η μη ύπαρξη φυσικού βιοτικού ελέγχου απομακρύνει κάθε έλεγχο της αύξησης του πληθυσμού τους. Αυτά τα μη ελεγχόμενα είδη προκαλούν και τα μεγαλύτερα προβλήματα. Ορισμένες γνωστές, για τα καταστροφικά τους αποτελέσματα, εισαγωγές έγιναν με κουνέλια, ζαχαροκάλαμο και φραγκοσυκιές στην Αυστραλία, ψάρια, αγγλικά σπουργίτια, σκώρους, το γνωστό μύδι zebra στη Βόρεια Αμερική, ορισμένα είδη πουλιών στη Χαβάη, άγριες κατσίκες στα Galápagos και σε πολλά άλλα νησιά. Αυτές οι καταστροφικές εισαγωγές είχαν, σε πολλές περιπτώσεις, επιπτώσεις και στις συνθηροίσεις των ψαριών.

Για τα εισαχθέντα είδη χρησιμοποιείται μια μεγάλη ποικιλία όρων, όπως ξενικά, αλλόχθονα, εξωτικά, εισβολικά, εισαγωγής, μη γηγενή, μη αυτόχθονα και μεταφερόμενα. Η επίσημη αμερικανική ορολογία, σύμφωνα με τον Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act του 1990, αναφέρεται σε μη γηγενείς οργανισμούς, αλλά όλο και περισσότερο γίνεται αποδεκτή η χρήση του όρου **ξενικά** (βλ. Lever 1996 και ειδικά Fuller et al. 1999). Μερικές φορές γίνεται διάκριση μεταξύ των **μεταφερόμενων** ειδών, που μετακινούνται μέσα στα όρια της χώρας προέλευσής τους, αλλά εκτός των ορίων της φυσικής εξάπλωσής τους, έναντι των **εξωτικών** ειδών που εισάγονται σε μια νέα χώρα. Εξετάζοντας καθαρά τον οικολογικό αντίκτυπο, τέτοιες γεωπολιτικές διακρίσεις δεν έχουν κανένα νόημα (Fuller et al., 1999). Η εισαγωγή ειδών μπορεί να οφείλεται σε εσκεμμένες (εισαγωγή ειδών για αλιεία αναψυχής, έλεγχο βλάστησης, υδατοκαλλιέργειες, διαφυγές από ενυδρεία) ή σε ακούσιες ενέργειες (ύδατα ερμάτων, διαφυγή από υδατοκαλλιέργειες, απελευθέρωση δολωμάτων).

Εκατοντάδες είδη ψαριών έχουν εσκεμμένα μεταφερθεί μεταξύ διαφόρων χωρών. Μόνο στις ΗΠΑ έχουν εισαχθεί 536 ξενικά είδη ψαριών (είδη, υβρίδια και μη αναγνωρισμένες μορφές), το 35% εισήχθη από ξένες χώρες και το 61% αφορά είδη που έχουν μεταφερθεί μεταξύ συστημάτων της χώρας (Fuller et al., 1999· Nico & Fuller, 1999· <http://nas.er.usgs.gov>). Τα μισά από τα εισαχθέντα είδη έχουν εγκατασταθεί και αναπτύξει βιώσι-

μους πληθυσμούς. Τα περισσότερα από αυτά τα είδη αντιπροσωπεύουν σκόπιμες εισαγωγές από κυβερνητικές υπηρεσίες και μεμονωμένα άτομα (π.χ., η εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου, *Ctenopharyngodon idella*, για έλεγχο της βλάστησης και η εισαγωγή του *Cichla ocellaris* για αλιεία αναψυχής), διαφυγές από εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειών (*Tilapia* spp., σολομός ατλαντικού), ή ακούσια απελευθέρωση δολωμάτων ή από ενυδρεία (*Scardinius erythrophthalmus*, *Clarias batrachus*, *Serrasalmus rhombeus*, *Hypostomus* spp.). Η Φλόριδα, η Καλιφόρνια και η Χαβάη έχουν τον μεγαλύτερο αριθμό εγκατεστημένων ξενικών ειδών (90, 60 και 50, αντίστοιχα), ακολουθούμενες από άλλες νοτιοδυτικές πολιτείες. Την εγκατάσταση πολλών τέτοιων τροπικών ειδών διευκόλυνε η βιομηχανία των ενυδρείων και η απουσία χαμηλών θερμοκρασιών.

Ανάλογα φυσικά με τον τρόπο που αντιμετωπίζεται μια εισαγωγή μπορεί να αξιολογηθεί ως επιτυχής ή να θεωρηθεί ως καταστροφική (Fuller et al., 1999) (Πίνακας 26.2). Οκτώ είδη ιχθύων περιλαμβάνονται ανάμεσα στα «100 πιο επιβλαβή εισβολικά είδη του κόσμου» όπως αναγνωρίζεται από την Παγκόσμια Βάση Δεδομένων των Ξενικών Ειδών της IUCN (www.issg.org/database). Ανάμεσα σε αυτά τα οκτώ είδη συγκαταλέγονται γατόψαρα, ο κοινός κυπρίνος, η αμερικανική πέστροφα και η πέστροφα του ατλαντικού, το κουνουπόψαρο, το μεγαλύτερο λαβράκι, η πέρκα του Νείλου και η τιλάπια της Μοζαμβίκης (βλ. Πίνακα 26.2 για λεπτομέρειες). Πολλά από αυτά τα είδη έχουν εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο και οι οικολογικές επιπτώσεις τους ποικίλλουν από μικρές έως και καταστροφικές (η τιλάπια εισήχθη για να καλύψει τις διατροφικές ανάγκες του ανθρώπου, μολονότι σε πολλές περιοχές υπήρχαν ή υπάρχουν αυτόχθονα είδη). Αυτά τα είδη ψαριών παρατίθενται από την IUCN μαζί με άλλα γνωστά εισβολικά είδη.

Ένα αποτέλεσμα αυτής της μετακίνησης των ειδών ψαριών σε όλο τον κόσμο ήταν η **ομογενοποίηση** των προηγούμενων μοναδικών συναθροίσεων που εξελίχθηκαν σε συγκεκριμένες περιοχές. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 26.2, ίδια είδη έχουν εισαχθεί επανειλημμένα σε διαφορετικά μέρη: 6 από τα 10 είδη που αναφέρονται στον πίνακα έχουν εισαχθεί σε 40 ή περισσότερες διαφορετικές χώρες. Δεν είναι τυχαίο ότι υπάρχει σημαντική αλληλεπικάλυψη μεταξύ των χωρών που δέχτηκαν τα ξενικά είδη, με συνέπεια στις περισσότερες από αυτές να αναπτυχθούν εδραιωμένοι πληθυσμοί πολλών ειδών. Οι εισαγωγές ειδών είναι συχνά πιο επιτυχημένες σε **υποβαθμισμένα ενδια-**

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.2 Δέκα πιο κοινά εισαχθέντα είδη ιχθύων. Η εισαγωγή των ειδών που παρατίθενται θεωρήθηκε ότι ήταν επιτυχή, ως προς τον αρχικό σκοπό για τον οποίο έγινε, αλλά στη συνέχεια προέκυψαν σοβαρά οικολογικά προβλήματα. Από Helfman (2007), βασισμένο στους Courtenay et al. (1984), Welcomme (1984, 1988), Lever (1996), και Fuller et al. (1999). Ο αριθμός των χωρών και των νησιωτικών ομάδων όπου τα είδη εγκαταστάθηκαν προέρχεται από τον Lever (1996), ο αριθμός των πολιτειών των ΗΠΑ όπου εισήχθησαν είναι από τους Fuller et al. (1999). Προσαρμογή από τους Helfman et al. (1997), παρουσίαση με φυλογενετική σειρά.

Είδη	Αριθμός χωρών όπου εγκαταστάθηκαν	Αριθμός πολιτειών όπου εισήχθησαν	Χώρα προέλευσης	Σκοπός εισαγωγής
<i>Cyprinus carpio</i> , κοινός κίτρινος	49	49	Ευρώπη και Ασία	Τροφή, ευυδρεία
<i>Carassius auratus</i> , χρυσόψαρο	>40	49	Ανατολική Ασία	Ευυδρεία
<i>Ctenopharyngodon idella</i> , χρυσόφθαγος κυπρίνος	9	45	Ανατολική Ασία	Έλεγχος βλάστησης
<i>Oncorhynchus mykiss</i> , αριδίουσα πέστροφα ^a	56	48	Δυτική και Βόρειος Αμερική	Αλιεία αναψυχής, υδατοκαλλιέργειες
<i>Gambusia</i> spp., κουνουπιόψαρο	67	35	Ανατολική και Βόρειος Αμερική	Έλεγχος κουνουπιών
<i>Poecilia reticulata</i> , Γκάπτιες	34	15	Βορειότερη Νότιος Αμερική	Έλεγχος κουνουπιών
<i>Micropterus salmoides</i> , Μεγαλοστομολαβράκι ^b	53	43	Ανατολική και Βόρειος Αμερική	Αλιεία αναψυχής
<i>Lates niloticus</i> , Πέρκα του Νεόλου ^c	3	1	Ανατολική Αφρική	Τροφή
Tilapiaine cichlids ^d Τιλάπιες	94	13	Ανατολική, Κεντρική και Νότιος Αφρική	Υδατοκαλλιέργειες, έλεγχος βλάστησης
<i>Cichla ocellaris</i> , Κίχλη	6	2	Αμαζόνιος	Αλιεία αναψυχής

^aΠεριλαμβάνονται επίσης τα είδη: *Salmo trutta* (28 χώρες, 47 πολιτείες), και *Salvelinus fontinalis* (31 χώρες, 38 πολιτείες).

^bΠεριλαμβάνεται επίσης το είδος *Micropterus dolomieu*.

^cΤο είδη *Lates longispinus* ή *L. macrophthalmus* μπορεί επίσης να έχουν εισαχθεί στη λίμνη Victoria (Ribbink 1987, Witte et al. 1992).

^dΟι αριθμοί αφορούν τα είδη *Oreochromis mossambicus* και *O. niloticus*. Άλλα είδη που έχουν εισαχθεί είναι τα *O. aureus*, *O. macrochir*, *O. urolepis* ssp., *Tilapia rendalli*, *T. zilli*, κ.ά. περιλαμβανομένων πολλών υβριδίων.

τήματα, που δεν είναι πλέον κατάλληλα για τα τοπικά ενδημικά είδη, πράγμα που σημαίνει ότι τα ξενικά είδη αντικαθιστούν και εκτοπίζουν τα αυτόχθονα. Συνοψίζοντας τις επιπτώσεις των εισαγωγών και των απωλειών ειδών, γίνεται αντιληπτό ότι απομακρυσμένες περιοχές έχουν παρόμοιους πανοικτιδούς καταλόγους και κυριαρχούνται από ξενικά είδη. Αυτή η επαναλαμβανόμενη παρατήρηση, η οποία αφορά όχι μόνο τα ψάρια, αλλά και τα πουλιά, τα θηλαστικά, τα έντομα και τα φυτά, ισοδυναμεί με ομογενοποίηση της πανίδας και χλωρίδας της γης, παντού φαίνεται το ίδιο (Lockwood & McKinney, 2001). Η διαδικασία είναι τόσο διαδεδομένη, το αποτέλεσμά της τόσο πασιφανές και η διαταραχή τόσο εμπεριστατωμένη ώστε οι Wil-

liams & Meffe (1998, σελ. 118) καταλήγουν ότι «η συνέχιση της ομογενοποίησης της παγκόσμιας χλωρίδας και πανίδας... είναι ένα οικολογικό ολοκαύτωμα μεγάλων διαστάσεων». Ο Gordon Orians του Πανεπιστημίου της Ουάσιγκτον αναφέρεται στην εποχή στην οποία ζούμε ως **Ομοιόκαινο**.

Η ομογενοποίηση της ιχθυοπανίδας είναι ιδιαίτερα εμφανής στα εύκρατα, αναπτυγμένα κράτη όπου οι «προσπάθειες» για εισαγωγές ειδών είναι ακόμη σε εξέλιξη. Στην Ευρώπη, ο Cowx (1997) αναφέρει 166 εισαχθέντα ή μεταφερόμενα είδη, τα οποία αντιστοιχούν στο περίπου 46% των 358 αυτόχθονων ειδών της ηπείρου. Δεκαπέντε είδη έχουν εισαχθεί σε 10 ή περισσότερες χώρες, συμπεριλαμβανομένου του κυπρίνου (24 χώρες), του

σαβελίνου (23), του χορτοφάγου κυπρίνου (20), του ηλιόψαρου (19) και της ιριδίζουσας πέστροφας (9). Άλλες χώρες με μικρή ποικιλότητα αυτόχθονων ειδών ή μεγάλο αριθμό εισαχθέντων ειδών - όπου αναμένεται εκτεταμένη ομογενοποίηση και όπου οι επιπτώσεις θα πρέπει να παρακολουθούνται - είναι η Νέα Ζηλανδία, η Αυστραλία και η Νότια Αφρική.

Η ομογενοποίηση της ιχθυοπανίδας στις Ενωμένες Πολιτείες έχει συμβεί σε μεγάλη κλίμακα (Fuller et al., 1999· Rahel 2000, 2002). Από τα 76 είδη που εισήχθησαν σε 10 ή περισσότερες πολιτείες, 32 έχουν εγκατασταθεί σε 25 ή περισσότερες πολιτείες ενώ 13 έχουν εξαφανιστεί από περισσότερες από 35. Οκτώ από τα τελευταία 13 είδη είναι σχετικά μεγάλα ιχθυοφάγα είδη, που εξακολουθούν να εισάγονται ως θηράματα σε πολλά μέρη. Τρία είδη (ο κοινός κυπρίνος, το χρυσόψαρο και το γλίνι) που έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς κατά τα τέλη του 19ου αιώνα για την ενίσχυση πληθυσμών, θεωρούνται πλέον ως είδη ενόχλησης.

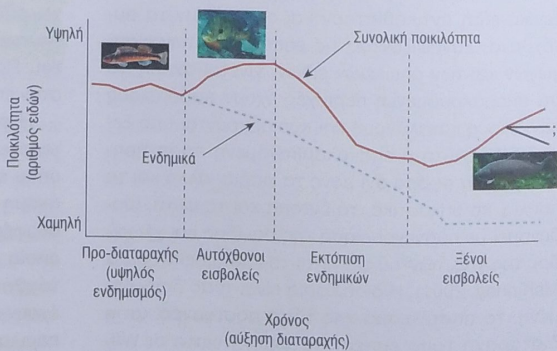
Πώς όμως οι προσπάθειες ενίσχυσης των πληθυσμών μέσω εμπλουτισμών επηρεάζουν την ποικιλομορφία; Ο Rahel (2000) σύγκρινε ιστορικούς καταλόγους πολιτειών της Αμερικής με πρόσφατους καταλόγους ειδών και διαπίστωσε ότι τα είδη που περιλαμβάνονται στους πανιδικούς καταλόγους έχουν αυξηθεί σημαντικά και με παρόμοιο τρόπο, με την πάροδο του χρόνου. Κατά τους τελευταίους δύο αιώνες, η ομοιότητα της ιχθυοπανίδας μεταξύ των πολιτειών αυξήθηκε με 15 είδη κατά μέσο όρο, με σχεδόν το 20% των πολιτειών να μοιράζονται 25 ή περισσότερα εισαχθέντα είδη. Περισσότερο από το μισό της ιχθυοπανίδας στη Nevada, στην Utah και στην Arizona αποτελούνται πλέον από μη-ιθαγενή είδη, που μεταφέρθηκαν κυρίως από το ανατολικό τμήμα της χώρας για βελ-

τίωση των ιχθυαποθεμάτων. Ταυτόχρονα, και σε συνδυασμό με την υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων που καθιστά τα συστήματα φιλόξενα για τα ξενικά είδη και αφιλόξενα για τα τοπικά ενδημικά, ο κατάλογος των ξενικών ειδών των ΗΠΑ έχει αυξηθεί.

Η ομογενοποίηση γενικά συζητείται σε σχέση με την αντικατάσταση των αυτόχθονων ειδών από τα ξενικά, αλλά η διαδικασία περιλαμβάνει επίσης τη μετακίνηση των ευρέως διαδεδομένων αυτόχθονων ειδών σε περιοχές ή ενδιαιτήματα που είχαν προηγουμένως καταληφθεί από τοπικά ενδημικά. Όπως παρατηρήθηκε στα νότια Appalachian όρη των ΗΠΑ, πολλά **τοπικά ενδημικά** είδη, προσαρμοσμένα στα καθαρά, ψυχρά, χαμηλής παραγωγικότητας νερά των ορεινών περιοχών, προοδευτικά αντικαταστάθηκαν από **ευρέως διαδεδομένα**, κοσμοπολίτικα είδη, που ήταν συνηθισμένα σε χαμηλότερα, πιο παραγωγικά τμήματα των ποταμών (Scott & Helfman, 2001) (Εικόνα 26.6). Ως σημαντικός παράγοντας, που ευθύνεται για αυτήν την αντικατάσταση, θεωρήθηκε η αποψίλωση των ορεινών και παραποτάμιων δασών. Άμεση συνέπεια ήταν η διάβρωση των ορεινών περιοχών και η επιχωμάτωση των ταχείας ροής ενδιαιτημάτων των ποταμών, λόγω της αυξημένης μεταφοράς ιζημάτων. Τα ρεύματα έγιναν επίσης ευρύτερα, βαθύτερα και θερμότερα. Τα ψυχρόφιλα και ενδημικά είδη που ήταν προσαρμοσμένα σε κρύα, ρηχά και υψηλής ροής ενδιαιτήματα αντικαταστάθηκαν από θερμόφιλα είδη που μπορούν να επιβιώσουν σε μια ποικιλία ενδιαιτημάτων, κυρίως μικρής ροής (Jones et al., 1999a· Walters et al., 2003). Επειδή τα ενδημικά περιορίστηκαν τοπικά και τα κοσμοπολίτικα είδη είχαν ευρεία εξάπλωση, αυξήθηκε η ομοιότητα της ιχθυοπανίδας μεταξύ διαφορετικών λεκανών απορροής. Η ομογενοποίηση των ενδιαιτημάτων προάγει τη βιολογική ομογενοποίηση (π.χ., Boet et al., 1999· Marchetti et al.,

ΕΙΚΟΝΑ 26.6

Εμπλοκή των αυτόχθονων και ξενικών ειδών στην ομογενοποίηση της πανίδας. Απεικονίζονται οι αλλαγές που αναμένονται στα ρέματα του νότιου Appalachian, δείχνοντας πώς η διατάραξη των ενδιαιτημάτων (αποψίλωση δασών, ιζηματοποθέσεις) ευνοεί αρχικά τα αυτόχθονα είδη έναντι των ενδημικών. Καθώς η διαταραχή των ενδιαιτημάτων συνεχίζεται, ακόμη και αυτοί οι αυτόχθονοι εισβολείς αντικαθίστανται από τα πολύ ανθεκτικά ξενικά είδη. Με άδεια χρήσης από Scott & Helfman (2001).



2001) και συμβαίνει ακόμη και αν σχεδόν όλα τα είδη σε μια περιοχή είναι αυτόχθονα.

Εισαγωγή Θηρευτών

Τι πανωλεθρία πρέπει να προκαλέσει η εισαγωγή ενός οποιουδήποτε νέου θηράματος σε μια χώρα πριν ενστικτωδώς τα αυτόχθονα είδη μπορέσουν να προσαρμοστούν στις δεξιότητες ή τη δύναμη του ξένου.

Charles R. Darwin (1871)

Η εισαγωγή ειδών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση πληθυσμού ή και εξαφάνιση των αυτόχθονων ειδών ψαριών, είτε άμεσα μέσω της θήρευσης των ενήλικων ατόμων, των αβγών και των νεαρών ατόμων, είτε έμμεσα, μέσω του ανταγωνισμού, του υβριδισμού ή της μετάδοσης παθογόνων (Balon & Bruton, 1986· Fausch, 1988· Ross, 1991). Μερικές καταστροφικές εισαγωγές ήταν ακούσιες, όπως συνέβη με την εξάπλωση του θαλάσσιου είδους *Petromyzon marinus*, στις Great Lakes της Βόρειας Αμερικής, πιθανώς μέσω καναλιών που κατασκευάστηκαν από τον άνθρωπο. Στον απόηχο αυτής της εισαγωγής οι πληθυσμοί της πέστροφας, του ασπρόψαρου, του ποταμολάβρακου και άλλων ειδών μειώθηκαν κατακόρυφα (Daniels 2001, βλ. Κεφάλαιο 13). Ανώτεροι θηρευτές που εισήχθησαν ευρέως για αλιεία αναψυχής είναι τα *Cichla ocellaris*, *Micropterus salmoides*, *Oncorhynchus mykiss* και *Salmo trutta*. Τέτοιες εισαγωγές συχνά αποδεδειγμένα καταστρέφουν την αυτόχθονη ιχθυοπανίδα, συμπεριλαμβανομένης και της μείωσης των ειδών που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Άτομα του είδους *Cichla ocellaris* δραπετεύσαν από μια αποβάθρα στον ποταμό Chagres, στον Παναμά, εισέβαλαν στη λίμνη Gatun και σταδιακά εξάλειψαν επτά τοπικά είδη, μεταξύ των οποίων και ένα είδος αθερίνας. Επιπλέον αυξήθηκε η βλάστηση και αντικαταστάθηκαν τα ιχθυοφάγα είδη πουλιών (Zaret & Paine, 1973· Swartzmann & Zaret, 1983).

Το μεγαλύτερο λαβράκι είναι επίσης υπεύθυνο για παρόμοιες διαταραχές στο Lago de Patzcuaro του Μεξικού, στη λίμνη Naivasha στην Κένυα, στη βόρεια Ιταλία, στη Zimbabwwe, στη Νότια Αφρική και στη λίμνη Lanao, στις Φιλιππίνες. Η ιριδίωση και η καφετιά πέστροφα οδήγησαν σε πτώση τους πληθυσμούς των ενδημικών ψαριών στη Yugoslavia, Lesotho, Colombia, Australia, New Zealand, South Africa και στη λίμνη Titicaca στη Bolivia και το Peru (McDowall, 2006). Στη λίμνη Titicaca, τη λίμνη με το μεγαλύτερο υψόμετρο στον κόσμο, ένα από τα πολυάριθμα είδη των κυπρινο-

δοντιδών (*Orestias*) έχει αποδεδειχθεί, αρχικά λόγω άμεσης θήρευσης και στη συνέχεια λόγω ανταγωνισμού για τη θήρευση ασπονδύλων (βλ. Πλαίσιο 15.2). Η καφετιά πέστροφα, ειδικότερα έχει αναγνωριστεί ως ένας αποτελεσματικός θηρευτής των αυτόχθονων ειδών, συμπεριλαμβανομένων και άλλων σολομοειδών. Η καφετιά πέστροφα συνέβαλε στη μείωση αρκετών απειλούμενων σολομοειδών, συμπεριλαμβανομένων των ειδών *Oncorhynchus gilae*, *Salvelinus malma* και *Oncorhynchus mykiss aguabonita*, με το τελευταίο να θεωρείται το έμβλημα της Καλιφόρνιας. Η εισαγωγή των σολομοειδών αποδείχτηκε ιδιαίτερα καταστροφική για πολλά είδη της οικογένειας Galaxiidae, στο μεγαλύτερο μέρος της γεωγραφικής τους εξάπλωσης στο νότιο ημισφαίριο (McDowall, 2006).

Ένα από τα πιο δραματικά παραδείγματα εισαγωγής θηρευτή σε ένα σύστημα είναι ο εμπλουτισμός με την πέρκα του Νείλου, *Lates cf. niloticus*, των λιμνών Victoria και Kyoga, στην ανατολική Αφρική (Ogutu-Ohwayo, 1990· Kaufman, 1992· Witte et al., 1992· Lowe-McConnell, 1997· Ogutu-Ohwayo et al., 1997), αν και υπάρχει αντιπαράθεση σχετικά με το ποιο είδος *Lates* εισήχθη και πόσο συχνά (Pringle, 2005). Η λίμνη Victoria είναι, ή ήταν, μια εξαιρετική περίπτωση συστήματος στην εξελικτική πορεία και ειδοπλασία των ιχθύων, δεδομένου ότι από εκεί προέρχονται περισσότερα από 300 είδη κιχλιδών, καθώς και περισσότερα από 35 άλλα είδη ψαριών. Η λίμνη θεωρείται από πολλούς ότι περιείχε την πλουσιότερη ιχθυοπανίδα, για λιμναίο σύστημα, στον κόσμο (βλ. Πλαίσιο 15.2). Εναντία στις συμβουλές των εμπειρογνομώνων, οι λίμνες εμπλουτίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960 με την πέρκα του Νείλου, για να προσφέρουν, πιο επιθυμητά για τη διατροφή του ανθρώπου, είδη (Ribbink 1987, σελ. 9).

Αυτός ο θηρευτής, που μπορεί να φτάσει σε μήκος τα 2 m και σε βάρος τα 200 κιλά, εξαπλώθηκε αργά και στις δύο λίμνες, εκτοπίζοντας τα αυτόχθονα είδη, θηρεύοντας κατά προτίμηση αρχικά τα πιο άφθονα και στη συνέχεια μετατοπίζοντας τις διατροφικές του προτιμήσεις σε άλλα είδη, καθώς η πυκνότητα της αρχικής λείας μειωνόταν, καταλήγοντας τελικά στον κανιβαλισμό. Οι εμπορικές εκφορτώσεις κιχλιδών υποχώρησαν από τα 27 σε 0 kg/h, ενώ η συνολική μείωση των αλιευμάτων παρουσίασε μείωση από 32% σε 1% μεταξύ του 1977 και των αρχών της δεκαετίας του 1980. Αντίθετα, οι εκφορτώσεις της πέρκας του Νείλου αυξήθηκαν σε 169 kg/h (Seehausen et al., 1997b). Καθώς τα είδη εξαλείφθηκαν, τα τροφικά πλέγματα των λιμνών ουσιαστικά διαταράχθηκαν και

2001) και συμβαίνει ακόμη και αν σχεδόν όλα τα είδη σε μια περιοχή είναι αυτόχθονα.

Εισαγωγή θηρευτών

Τι πανωλεθρία πρέπει να προκαλέσει η εισαγωγή ενός οποιουδήποτε νέου θηράματος σε μια χώρα πριν ενστικτωδώς τα αυτόχθονα είδη μπορέσουν να προσαρμοστούν στις δεξιότητες ή τη δύναμη του ξένου.

Charles R. Darwin (1871)

Η εισαγωγή ειδών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση πληθυσμού ή και εξαφάνιση των αυτόχθονων ειδών ψαριών, είτε άμεσα μέσω της θήρευσης των ενήλικων ατόμων, των αβγών και των νεαρών ατόμων, είτε έμμεσα, μέσω του ανταγωνισμού, του υβριδισμού ή της μετάδοσης παθογόνων (Balon & Britton, 1986· Fausch, 1988· Ross, 1991). Μερικές καταστροφικές εισαγωγές ήταν ακούσιες, όπως συνέβη με την εξάπλωση του θαλάσσιου είδους *Petromyzon marinus*, στις Great Lakes της Βόρειας Αμερικής, πιθανώς μέσω καναλιών που κατασκευάστηκαν από τον άνθρωπο. Στον απόηχο αυτής της εισαγωγής οι πληθυσμοί της πέστροφας, του ασπρόψαρου, του ποταμολάβρακου και άλλων ειδών μειώθηκαν κατακόρυφα (Daniels 2001, βλ. Κεφάλαιο 13). Ανώτεροι θηρευτές που εισήχθησαν ευρέως για αλιεία αναψυχής είναι τα *Cichla ocellaris*, *Micropterus salmoides*, *Oncorhynchus mykiss* και *Salmo trutta*. Τέτοιες εισαγωγές συχνά αποδεκατίζουν την αυτόχθονη ιχθυοπανίδα, συμπεριλαμβανομένης και της μείωσης των ειδών που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Άτομα του είδους *Cichla ocellaris* δραπετεύσαν από μια αποβάθρα στον ποταμό Chagres, στον Παναμά, εισέβαλαν στη λίμνη Gatun και σταδιακά εξάλειψαν επτά τοπικά είδη, μεταξύ των οποίων και ένα είδος αθερίνας. Επιπλέον αυξήθηκε η βλάβη που κατακαταστάθηκαν τα ιχθυοφάγα είδη πουλιών (Zaret & Paine, 1973· Swartzmann & Zaret, 1983).

Το μεγαλόστομο λαβράκι είναι επίσης υπεύθυνο για παρόμοιες διαταραχές στο Lago de Patzcuaro του Μεξικού, στη λίμνη Naivasha στην Κένυα, στη βόρεια Ιταλία, στη Zimbabwe, στη Νότια Αφρική και στη λίμνη Lanao, στις Φιλιππίνες. Η ιριδιόρυσσα και η καφετιά πέστροφα οδήγησαν σε πτώση τους πληθυσμούς των ενδημικών ψαριών στη Yugoslavia, Lesotho, Colombia, Australia, New Zealand, South Africa και στη λίμνη Titicaca στη Bolivia και το Peru (McDowall, 2006). Στη λίμνη Titicaca, τη λίμνη με το μεγαλύτερο υψόμετρο στον κόσμο, ένα από τα πολυάριθμα είδη των κυπρινο-

δοντιδών (*Orestias*) έχει αποδεκατιστεί, αρχικά λόγω άμεσης θήρευσης και στη συνέχεια λόγω ανταγωνισμού για τη θήρευση ασπονδύλων (βλ. Πλαίσιο 15.2). Η καφετιά πέστροφα, ειδικότερα έχει αναγνωριστεί ως ένας αποτελεσματικός θηρευτής των αυτόχθονων ειδών, συμπεριλαμβανομένων και άλλων σολομοειδών. Η καφετιά πέστροφα συνέβαλε στη μείωση αρκετών απειλούμενων σολομοειδών, συμπεριλαμβανομένων των ειδών *Oncorhynchus gilae*, *Salvelinus malma* και *Oncorhynchus mykiss aguabonita*, με το τελευταίο να θεωρείται το έμβλημα της Καλιφόρνιας. Η εισαγωγή των σολομοειδών αποδείχτηκε ιδιαίτερα καταστροφική για πολλά είδη της οικογένειας Galaxiidae, στο μεγαλύτερο μέρος της γεωγραφικής τους εξάπλωσης στο νότιο ημισφαίριο (McDowall, 2006).

Ένα από τα πιο δραματικά παραδείγματα εισαγωγής θηρευτή σε ένα σύστημα είναι ο εμπλουτισμός με την πέρκα του Νείλου, *Lates cf. niloticus*, των λιμνών Victoria και Kyoga, στην ανατολική Αφρική (Ogutu-Ohwayo, 1990· Kaufman, 1992· Witte et al., 1992· Lowe-McConnell, 1997· Ogutu-Ohwayo et al., 1997), αν και υπάρχει αντιπαράθεση σχετικά με το ποιο είδος *Lates* εισήχθη και πόσο συχνά (Pringle, 2005). Η λίμνη Victoria είναι, ή ήταν, μια εξαιρετική περίπτωση συστήματος στην εξελικτική πορεία και ειδοπλασία των ιχθύων, δεδομένου ότι από εκεί προέρχονται περισσότερα από 300 είδη κιχλιδών, καθώς και περισσότερα από 35 άλλα είδη ψαριών. Η λίμνη θεωρείται από πολλούς ότι περιείχε την πλουσιότερη ιχθυοπανίδα, για λιμναίο σύστημα, στον κόσμο (βλ. Πλαίσιο 15.2). Ενάντια στις συμβουλές των εμπειρογνομώνων, οι λίμνες εμπλουτίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960 με την πέρκα του Νείλου, για να προσφέρουν, πιο επιθυμητά για τη διατροφή του ανθρώπου, είδη (Ribbink 1987, σελ. 9).

Αυτός ο θηρευτής, που μπορεί να φτάσει σε μήκος τα 2 m και σε βάρος τα 200 κιλά, εξαπλώθηκε αργά και στις δύο λίμνες, εκτοπίζοντας τα αυτόχθονα είδη, θηρεύοντας κατά προτίμηση αρχικά τα πιο άφθονα και στη συνέχεια μετατοπίζοντας τις διατροφικές του προτιμήσεις σε άλλα είδη, καθώς η πυκνότητα της αρχικής λείας μειωνόταν, καταλήγοντας τελικά στον κανιβαλισμό. Οι εμπορικές εκφορτώσεις κιχλιδών υποχώρησαν από τα 27 σε 0 kg/h, ενώ η συνολική μείωση των αλιευμάτων παρουσίασε μείωση από 32% σε 1% μεταξύ του 1977 και των αρχών της δεκαετίας του 1980. Αντίθετα, οι εκφορτώσεις της πέρκας του Νείλου αυξήθηκαν σε 169 kg/h (Seehausen et al., 1997b). Καθώς τα είδη εξαλείφθηκαν, τα τροφικά πλέγματα των λιμνών ουσιαστικά διαταράχθηκαν και