

# Φράγματα, λειτουργίες οικοσυστήματος και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Αγ.Θ. Φιλίντας

*Υ.Δ., Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.*

*Καθηγητής Εφ./Ε.Σ., Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων, ΤΕΙ Λάρισας.*

Σερ.Θ. Πολύζος

*Λέκτορας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφ. Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Η κατασκευή και λειτουργία των μεγάλων φραγμάτων επιδρά, θετικά ή αρνητικά, στα φυσικά οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα. Οι εν λόγω επιδράσεις αποτελούν και τη βασικότερη "ένσταση" των πολέμιων των μεγάλων φραγμάτων, θέμα που έχει τροφοδοτήσει τα τελευταία χρόνια αρκετές συζητήσεις για την ωφελιμότητα ή όχι των έργων αυτών ή το συνολικό τους σχεδιασμό, ενώ αποτελούν αιτία για την πραγματοποίηση σημαντικών επενδύσεων με στόχο τη μείωση των αρνητικών επιδράσεων. Όμως, παρά τη λήψη μέτρων, τις βελτιώσεις στον προγραμματισμό, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη διαχείριση φραγμάτων, σήμερα παραμένει μια ευρέως διαδεδομένη οικολογική ανησυχία ότι τα μεγάλα φράγματα οδηγούν σε σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών των φυσικών οικοσυστημάτων. Η οικολογική αυτή ανησυχία διερευνάται στο παρόν άρθρο με την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, των οικοσυστημικών λειτουργιών και της διεθνούς εμπειρίας στο σχεδιασμό, κατασκευή και ορθολογική διαχείριση των φραγμάτων.

*Λέξεις κλειδιά:* Φράγματα, φράγματα και περιβάλλον, φράγματα και βιοποικιλότητα, λεκάνη απορροής φραγμάτων.

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ρόλος των φραγμάτων είναι η αναρύθμιση της ροής των ποταμών και η χρησιμοποίηση των πολύτιμων υδάτινων πόρων κατά τρόπο οικονομικά αποδοτικότερο και περισσότερο ωφέλιμο. Η κατασκευή τους ξεκίνησε πριν από πολλούς αιώνες πριν ακόμα δημιουργηθούν ερωτήματα κι ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές μεταβολές που προκαλούν και τις αντιρρήσεις για τη ωφελιμιστική σκοπιμότητά τους. Τα πρώτα φράγματα που κατασκευάστηκαν αποσκοπούσαν κυρίως στην παροχή αντιπλημμυρικής προστασίας και την αποθήκευση νερού για αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, για ιχθυοκαλλιέργειες, για τουρισμό και αναψυχή. Σήμερα, τα φράγματα έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις άλλες κατασκευές πολιτικού μηχανικού, έχουν πολύ μεγαλύτερο μέγεθος σε σχέση με το παρελθόν, αξιοποιούν τις γνώσεις της υδρολογίας και της υδρομηχανικής και το μέγεθος των επιπτώσεων άμεσων ή έμμεσων, οικονομικών ή μη οικονομικών έχει αυξηθεί.

Το παλαιότερο φράγμα που αναφέρεται στην Ιστορία (4η χιλιετία π.Χ.) βρίσκονταν στη Γιάβα της σημερινής Ιορδανίας και χρησίμευε για τη συλλογή πόσιμου νερού. Ένα άλλο φράγμα που κατασκευάστηκε την περίοδο 2600-2500 π.Χ., επίσης για τη συλλογή πόσιμου νερού, είναι το Sadd-el-Kafara στο Wadi Garawi της Αιγύπτου. Το γεώφραγμα στον ποταμό Ορόντες της σημερινής Συρίας κατασκευάστηκε περί το 1300 π.Χ. και χρησίμευε για συλλογή νερού προς άρδευση και πόση, και είναι ακόμα διατηρημένο, γιατί αξιοποιήθηκε και συντηρήθηκε από μεταγενέστερους λαούς. Στα νεότερα χρόνια, σπουδαίο θεωρήθηκε το φράγμα Puentes στην Ισπανία, το οποίο κατασκευάστηκε το έτος 1753 και καταστράφηκε το 1891.

Στον ελληνικό χώρο, τα γνωστότερα φράγματα είναι αυτά που σχετίζονται {31}:

(α) Με υδροηλεκτρική χρήση, όπως του Λούρου (1954), του Λάδωνα (1955), του Ταυρωπού (1959), των Κρεμαστών (1965), του Καστρακίου (1969), του Πολυφύτου (1974), του Πουρναρίου (1981), της Σφηκιάς και των Ασωμάτων (1985), του Στράτου (1988) κ.ά..

(β) Με υδρευτική χρήση, όπως του Μαραθώνα που ξεκίνησε το έτος 1926 και ολοκληρώθηκε το 1931, του Μόρνου που ολοκληρώθηκε το έτος 1979 κ.ά..

(γ) Με αρδευτική χρήση, όπως της Λευκόγειας Δράμας (1972), της Απολακκιάς Ρόδου (1978), του Λειβαδιού Αστυπάλαιας (1978), της Φανερωμένης και της Πλακιώτισσας στην περιοχή Μεσαράς Ηρακλείου (1980), του Δοξά στην περιοχή του Φενεού Κορινθίας (1982), της Φωλιάς Καβάλας (1983), του Κατάφυτου Δράμας (1984) κ.ά..

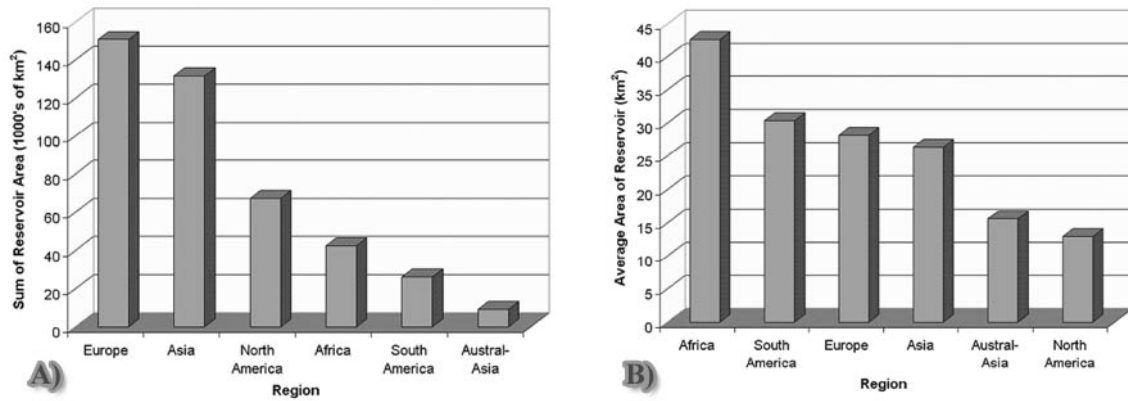
Στη σύγχρονη εποχή η πλειονότητα των φραγμάτων χρησιμοποιείται για πολλαπλούς σκοπούς. Συγκεκριμένα παγκοσμίως τα φράγματα χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς (37%), για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (16%), για παροχή πόσιμου νερού (12%), για αντιπλημμυρικό έλεγχο (6%), για σκοπούς αναψυχής (3%) και για λοιπούς σκοπούς (4%) {14}. Τα οφέλη από τη λειτουργία αυτών των φραγμάτων υπήρξαν πολλαπλά, όμως έχουν σε πολλές περιπτώσεις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις {15}. Γενικότερα, η αξιοποίηση των υδάτινων πόρων με τη χρήση φραγμάτων έχει δημιουργήσει πολλές συγκρούσεις και γίνεται όλο και περισσότερο σαφές ότι οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις του θέματος πρέπει να τύχουν ουσιαστικότερης διερεύνησης και κοινωνικής διαβούλευσης.

Μέχρι τη δεκαετία του '50 κατασκευάζονταν περίπου 700 μεγάλα φράγματα κάθε 10-ετία σε όλον τον κόσμο {16}. Τα επόμενα χρόνια ο αριθμός αυτός αυξήθηκε κατακόρυφα, ενώ άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες αντιδράσεις για τα πραγματικά οφέλη που προκύπτουν από τη λειτουργία τους, καθώς και απόψεις ότι προκαλούνται στο περιβάλλον καταστροφές και μακροχρόνιες αρνητικές επιδράσεις που υπερβαίνουν τα άμεσα οικονομικά οφέλη. Έτσι, αναδείχθηκε η ανάγκη για καλύτερο σχεδιασμό των φραγμάτων και για λήψη των κατάλληλων μέτρων, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι περιβαλλοντικές ή όποιες άλλες επιπτώσεις και απώλειες. Σε πολλές περιπτώσεις άλλαξε τελείως ο σχεδιασμός των φραγμάτων, με απώτερο στόχο τη βιώσιμη διαχείριση του ύδατος στην οποία θα λαμβάνονταν μέριμνα για την οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική ανάπτυξη, καθώς και για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Βέβαια, δεν μπορεί να παραβλεφθεί το γεγονός ότι μετά τη δεκαετία του '60 στις αναπτυγμένες χώρες η ευαισθησία για περιβαλλοντικά ζητήματα αυξήθηκε σημαντικά, κυρίως λόγω της πληθυσμιακής διόγκωσης, της ανεξέλεγκτης ρύπανσης του εδάφους, του αέρα και των υδάτινων πόρων, της αύξησης των βιομηχανικών και οικιακών αποβλήτων, καθώς επίσης και των προκαλούμενων μεταβολών στα οικοσυστήματα και στην βιοποικιλότητά τους. Η αύξηση πληθυσμού, η χρήση των τεχνολογικών επιτευγμάτων, η διόγκωση των οικονομικών δραστηριοτήτων, οι αστικές επεκτάσεις, η ανάπτυξη στο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, τα φράγματα, οι ταμιευτήρες νερού και άλλες υποδομές είχαν σημαντικές επιπτώσεις στη φυσική ισορροπία και οι περιβαλλοντικές μεταβολές έλαβαν ανησυχητικές διαστάσεις, ενώ το «περιβάλλον» ως θέμα έγινε ιδιαίτερα δημοφιλές. Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αντιθέσεων, μεταξύ των αρμόδιων για το σχεδιασμό (planners) και των μηχανικών από τη μια πλευρά, και των διάφορων κοινωνικών, περιβαλλοντικών κι επιστημονικών ομάδων από την άλλη, που εναντιώνονται στην υλοποίηση και λειτουργία μεγάλων υποδομών (φράγματα, ταμιευτήρες, έργα εκτροπής ποταμών, κλπ) με βασικό επιχείρημα την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαφύλαξη της βιοποικιλότητας.

Σήμερα, θεωρείται γενικότερα αποδεκτό ότι οι πολιτιστικές, κοινωνικές, ανθρωπιστικές και περιβαλλοντικές αξίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον προγραμματισμό, σχεδιασμό και κατασκευή των μεγάλων έργων και η αξιολόγησή τους θα πρέπει να επεκτείνεται πέραν του συνυπολογισμού των παραδοσιακών οικονομικών αξιών {15}. Πλέον, η διαχείριση του ύδατος προσανατολίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος στην διαφύλαξη κι εξοικονόμηση των υδατικών πόρων, την επαναχρησιμοποίησή τους όταν είναι εφικτό, και την πρόληψη και μείωση της ρύπανσής τους. Αν και το μέγεθος φραγμάτων και ταμιευτήρων είναι ιδιαίτερα μεταβλητό, είναι δυνατό να εξεταστεί το ευρύ πεδίο των επιδράσεων. Η εικόνα 1.A παρουσιάζει τη συνολική επιφάνεια των ταμιευτήρων μεγάλων φραγμάτων, ενώ η εικόνα 1.B παρουσιάζει τη μέση επιφάνεια των ταμιευτήρων μεγάλων φραγμάτων ανά ήπειρο. Τα σχήματα αυτά δείχνουν τις μεγάλες συνολικές

επιφάνειες που καταλαμβάνουν οι ταμιευτήρες των φραγμάτων, αλλά και τη μεγάλη απόκλιση μεταξύ των επιφανειών από την άποψη του μέσου μεγέθους των ταμιευτήρων. Συνυπολογίζοντας τις διαφορές στο μέγεθος των εκτάσεων που καταλαμβάνουν οι ταμιευτήρες ανά ήπειρο και τη συνεχή αύξηση της ζήτησης για νερό, εκτιμούμε ότι τα μεγάλα φράγματα θα συνεχίσουν να κατασκευάζονται, αφού συμβάλλουν στην οικονομική ανάπτυξη του σύγχρονου κόσμου.



Εικόνα 1. Α) Συνολική έκταση ταμιευτήρων μεγάλων φραγμάτων (σε χιλιάδες km<sup>2</sup>) ανά περιοχή του κόσμου (τροποποιημένο από: {16}). Β) Μέση έκταση ταμιευτήρων μεγάλων φραγμάτων (σε km<sup>2</sup>) ανά περιοχή του κόσμου (τροποποιημένο από: {16}).

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελώντας μια μορφή «καθαρής» ενέργειας μπορεί να υποκαταστήσει την καύση πετρελαίου ή λιθάνθρακα μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Βέβαια, ο συνυπολογισμός της περιβαλλοντικής διάστασης και του περιβαλλοντικού κόστους στο σχεδιασμό τέτοιων έργων, η αξιολόγηση των οικολογικών μεταβολών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων θεωρούνται πλέον δεδομένα.

Το «φυσικό περιβάλλον» εντός της λεκάνης απορροής κάθε ποταμού έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και κάθε παρέμβαση επί αυτού απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Εντός της λεκάνης υπάρχουν φυσικά οικοσυστήματα που περιλαμβάνουν όχι μόνο τους υδρόβιους βιότοπους που συνδέονται άμεσα με το νερό του ποταμού, αλλά με όλα τα στοιχεία της ποτάμιας λεκάνης απορροής. Τα οικοσυστήματα αυτά περιλαμβάνουν: το κεφαλόβρυσο (τις πηγές) του νερού και τη χωροταξική τοπογραφία της λεκάνης απορροής, το φυσικό κανάλι από τις πηγές του νερού έως τη θάλασσα, τις παρόχθιες περιοχές, το σχετιζόμενο υπόγειο νερό στο κανάλι και τις όχθες του ποταμού και τις κοίτες πλημμυρών, τους υγρότοπους, την εκβολή του ποταμού και το πλησίον στις όχθες περιβάλλον που εξαρτάται από τις εισροές γλυκού νερού. Τα οικοσυστήματα αυτά εκτελούν λειτουργίες, όπως: ο έλεγχος πλημμυρών και η προστασία από καταιγίδες, η παραγωγή προϊόντων όπως η άγρια πανίδα, τα αλιεύματα και οι δασικοί πόροι, ενώ παράλληλα έχουν σημαντική αισθητική και πολιτιστική αξία.

Η συνολική αξία των αγαθών και των υπηρεσιών του οικοσυστήματος υπολογίζεται σε 50 τρισεκατομμύρια € ετησίως, εκ των οποίων περίπου 12,5 τρις € αφορούν άμεσα τα οικοσυστήματα γλυκού νερού {15}. Με δεδομένο την ύπαρξη και αναγνώριση των αξιών αυτών του οικοσυστήματος, η ανάπτυξη λεκανών απορροής ποταμών πρέπει να καθορίσει πόσο νερό απαιτείται για τη συντήρηση των οικοσυστημάτων, για να παρέχει τα περιβαλλοντικά αγαθά και τις ενδολεκάνιες υπηρεσίες και πόση ποσότητα νερού πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει τη γεωργία, τη βιομηχανία και τις αστικές δραστηριότητες της λεκάνης απορροής.

Η υπάρχουσα σήμερα γνώση, δείχνει ότι οι επιδράσεις των φραγμάτων στα οικοσυστήματα είναι βαθύτατα εδραιωμένες, σύνθετες, ποικίλες, αλληλοεξαρτώμενες και σε πολλές περιπτώσεις αρνητικές. Στο βόρειο ημισφαίριο 77% των μεγαλύτερων ποταμών επηρεάζονται από τα φράγματα

και σε πολλούς ποταμούς οι περιορισμοί στη ροή τους αρχίζουν από την περιοχή των πηγών τους {7}.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κάθε φράγματος είναι «μοναδικές» και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η δομή του φράγματος και η λειτουργία του, η τοπική υδρολογία, οι ποτάμιες διαδικασίες, ο όγκος των φερτών υλών, οι γεωμορφολογικοί περιορισμοί, το κλίμα και οι βασικές ιδιότητες του τοπικού βιόκοσμου {20}, {17}, {10}, {23}. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των φραγμάτων μπορούν να ταξινομηθούν σε μακροπρόθεσμες και βραχυπρόθεσμες, επιπτώσεις που βρίσκονται στην εγγύς ή την ευρύτερη περιοχή τους. Είναι προφανές, ότι η επιδίωξη του σχεδιασμού είναι η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων και η μεγιστοποίηση των ωφελειών.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη της πολυπλοκότητας των διαδικασιών που εμφανίζονται όταν ένα φράγμα επιδρά σε ένα οικοσύστημα. Στη συνέχεια του άρθρου ταξινομούνται οι επιπτώσεις των φραγμάτων στο περιβάλλον και περιγράφονται οι βασικές ωφέλειες που προκύπτουν από τη λειτουργία των φραγμάτων. Ακόμη, αναλύονται οι επιπτώσεις στα βιολογικά, υδρόβια και υδραυλικά συστήματα, στην ποιότητα του νερού, το έδαφος και την ατμόσφαιρα. Τέλος, διατυπώνονται συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση που προηγήθηκε.

## 2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα φράγματα είναι κατασκευές σχεδιασμένες με σκοπό την αποθήκευση και την εκτροπή του νερού, την αλλαγή της φυσικής διανομής και το συγχρονισμό των ποτάμιων ροών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανθρώπινες ανάγκες {32}. Υπό αυτήν τη μορφή, αλλάζουν συγχρόνως τις θεμελιώδεις διαδικασίες για τα φυσικά οικοσυστήματα, αφού λειτουργούν ως «εμπόδια» στις διαμήκεις ανταλλαγές νερού στους ποταμούς. Με την αλλαγή του τρόπου της κατάντη ροής (δηλ. ένταση, συγχρονισμός και συχνότητα), αλλάζουν το υδατικό ίζημα και τα θρεπτικά καθεστώτα, μεταβάλλουν τη θερμοκρασία του ύδατος και τη χημεία του. Οι ταμειυτήρες πλημμυρίζουν τα χερσαία οικοσυστήματα, καταστρέφοντας φυτά και αναγκάζουν μετακίνηση των ζώων. Δεδομένου ότι πολλά είδη προτιμούν τα κατώτατα σημεία κοιλάδων, η συσσώρευση νερού σε μεγάλη κλίμακα μπορεί να επηρεάσει μοναδικούς βιότοπους άγριας φύσης και να εξαφανίσει ολόκληρους πληθυσμούς απειλούμενων υπό εξαφάνιση ειδών {7}.

Η αναγνώριση και ταξινόμηση των περιβαλλοντικών μεταβολών που προσδοκούνται μετά την υλοποίηση ενός φράγματος έχουν μεγάλη σημασία για το σωστό σχεδιασμό του. Θα επιχειρηθεί στη συνέχεια μια συνοπτική ταξινόμηση των εν λόγω περιβαλλοντικών μεταβολών:

(α) Η λειτουργία των φραγμάτων μεταβάλλει τη δίαιτα του ποταμού κατάντη με εκτεταμένα αποτελέσματα στην τοπική υδρολογία και στα κατάντη ρέοντα ύδατα, καθώς και τη μεταφορά των φερτών υλών. Η μεταβολή αυτή μπορεί να προκαλέσει διαβρώσεις στο έδαφος και να μεταβάλλει το οικοσύστημα που προϋπήρχε στην περιοχή. Η τεχνητή φραγή των ποταμών αυξάνει το χρόνο παραμονής και τη θερμοκρασία του νερού, μειώνει τη θολερότητα, τροποποιεί τη θερμική στρωματοποίηση και επομένως ενισχύει συνήθως την σε φυσική θέση πρωταρχική παραγωγή, η οποία έχει επιπτώσεις στον άνθρακα και τη θρεπτική ισορροπία {10}, {23}. Η μεταφορά του ιζήματος μέσω της λεκάνης απορροής και κατά μήκος του ποταμίου συστήματος είναι συνεχής {20}. Πχ στην Καλιφόρνια, η κατασκευή του φράγματος Trinity το 1960 μείωσε τη διετή ροή από 450 m<sup>3</sup>/sec σε 9 m<sup>3</sup>/sec με αποτέλεσμα η καταπάτηση της βλάστησης και η απόθεση του ιζήματος να έχουν στενέψει το ποτάμιο κανάλι σε 20%–60% του πρότερου της κατασκευής του φράγματος πλάτους του {29}.

(β) Η δημιουργία του ταμειυτήρα μπορεί να καλύψει αρχαιολογικούς χώρους και χώρους ιστορικής μνήμης, ενώ μπορεί να καλυφθούν χώροι με τοπογραφική, γεωλογική και αισθητική αξία {20}, {5}.

(γ) Η συγκράτηση του υδάτινου όγκου εντός του ταμειυτήρα και οι μεταβολές στη ροή του ποταμού που φράσσεται και της ποσότητας των φερτών υλών εμποδίζουν την αναπαραγωγή των ψαριών και επηρεάζουν αρνητικά την πανίδα της κατάντη περιοχής.

(δ) Η θερμοκρασία του νερού, η περιεκτικότητα σε αλάτι και οξυγόνο μπορεί να μεταβληθεί συνεπεία του σχηματισμού του ταμιευτήρα, κάτι που μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στην πανίδα της περιοχής {17}, {18}, {3}.

(ε) Δημιουργούνται εμπόδια στη διέλευση των ζώων, ενώ προβλήματα προκαλούνται στην «προς τα πάνω» κίνηση των ποτάμιων ψαριών κατά την περίοδο της ωοτοκίας τους, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση του πληθυσμού των ποτάμιων ψαριών {28}. Ακόμη τα ψάρια μπορούν να βλαφθούν περνώντας διαμέσου των υδροφρακτών, των στροβίλων και των αντλιών των μεγάλων φραγμάτων.

Η αποξήρανση των βάλτων και άλλων συσσωρεύσεων ύδατος και οι εργασίες εκσκαφής προκαλούν αλλαγές στις δομές της κοίτης ρευμάτων {12} και έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα ζώα που ζουν εκεί.

(στ) Η εκφόρτιση τοξικών ουσιών (φυτοφάρμακα, τοξικά μέταλλα κλπ) στο ποτάμιο οικοσύστημα και η συμπύκνωσή τους στην τροφική αλυσίδα μπορεί να έχει άμεσες επιπτώσεις σε ευαίσθητα ζώα {2} και ακόμη όλοι οι οργανισμοί που διαβιούν στο οικοσύστημα μπορεί να απειωθούν όταν το υδατορεύμα καταστεί ανίκανο να αυτοανακάμψει από τη ρύπανση.

(ζ) Το υδατικό καθεστώς της περιοχής του φράγματος μπορεί να αλλάξει ως αποτέλεσμα της καταστροφής της φύσης, απροσδόκητες πλημμύρες μπορούν να εμφανιστούν και συνεπώς η βλάστηση και οι φυσικές δομές στις όχθες των ποταμών μπορούν να υποστούν καταστροφές. Η αύξηση στη εξάτμιση του νερού μπορεί να αναμένεται ως αποτέλεσμα της αύξησης της επιφάνειας ύδατος της περιοχής. Μικροκλιματικές αλλαγές μπορεί να παρατηρηθούν συσχετιζόμενες με τις αλλαγές στο ποσοστό της υγρασίας αέρα, της θερμοκρασίας αέρα {17}, {13}, των μετακινήσεων αέρα στη μεγάλη κλίμακα και τις αλλαγές στην τοπογραφία περιοχών που προκαλείται από τη λιμνάζουσα (στάσιμη), μεγάλης κλίμακας μάζας του νερού.

(η) Τα φράγματα σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να προκαλέσουν αυξήσεις στις ασθένειες που οφείλονται στην ύπαρξη στάσιμων νερών, όπως τύφος, τυφοειδής πυρετός, ελονοσία και χολέρα.

### 3 ΒΑΣΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Η συμβολή των φραγμάτων στην εθνική οικονομία είναι μεγάλη και ποικίλη. Εξυπηρετούν την άρδευση, εξασφαλίζουν πόσιμο νερό, βοηθούν στον έλεγχο των πλημμυρών, εξασφαλίζουν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δημιουργούν εστίες αλιείας, βοηθούν τον τουρισμό. Ένα νέο περιβάλλον δημιουργείται από τη λειτουργία του φράγματος, αφού συμβάλλει στην έλευση και την ανάπτυξη μιας άλλης πανίδας στην περιοχή. Τα φράγματα συμβάλλουν όχι μόνο στην οικονομική, αλλά και στην περιφερειακή ανάπτυξη, αφού σε πολλές αναπτυγμένες χώρες, τα φράγματα έχουν παίξει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη των υπανάπτυκτων περιοχών.

Επιχειρείται στη συνέχεια μια συνοπτική ταξινόμηση των ωφελειών που προσδοκούνται και προκαλούνται στις περιφέρειες από την κατασκευή των φραγμάτων {20}, {12}, {17}, {21}, {1}:

(α) Έλεγχος των πλημμυρών, μείωση ή εξάλειψη των καταστροφών που προκαλούν.

(β) Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση της εξάρτησης κάθε περιοχής από την ενέργεια που παράγεται από ρυπογόνες διαδικασίες (πετρέλαιο, λιθάνθρακας, κ.λπ.).

(γ) Πιθανά οφέλη που μπορούν να επέλθουν στην περίπτωση που ο ταμιευτήρας ευνοεί τη δημιουργία «υδάτινων οδών».

(δ) Ύδρευση οικισμών και βελτίωση της δημόσιας υγείας λόγω της χρήσης ελεγχόμενου πόσιμου νερού.

(ε) Αύξηση του παραγόμενου γεωργικού προϊόντος λόγω της δυνατότητας άρδευσης γεωργικών εκτάσεων και αύξηση της παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα.

(στ) Αύξηση του εισοδήματος που προέρχεται από τις ιχθυοκαλλιέργειες που μπορούν να αναπτυχθούν εντός του ταμιευτήρα του φράγματος.

(ζ) Βελτίωση της τουριστικής ελκυστικότητας των περιοχών πέριξ του φράγματος και του ταμιευτήρα του και αύξηση του τουριστικού εισοδήματος.

#### 4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η κύρια υδραυλική επίδραση από την κατασκευή και λειτουργία των φραγμάτων είναι η εκφόρτιση της λεκάνης συλλογής νερού σε μια στάσιμη δεξαμενή (ταμιευτήρα) αντί στη κοίτη ποταμού ή χειμάρρου. Επομένως, μια τέτοια αλλαγή θα αρχίσει κατάντη ενός ρεύματος όπου η κατάντη περιοχή ξεραίνεται μερικώς ή ολικώς και ο ταμιευτήρας αρχίζει να συσσωρεύει νερό. Κατά τη διάρκεια αυτού του προσωρινού ή περιοδικά επαναλαμβανόμενου χρονικού διαστήματος αναπλήρωσης νερού, η υδρολογική ισορροπία της περιοχής μπορεί να καταρρεύσει, να παρατηρηθούν εξαφάνιση ειδών και απότομες δομικές αλλαγές στο υδατικά εξαρτώμενο οικοσύστημα. Η αποσύνθεση της νεκρής χλωρίδας και πανίδας στο νεοερχόμενο σώμα ύδατος επιταχύνεται. Έτσι, οι ανάντη ροές του νερού ρυπαίνονται, χωρίς οξυγόνο στα βαθύτερα μέρη του υδατικού όγκου που βρίσκονται υπό σκοτάδι για μεγάλο χρονικό διάστημα και μυρίζουν συνήθως σαπίλα λόγω της πλούσιας διάθεσης υδρογόνου. Μετά από αυτή τη διαδικασία το ποτάμιο ρεύμα διαμορφώνει ένα νέο και υγιές οικοσύστημα, όμως αυτή η νέα υδατική ισορροπία στο χερσαίο οικοσύστημα και στο θαλάσσιο περιβάλλον στις εκβολές όπου συναντά το ρεύμα τη θάλασσα, δεν έχει την πιθανότητα να αποκτήσει την προηγούμενη οικολογική κατάστασή του.

Το φράγμα του Assuan (ή *Saad el Aali* στα Αραβικά) στην Αίγυπτο, {25}, είναι ένα καλό παράδειγμα για αυτήν την περίπτωση. Το εν λόγω φράγμα ύψους 111 m, με μήκος κορωνίδας 3830 m, με όγκο 44.300.000 m<sup>3</sup>, με ταμιευτήρα σχεδιασμένο να έχει ένα ανώτατο ύψος νερού 183 m από την επιφάνεια της θάλασσας, με συνολική χωρητικότητα ταμιευτήρα 1,6 x 10<sup>11</sup> m<sup>3</sup>, με συνολικό μήκος 500 Km και ένα μέσο πλάτος 12 Km είναι λιθόρριπο (*rock-fill*) κατά μήκος του ποταμού Νείλου, ολοκληρώθηκε το 1970, με κόστος ένα δισεκατομμύριο δολάρια και αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προγράμματα εφαρμοσμένης μηχανικής που εκτελέστηκε μέχρι σήμερα, με μέγεθος 16-17 φορές αυτού της μεγάλης πυραμίδας του Φαραώ στη *Giza* {27}, {25}. Το φράγμα αυτό έχει αλλάξει τα χαρακτηριστικά υδατικής τροφοδοσίας της ανατολικής Μεσογείου και το οικοσύστημα του ποταμού Νείλου.

Οι βασικότερες αλλαγές που έχουν επέλθει στο προαναφερθέν φράγμα και μπορούν να επέλθουν στο υδραυλικό σύστημα κάθε άλλου φράγματος με παρόμοια χαρακτηριστικά αναφέρονται στη συνέχεια:

(α) Η ταχύτητα ροής του ποταμού γίνεται στατική στη κατάντη περιοχή, δεδομένου ότι η στάθμη του νερού στη κοίτη του ποταμού δεν αλλάζει σημαντικά. Επομένως, τα χαρακτηριστικά ενεργειακής ροής τροποποιούν το οικοσύστημα διαβίωσης.

(β) Μπορεί να εμφανιστούν θετικές παραλλαγές ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης διαρροής στα υπόγεια νερά (έχει υπολογιστεί ότι θα είναι δυνατό να παρέχεται νερό για την έρημο Nubian από τον ποταμό, για οικιακούς και γεωργικούς σκοπούς, με τη βοήθεια του νερού που διαρρέει από τη λίμνη Nasser που είναι πέρα από τον ποταμό Νείλο).

(γ) Καθώς ο ταμιευτήρας αποθήκευσης νερού λειτουργεί όπως μια μεγάλη λεκάνη απορροής αποκατάστασης, η θολερότητα στις ρέοντες κατάντη ποσότητες νερού μειώνεται και η διάβρωση γύρω από τη λίμνη ελαττώνεται αργά.

(δ) Μπορούν να παρατηρηθούν αυξήσεις στις απώλειες εξάτμισης λόγω της διεύρυνσης της επιφάνειας ύδατος.

Οι διαφορές στο θερμοκρασιακό καθεστώς του υδάτινου περιβάλλοντος μπορούν να ταξινομηθούν σε: (α) θερμικές μεταβολές που μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τους εποχιακούς θερμικούς στρωματικούς σχηματισμούς κατά βάθος του νερού στα φράγματα και (β) μεταβολές που συμβαίνουν στη θερμοκρασία του νερού μέσα στον ταμιευτήρα, συνδέονται με το βάθος του νερού που είναι σε θέση να διαρρεύσει από τους κατάντη υδατοφράκτες του φράγματος και την ανταλλαγή του νερού με σταθερή θερμοκρασία {17}. Στην περίπτωση που το βάθος των υδατοφρακτών είναι κάτω από τη θερμοκλίνη του ταμιευτήρα ο ποταμός θα συμπεριφερθεί όπως ένας ποταμός ψυχρού κλίματος, από χημική και βιολογική άποψη συνθηκών, δεδομένου ότι το νερό θα είναι πάντα κρύο ακόμη και το καλοκαίρι. Αντίθετα, θα συμπεριφερθεί όπως ένας ποταμός θερμού κλίματος, εάν το ρέον νερό είναι σε θερμοκρασίες του νερού επιφάνειας. Αποτελέσματα παρόμοια με αυτά μπορούν να συνεχίσουν να υφίστανται κατάντη για χιλιόμετρα κατά μήκος του ποταμού.

Σοβαρές αλλαγές εμφανίζονται στα χημικά χαρακτηριστικά του ποτάμιου νερού, παρόμοιες με τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Εξαρτώμενο από το βάθος των ταμιευτήρων, το νερό που εμφανίζει έλλειψη οξυγόνου και περιλαμβάνει ακόμη και θειούχο υδρογόνο μπορεί να υφίσταται στα βαθύτερα μέρη του ποταμού. Όταν το νερό ρέει κατάντη, μπορούν να εμφανιστούν στη κατάντη περιοχή πολύ σημαντικές ζωτικής σημασίας αλλαγές σχετιζόμενες με το βάθος των υδατοφρακτών των φραγμάτων {23}. Τα προϊόντα αποσύνθεσης των οργανικών ουσιών, που συσσωρεύονται στα βαθύτερα μέρη του ποταμού όπου το οξυγόνο είναι σε περιορισμένες ποσότητες, μπορούν να ανέλθουν μέχρι την επιφάνεια συνοδευόμενα από απότομες απελευθερώσεις αερίων. Αυτό οδηγεί σε μια απότομη προσθήκη διαφορετικών χημικών θρεπτικών ουσιών στο βιοσύστημα και επιπροσθέτως σε μια συχνά, κυμαινόμενη ποιότητα νερού. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι το άζωτο στον αέρα διαλύεται σε ακραία επίπεδα κορεσμού στην κατάντη περιοχή του νερού που πέφτει από τους υδατοφράκτες. Με αυτόν τον τρόπο, το νερό που είναι κορεσμένο περίπου 150% στο άζωτο, μπορεί να είναι μοιραίο για τα ποτάμια ψάρια.

## 5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι ταμιευτήρες νερού επιφέρουν φυσικές, χημικές και βιολογικές αλλαγές στο αποθηκευμένο νερό και στα υποκείμενα εδάφη και πετρώματα, τα οποία επηρεάζουν την ποιότητα νερού. Η χημική σύσταση του νερού μέσα σε ένα ταμιευτήρα μπορεί να είναι σημαντικά διαφορετική από αυτήν των εισρέομενων ποσοτήτων νερού. Το μέγεθος του ταμιευτήρα, η θέση του στο ποτάμιο σύστημα, η γεωγραφική θέση του όσον αφορά το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του, ο χρόνος διατήρησης αποθήκευσης του νερού και η υδατική πηγή(ες), επηρεάζουν τον τρόπο που η κράτηση αποθήκευσης τροποποιεί την ποιότητα του νερού.

Σημαντικές βιολογικά-οδηγούμενες αλλαγές εμφανίζονται μέσα στους θερμικά στρωματοποιημένους ταμιευτήρες νερού. Στο επιφανειακό στρώμα, το φυτοπλαγκτόν (*phytoplankton*) πολλαπλασιάζεται συχνά και απελευθερώνει οξυγόνο, διατηρώντας με αυτόν τον τρόπο τις συγκεντρώσεις σε κοντινά επίπεδα κορεσμού για τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Αντίθετα, η έλλειψη μίξης φυτοπλαγκτόν και ηλιακής ακτινοβολίας για εν θερμώ σύνθεση με συνέπηση με το οξυγόνο που χρησιμοποιείται στην αποσύνθεση της υποβρύχιας βιομάζας, μπορούν να οδηγήσουν σε συνθήκες μη οξυγόνωσης ιστών, στο κατώτατο υδατικό στρώμα.

Οι θρεπτικές ουσίες (δηλαδή ο φώσφορος και το άζωτο), απελευθερώνονται βιολογικά και εκπλύνονται από την πλημμυρισμένη βλάστηση και το έδαφος {23}. Αν και η απαίτηση οξυγόνου και τα θρεπτικά επίπεδα μειώνονται γενικά με το πέρασμα του χρόνου, καθώς η οργανική ουσία μειώνεται, μερικοί ταμιευτήρες απαιτούν μια περίοδο περισσότερων από 20 έτη για να αναπτύξουν σταθερά σε ποιότητα υδατικά καθεστώτα, {26}. Κυριότεροι αποδέκτες της ρύπανσης με νιτρικά είναι συνήθως τα αγροτικής χρήσης εδάφη και οι υδατικοί πόροι που επηρεάζονται από αυτά (επιφανειακοί και υπόγειοι), {8}, {9}. Το φαινόμενο της ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων συνδέεται άμεσα με την υποβάθμιση του εδάφους, αφού τα υλικά της διάβρωσης που συσσωρεύονται σε αυτά μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητά τους, {8}, {33}, και κατά ακολουθία να υποβαθμίσουν τη ποιότητα των νερών των ταμιευτήρων των φραγμάτων, που λειτουργούν ως αποδέκτες νιτρικών και διαφόρων άλλων ρυπογόνων ουσιών.

Μετά από την ωρίμανση, οι ταμιευτήρες, όπως οι φυσικές λίμνες, μπορούν να ενεργήσουν ως θρεπτικοί αποδέκτες (οχετοί), ιδιαίτερα για τις θρεπτικές ουσίες που συνδέονται με τα ιζήματα. Ο ευτροφισμός των ταμιευτήρων μπορεί να εμφανιστεί συνεπεία των μεγάλων εισροών της οργανικής φόρτισης ή/και των θρεπτικών ουσιών. Σε πολλές περιπτώσεις αυτές οι εισροές είναι μια συνέπεια των ανθρωπογενών επιρροών στην ποτάμια λεκάνη απορροής (π.χ. χρήση λιπασμάτων, υγρών αποβλήτων κ.λπ.), παρά μια άμεση συνέπεια της παρουσίας των ταμιευτήρων. Ένα τέτοιο διεθνές παράδειγμα, είναι ο ευτροφισμός στο ιδιαίτερα ελεγχόμενο υδατικό σύστημα του ποταμού Waikato στη Νέα Ζηλανδία, που ενισχύθηκε από τις εκφορτίσεις υγρών αποβλήτων και όμβριων υδάτων {4}. Οι θρεπτικοί παλμοί (των εκφορτίσεων), από κοινού με τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, μπορούν να οδηγήσουν εντός του νερού, σε ανθίσεις των γαλαζοπράσινων αλγών (*blue-green algae*), που (εκτός από το να είναι αισθητικά δυσάρεστα)

μπορούν να προκαλέσουν τη μείωση κι εξάντληση του οξυγόνου και τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις του σιδήρου και του μαγγανίου στο κατώτατο υδατικό στρώμα (πέριξ του πυθμένα), καθώς και αυξημένο pH και οξυγόνο στα ανώτερα υδατικά στρώματα των στρωματοποιημένων ταμιευτήρων {30}.

Ειδικότερα, όσο αφορά τα νιτρικά, σύμφωνα με τους Φιλίντα κ.ά. {33}, υπάρχουν δύο κύριες ανησυχίες (προβλήματα) που προκύπτουν από την παρουσία νιτρικών αλάτων στο νερό, οι εξής:

(α) Τα υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων στους ποταμούς και τις λίμνες μπορούν να αυξήσουν την ανάπτυξη φυκών-αλγών, υποβαθμίζοντας το υδροχαρές βίοτοπο των ψαριών και των λοιπών υδρόβιων οργανισμών, καθώς και της άγριας πανίδας. Το άζωτο και ο φώσφορος εμφανίζονται ως οι πρωταρχικοί και κύριοι ρυπαντές σε πολλά υδατικά οικοσυστήματα στις ευρωπαϊκές λεκάνες απορροής, δεδομένου ότι προάγουν την παραγωγή των κυανόφυκων (*blue algae*) και κατά συνέπεια, δημιουργούν προβλήματα στις λίμνες και στα φράγματα, στα μικρόφυτα (*macrophytes*) και τα δινομαστιγοφόρα (*dinoflagellates*), κι επίσης υποβαθμίζουν το περιβάλλον και παρεμποδίζουν τον τουρισμό ή τις υδατοκαλλιέργειες στις παράκτιες περιοχές κ.λπ.. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, η αποδοτικότητα των επενδύσεων σ' ότι αφορά την λήψη αποτρεπτικών μέτρων επί των πιέσεων σε βάρος της γεωργίας και των συναφών πρακτικών, ή επί των δημοτικών και βιομηχανικών λυμάτων, θα πρέπει να αξιολογηθούν και να συγκριθούν.

(β) Τα υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων στο πόσιμο νερό μπορούν να έχουν δυσμενή αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία {8}, {9}.

Η ρύπανση με υδράργυρο και άλλα βαρέα μέταλλα αποτελεί σημαντικό πρόβλημα των ταμιευτήρων σε μερικές χώρες {10}. Ο υδράργυρος είναι φυσικά παρών σε αβλαβή ανόργανη μορφή σε πολλά είδη εδαφών. Εντούτοις, τα βακτηρίδια, διασπούν, αποσυνθέτουν ουσίες κάτω από ένα νέο ταμιευτήρα, μετασχηματίζουν αυτόν τον ανόργανο υδράργυρο σε μεθυλικό υδράργυρο (*methylmercury*), μια τοξίνη του κεντρικού νευρικού συστήματος. Το πλαγκτόν και άλλα έμβια όντα που βρίσκονται στο κατώτατο σημείο της υδρόβιας τροφικής αλυσίδας απορροφούν *methylmercury*. Καθώς ο *methylmercury* περνά επάνω στην τροφική αλυσίδα αυξάνεται όλο και περισσότερο η συγκέντρωσή του στους οργανισμούς των ζώων που τρώνε το μολυσμένο θήραμα {24}. Μέσω αυτής της διαδικασίας της βιοσυσώρευσης, τα επίπεδα *methylmercury* στους ιστούς των μεγάλων βρώσιμων ψαριών ή των πουλιών (που διαβιούν στον ταμιευτήρα του φράγματος) και βρίσκονται στην κορυφή της τροφικής-αλυσίδας μπορούν να είναι αρκετές φορές υψηλότερα, απ' ό,τι στους μικρούς οργανισμούς στο κατώτατο σημείο της αλυσίδας. Ο βαθμός στον οποίο η πανίδα έχει καταστεί τοξική με υδράργυρο έχει αποδειχθεί ότι είναι μεταβλητός {10}. Σε άλλους ταμιευτήρες καμία επίπτωση δεν αναφέρεται {22}. Οι αλλαγές ποιότητας νερού λόγω του ταμιευτήρα αντανακλώνται σε όλη την κατάντη κοίτη του ποτάμιου ρεύματος, έχοντας επιπτώσεις στην αρχική παραγωγικότητα και την ασπόνδυλη πανίδα που παρέχει τη βάση για το σύνολο των τροφικών αλυσίδων.

## 6 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΓΗΙΝΟ ΦΛΟΙΟ

Υπάρχει πιθανότητα να μεταβληθεί το μικροκλίμα της περιοχής του φράγματος, λόγω της δημιουργίας του ταμιευτήρα και των προκαλούμενων μεταβολών στην υγρασία και τη θερμοκρασία. Η δημιουργία στάσιμου υδάτινου όγκου μπορεί να επηρεάσει την κίνηση του αέρα κάτι που εξαρτάται από τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής.

Οι επιπτώσεις στο γήινο φλοιό δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν ως σημαντικές ή ανησυχητικές. Από πολλούς υποστηρίζεται ότι οι ταμιευτήρες μπορούν να προκαλέσουν σεισμούς μικρής κλίμακας, λόγω της ισοστατικής πίεσης που παράγεται με την συσσώρευση νερού {17}, ή να αυξήσουν τη σεισμική δραστηριότητα της περιοχής, εν τούτοις η μεταβολή αυτή δεν έχει τεκμηριωθεί επαρκώς επιστημονικά. Παραταύτα, η πρώτη περίπτωση σεισμικής δραστηριότητας σχετιζόμενη με φράγμα και με την αποθήκευση νερού στον ταμιευτήρα του χρονολογείται από τη δεκαετία του '30 και αφορούσε το φράγμα Boulder (ΗΠΑ), ο ταμιευτήρας του οποίου πληρώθηκε το 1935 {11}.



## 7 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η έρευνα όλο και περισσότερο προτείνει ότι το επίπεδο εσωτερικής ρύθμισης της λειτουργίας στα αγροοικοσυστήματα εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από το επίπεδο της παρούσας φυτικής και ζωικής βιοποικιλότητας. Στα αγροοικοσυστήματα, η βιοποικιλότητα εκτελεί μια ποικιλία οικολογικών υπηρεσιών πέρα από την παραγωγή των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών, της ρύθμισης του μικροκλίματος και των τοπικών υδρολογικών διαδικασιών, της καταστολής των ανεπιθύμητων οργανισμών και της αποτοξίνωσης των επιβλαβών χημικών ουσιών, {34}.

Η βιοποικιλότητα (βιολογική ζωή) του ποταμού αλλάζει γρήγορα στον ταμειυτήρα και στην κατάντη περιοχή, που συνήθως αποτελείται από αγροοικοσυστήματα. Τα μέρη του βιοοικοσυστήματος που επηρεάζονται άμεσα από το φράγμα είναι τα βρεχόμενα μέρη στην ακτή. Κατά τη διάρκεια των εργασιών πλήρωσης του φράγματος, ενώ τα εδάφη παραμένουν κάτω από το νερό, το χερσαίο μέρος της περιοχής μειώνεται. Εντούτοις, τα όρια νερού-εδάφους επεκτείνονται και οι περιοχές με καλλιέργειες, με ζώα ή οικισμούς αλλάζουν. Δασικές και γεωργικές περιοχές μπορούν να βρεθούν κάτω από το νερό. Δεδομένου ότι η στάθμη ύδατος διαφοροποιείται περιοδικά, μερικά είδη αρχίζουν να ζουν κάτω από το νερό κατά διαστήματα, στη ζώνη παλίρροιας. Αυτή η περιοχή μπορεί να αλλάξει σε ελώδη γη ή γη καλαμιώνων εξαρτώμενη από τη δομή του εδάφους. Οι θρεπτικές ουσίες, (φώσφορος, άζωτο κ.λπ.) απελευθερώνονται βιολογικά και διηθούνται από την πλημμυρισμένη βλάστηση και το έδαφος στον υπόγειο υδατικό ορίζοντα και αρκετές φορές επηρεάζουν και τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους.

Αν και η απαίτηση οξυγόνου και τα θρεπτικά επίπεδα μειώνονται γενικά με την παρέλευση του χρόνου, καθώς η οργανική ουσία μειώνεται, μερικοί ταμειυτήρες απαιτούν μια περίοδο περισσότερων από 20 έτη για να αναπτύξουν σταθερά σε ποιότητα υδατικά καθεστάτα, {26}. Οι σχέσεις νερού-εδάφους-θρεπτικών, που ρυθμίζονται μετά από τις πλημμύρες στην κατάντη περιοχή του φράγματος, αλλάζουν σε μια μακριά χρονική περίοδο. Επιπλέον, επιτακτικές αλλαγές εμφανίζονται στη χλωρίδα, την πανίδα και τις γεωργικές παραδόσεις των ανθρώπων στην περιοχή, επίδραση που μπορεί να επεκταθεί για χιλιόμετρα.

## 8 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΥΔΡΟΒΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην αρχή, οι αποσυνθέτοντες οργανισμοί προκαλούν μια αύξηση στις θρεπτικές ουσίες στο νερό σε μια μικρή χρονική περίοδο. Επομένως, η τιμή του BOD (βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο) του νερού αυξάνεται {6}. Μια αναερόβια αποσύνθεση εκτελείται με τη βοήθεια των στάσιμων υδατικών στρωμάτων κατά μήκος του βάθους του ταμειυτήρα, γεγονός που οδηγεί σε μια σκουρόχρωμη λίμνη που μυρίζει άσχημα. Κατόπιν, παρατηρείται μια τεράστια αύξηση στα φυτοπλανκτόν (*phytoplanktons*) που τροφοδοτούνται από την αυξανόμενη ποσότητα των θρεπτικών ουσιών.

Εκτός από τα φυτά που καλύπτουν την επιφάνεια του νερού ως μεγάλα πρασινόμαυρα σώματα, μακροχλωρίδα (*macroflora*) μεγαλώνει στην επιφάνεια του νερού. Αυτά τα γεγονότα μπορούν να είναι επιβλαβή και για την έμβια ζωή της λίμνης (ταμειυτήρα), και επίσης για τους ανθρώπους που αλιεύουν, που κάνουν ένα ταξίδι αναψυχής με βάρκα στη λίμνη και ακόμη και για τους υδροφράκτες των φραγμάτων και τις φτερωτές των αντλιών. Μερικές φορές, η μακροχλωρίδα (*macroflora*) δημιούργησε δράσεις ως μια πηγή φορέας λοιμογόνων ασθενειών. Ξέχωρα, αυτή η αύξηση στον πληθυσμό των φυτών του νερού προκαλεί περισσότερες απώλειες εξάτμισης από ότι κανονικά συμβαίνει από την εξατμισοδιαπνοή.

Το φράγμα είναι ένα πραγματικό εμπόδιο για τα έμβια όντα που κολυμπούν από το ένα άκρο του ποταμού στο άλλο. Η ύπαρξη του φράγματος σημαίνει το θάνατο για τα είδη ψαριών που διαβιούν σε ορισμένες περιόδους της ζωής τους στις πηγές ή στο νερό πλημμυρών και άλλες περιόδους στο δέλτα του ποταμού όπου αυτός ενώνεται με τη θάλασσα. Είναι γνωστό ότι μερικά είδη θαλάσσιων ψαριών έρχονται στο γλυκό νερό και κολυμπούν ανοδικά μέχρι την πηγή προκειμένου να

γεννήσουν τα αυγά τους. Αργότερα, επιστρέφουν στη θάλασσα με τα νεογέννητα νεαρά ψάρια. Ένα φράγμα που θα κατασκευαστεί σε αυτόν τον υδάτινο δρόμο θα διακόψει τον κύκλο ζωής αυτών των πλασμάτων και θα προκαλέσει μαζικούς θανάτους. Έχει προβλεφθεί ότι παρακαμπτήριες ροές νερού (υδάτινοι οδοί) πρέπει να σχεδιάζονται για αυτόν το λόγο.

## 9 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΖΩΗ

Παρά το γεγονός ότι τα φράγματα συμβάλλουν σημαντικά στην εθνική και τοπική ανάπτυξη, δεν είναι εύκολα αποδεκτά για τους ανθρώπους των οποίων οι γεωργικές εκτάσεις, τα σπίτια και το περιβάλλον που ζουν βυθίζονται κάτω από το νερό. Παραδείγματος χάριν, όταν δημιουργήθηκε η λίμνη Volta στην Γκάνα το 1969, αν και εξασφαλίστηκε μια πολύ καλύτερη περιοχή εγκατάστασης των 80.000 κατοίκων της περιοχής σε άλλη γεωγραφική θέση, οι κάτοικοι αρνήθηκαν να εγκαταλείψουν την ευρύτερη περιοχή και κατασκεύασαν τα σπίτια τους σε εκτός σχεδίου περιοχές στις ακτές της νεοσύστατης λίμνης. Μια τέτοια ανεπιτυχή εμπειρία που η αιτία της είναι η κοινωνική-ψυχολογία, μπορεί να αποβεί πολύ επικίνδυνη για τα βιοσυστήματα της περιοχής και για τον ίδιο τον ταμιευτήρα (λίμνη Volta).

Άλλο ένα σημαντικό παράδειγμα των κοινωνικών επιδράσεων των μεγάλων φραγμάτων, αφορά το φράγμα του *Aswan (Aswan High Dam)* {25}, {19}. Η δημιουργία του ταμιευτήρα του φράγματος, τώρα γνωστού ως λίμνη *Nasser* απαίτησε την μετεγκατάσταση περίπου 100000 αιγύπτων αγροτών, σουδανέζων και νουβίων, οι οποίοι έχασαν την πατρική γη τους και διασκορπίστηκαν στα λιγότερο εύφορα εδάφη στην άνω Αίγυπτο και το ανατολικό Σουδάν. Πέραν της κοινωνικής διάστασης του εν λόγω προβλήματος, η δημιουργία του φράγματος προκάλεσε σημαντική απώλεια για τους ιστορικούς και τους αρχαιολόγους παγκοσμίως, δεδομένου ότι ο πολιτισμός των Νουβίων (*Nubian civilization*) είναι ένας από τους παλαιότερους και μέγιστους πολιτισμούς στην Αφρική. Η πλήρωση του ταμιευτήρα *Nasser*, δημιούργησε την τρίτη σε μέγεθος παγκοσμίως τεχνητή λίμνη, αλλά τα μεγάλα μνημεία των Νουβίων και οι ιστορικές περιοχές τους πνίγηκαν στο νερό και χάθηκαν για πάντα, παρά τις φιλόδοξες προσπάθειες διάσωσης από οργανώσεις όπως η ΟΥΝΕΣΚΟ.

Επί πλέον, πρέπει να αναφερθούν αλλαγές στη μορφή οικονομικής ανάπτυξης και στα συστήματα παραγωγής που αρχίζουν πριν από την κατασκευή του φράγματος συμπεριλαμβανομένης της απαλλοτρίωσης της γης, της απασχόλησης εργαζομένων στην κατασκευή και τις μεταφορές. Εργαζόμενοι από την περιοχή κατασκευής του φράγματος συμμετέχουν στην κατασκευή αν και τις περισσότερες φορές οι τεχνικοί και οι εμπειρογνώμονες προέρχονται από άλλα μέρη. Η αύξηση της απασχόλησης στην περιοχή και η οικονομική ανάπτυξη δημιουργεί δευτερογενώς νέα απασχόληση και αυξάνει τις ανάγκες για κατοικίες, εγκαταστάσεις, νέα έργα. Σε πολλές περιπτώσεις, η μεταβολή στην ανάπτυξη της περιοχής είναι σημαντική, ώστε το φράγμα να καθίσταται ένα είδος «συμβόλου» για την περιοχή. Η κοινωνική ζωή γίνεται ενεργή, το εμπόριο παρουσιάζει αύξηση και οι πολιτιστικές δραστηριότητες άνοδο. Επί πλέον, τα φράγματα βελτιώνουν τη ζωή και το επίπεδο αγροτικής παραγωγής στις κατάντη περιοχές λόγω της μείωσης του κινδύνου για πλημμύρες.

## 10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, οι περιβαλλοντικές μεταβολές που προέρχονται από τα φράγματα είναι ποικίλες, και με διαφορετική σημασία ή σπουδαιότητα. Υπάρχει μεγάλη δυσκολία στον καθορισμό και υπολογισμό εκ των προτέρων, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των επιδράσεων στις οικοσυστημικές λειτουργίες, από την κατασκευή των φραγμάτων και ιδιαίτερη δυσκολία στο να καθοριστεί ποιες μεταβολές είναι θετικές και ποιες αρνητικές. Επίσης, υπάρχει δυσκολία στην ποσοτικοποίηση των μεταβολών και την έκφρασή τους σε χρηματικούς ή οικονομικούς όρους,

ώστε να καταστούν συγκρίσιμες μεταξύ τους και η τελική επιλογή για την κατασκευή και τα χαρακτηριστικά του φράγματος να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο μιας ανάλυσης κόστους - οφέλους.

Οι μεταβολές αυτές εξαρτώνται από το είδος, το μέγεθος, τη θέση του φράγματος και του ταμιευτήρα του, τη βιοποικιλότητα και ευαισθησία του οικοσυστήματος ανάντη και κατόντη του φράγματος, ενώ η εκτίμησή τους θα πρέπει να γίνεται χωριστά για κάθε φράγμα και ταμιευτήρα. Από την άλλη πλευρά είναι λάθος να θεωρούνται εξ αρχής οι επιπτώσεις των φραγμάτων αρνητικές στο σύνολό τους. Για τον ορθολογικό σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός τέτοιου έργου έχει σημασία η επιστημονική κατάρτιση και η γνώση του μελετητή κι αξιολογητή, αλλά και η σχέση του με το έργο, η σχετική κρατική και διεθνής εμπειρία και η διεπιστημονικότητα στην προσέγγιση των θετικών και αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και των εφικτών λύσεων, με στόχο την ορθότερη περιβαλλοντική και αειφορική διαχείριση των σχετιζόμενων υδατικών πόρων.

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κάποια κανονιστική ή τυποποιημένη προσέγγιση για να διευθυνσιοδοτηθούν οι επιδράσεις του οικοσυστήματος προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις και θα πρέπει να εξεταστούν σε κάθε περίπτωση χωριστά. Επιπλέον, η αποδοχή των αλλαγών οικοσυστήματος θα ποικίλει με τη φύση των ανθρώπινων κοινωνιών, των πολιτισμών, και των προσδοκιών.

Οι αποφάσεις για σχεδιασμό και κατασκευή των μεγάλων φραγμάτων πρέπει να λαμβάνονται ύστερα από συνεκτίμηση, σύγκριση και αξιολόγηση σε βάθος των δυσμενών επιπτώσεων και των ωφελειών. Ο σχεδιασμός και το μέγεθος του φράγματος πρέπει να εξασφαλίζουν τις ελάχιστες αρνητικές επιπτώσεις και τις μέγιστες θετικές. Οι μεταβολές στο οικοσύστημα, θετικές ή αρνητικές, αποτελούν πλέον βασικό παράγοντα καθορισμού των χαρακτηριστικών κάθε φράγματος και της απόφασης για την κατασκευή του ή όχι. Αυτό όμως δεν μπορεί να αποτελέσει το «άλλοθι» για πολλούς που μεγεθύνουν και υπερτονίζουν τη σημασία κάποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και υποβαθμίζουν την οικονομική σημασία καθώς και τη συμβολή αυτών των έργων στην ανάπτυξη ελλειμματικών σε υδατικούς πόρους περιοχών. Η μελέτη των φραγμάτων, των σχετιζόμενων οικοσυστημικών διεργασιών που επηρεάζουν και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (θετικών και αρνητικών), απαιτεί διεπιστημονικές προσεγγίσεις και συνεργασίες, ρεαλιστική και όχι μυωπική θεώρηση κάποιων θεμάτων.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Biswas, Asit K., 2004. 'Dams: cornucopia or disaster?'. *International Journal of Water Resources Development*, 20:1, 3-14.
2. Bodaly, A.R. and Fudge, P.J.R. 1999. Uptake of Mercury by Fish in an Experimental Boreal Reservoir. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 37, 103-109.
3. Canadian Dam Association, 2000. CDA's frequently asked questions. Canadian Dam Association Web Site, URL: <http://www.cda.ca/cda/main/newlets/fall00/faq.html>.
4. Chapman, M.A. 1996. Human Impacts on the Waikato River System, New Zealand. *Geojournal*, Vol. 40 (1-2): 85-99.
5. Chu, X.Z. and Zhai, K.S. 2006. Interactive comment on "Effects of Three Gorges Reservoir (TGR) water storage in June 2003 on Yangtze River sediment entering the estuary". *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 3, S869-S883, 2006.
6. Duarte, R., Sanchez-Choliz, J. and Bielsa, J., 2002. Water use in the Spanish economy: an input-output approach. *Ecological Economics*, 143, 71- 85.
7. Dynesius, M. and Nilsson, C. 1994. Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in the Northern Third of the World. *Science*, Vol. 266 (11):753-762.
8. Filintas, T.Ag., Christakopoulos, E.P., Stamatis, G., Hatzopoulos, N.J., Retalis, D.An. and Paronis, K.D. 2006. Ground water nitrate pollution from agricultural sources in agriculture-dominated watersheds. *Proc. of the 21<sup>st</sup> European Conference EUC2006 for ESRI users*, Athens, Greece, 6-8 November, pp.14.

9. Filintas, Ag., Dioudis, P., Stamatis, G. and Valmis, S., 2008. Environmental study of water springs pollution in mountain Pilion with the use of GIS techniques, spatial analysis and geostatistics. *Proc. of 8<sup>th</sup> International Hydrogeological Congress*, Athens, Greece, October 8-10, ISBN xxx, pp.15, (forthcoming).
10. Friedl, G. and Wüest, A. 2002. Disrupting biogeochemical cycles - Consequences of damming. *Aquat. Sci.*, 64, 55-65.
11. Goldsmith, E. and Hildyard, N. 1984. *The Social and Environmental Effects of Large Dams*. San Francisco, CA, USA: A Sierra Club Book, 404 pp.
12. Graf, L.W. 1999. Dam nation: A geographic census of American dams and their large-scale hydrologic impacts. *Water Resources Research*, vol. 35, no. 4, pp 1305-1311.
13. ICOLD 1994. *Dams and Environment: Water Quality and Climate*. Paris, 85 pp.
14. ICOLD 1998a. *World Register of Large Dams*. ICOLD, Paris.
15. ICOLD 1988b. *Dams and Environment. Case Histories*. ICOLD Bulletin 65, Paris, 112 pp.
16. ICOLD 1999. Database. <http://genepi.louis-jean.com/cigb/anglais/html>.
17. IEA 2000. *Hydropower and the environment: Present context and guidelines for future action*. International Energy Agency, Technical Reports, Montréal, Canada.
18. International Rivers Network 2001. *Reviving the world's rivers*. International Rivers Network Web Site. URL: <http://www.revirrevival.org/brochure/rprt2.html>.
19. Kim, J. and Sultan, M. 2002. Assessment of the long-term hydrologic impacts of Lake Nasser and related irrigation projects in southwestern Egypt. *Journal of Hydrology*, 262: 68-83.
20. Kondolf, G.M. 1997. Hungry Water: Effects of Dams and Gravel Mining on River Channels. *Environmental Management*, Vol. 21, No. 4, pp. 533-551.
21. Lee, Wei-Jen 2004. *The Environmental Impact of Large Scale Hydroelectric Development: Lessons from Three Gorges*. Energy Systems Research Center, The University of Texas at Arlington.
22. Lucotte, M., Montgomery, S. and Bégin, M. 1999. Mercury dynamics at the flooded soil-water interface in reservoirs of Northern Québec: in situ observations. In: Lucotte, M., Schetagne, R., Thérien, N., Langlois, C. and Tremblay, A., (Editors), 1999. *Mercury in the biogeochemical cycle: natural environments and hydroelectric reservoirs of northern Québec*. *Environmental Science Series*, Springer, Berlin, pp. 165-189.
23. McGinnis, D.F., Bocaniov, S., Teodoru, C., Friedl, G., Lorke, A. and Wüest, A. 2006. Silica retention in the Iron Gate I reservoir on the Danube River: The role of side bays as nutrient sinks. *River Res. Appl.*, 22, 441-456.
24. Paterson, M.J., Rudd, J.W.M. and St. Louis, V.L. 1998. Increases in total and methylmercury in zooplankton following flooding of a peatland reservoir. *Environ. Sci. Technol.*, 32:3868-3874.
25. PBS 2001. *Aswan High Dam*. WOW, WGBH Educational Foundation.
26. Petts, G.E. 1984. *Impounded Rivers*. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd Publishers.
27. Said, R. 1993. *The river Nile: Geology, Hydrology, and Utilization*. Pergamon Press, New York.
28. Stott, R. and Smith, L. 2001. *River recovery Project, restoring rivers and streams through dam decommissioning and modification*. Outdoor Recreation Council of BC, BC, pp. 48.
29. Wilcock, P.R., Kondolf, G.M., Matthews, W.V. and Barta, A.F. 1996. Specification of sediment maintenance flows for a large gravel-bed river. *Water Resources Research*, 32(9):2911-2921.
30. Zakova, Z., Berankova, D., Kockova, E., Kriz, P., Mlejnkova, H. and Lind, O.T. 1993. Investigation of the Development of Biological and Chemical Conditions in the Vir Reservoir 30 Years After Impoundment. *Water Sci. Technol.*, Vol 28 (6): 65-74.
31. Πέτρου, Ν. 2001. Αχελώος. Εκδόσεις ΚΟΑΝ / ΒΙΒΛΙΑ ΤΟΥ ΚΟΣΜΟΥ.
32. Πολύζος, Σ. και Παράσχης, Κ. 2003. Προϋποθέσεις σχεδιασμού και κατασκευής μεγάλων Φραγμάτων: Η Εμπειρία από τα έργα Σμοκόβου και Αχελώου. *Πρακτ. Συνεδρίου: «Διαχείριση Υδάτινων Πόρων και Αειφόρος Ανάπτυξη της Θεσσαλίας»*, Λάρισα Δεκέμβριος.
33. Φιλίντας, Αγ., Χατζόπουλος, Ι. και Πολύζος, Σ. 2008α. Αξιολόγηση της ποιότητας υδατικών επιφανειακών πηγών με χρήση τεχνικών GIS και Γεωστατιστικής. Στο «*Φυσικοί*

- πόροι, Περιβάλλον και Ανάπτυξη*», επιμ. Αραμπατζής, Γ. και Πολύζος, Σ., Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ. 695-728.
34. Φιλίντας, Αγ., Πολύζος, Σ. και Ντιούδης, Π. 2008β. Αγροοικολογικός σχεδιασμός για προστασία εδαφικών και υδατικών πόρων. Στο *«Φυσικοί πόροι, Περιβάλλον και Ανάπτυξη»*, επιμ. Αραμπατζής, Γ. και Πολύζος, Σ., Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ. 667-694.

# Dams, functions of ecosystem and environmental repercussions

Ag.T. Filintas

*C.P.S., Department of Environment, University of the Aegean.*

*Lecturer, Department of Agricultural Engineering and Irrigation, TEI of Larissa.*

Ser.T. Polyzos

*Lecturer, Department of Planning and Regional Development, University of Thessaly.*

**ABSTRACT:** The construction and mainly operation of big dams affect, positively or negatively, the natural ecosystems and the biodiversity. The effects in question constitute also the essential "objection" of the adversaries of the big dams, an issue that has supplied the last years enough discussions about the usefulness or not of these constructions or their total planning, while they constitute cause for the realisation of important investments aiming at the reduction of negative effects. However, despite the reception of measures, the improvements in the programming, planning, construction, operation and management of dams, nowadays remain a widely widespread ecological concern that the big dams lead in important negative environmental repercussions in a wide spectrum of functions of natural ecosystems. This ecological concern is investigated in the present article via analysis of environmental repercussions, ecosystems' functions and international experience's in the planning, construction and rational management of dams.

*Key words:* Dams, dams and environment, dams and biodiversity, basin of dams.