

**Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις**  
9ο εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



# **Ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεγάλων υδραυλικών έργων**

---

**Ανδρέας Ευστρατιάδης, Γεώργιος-Φοίβος Σαργέντης & Νίκος Μαμάσης**

Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ακαδημαϊκό έτος 2019-20

# Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ)

- ❑ Στόχος είναι η εξασφάλιση της **περιβαλλοντικής αδειοδότησης** ενός έργου σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και ο προσδιορισμός ενός **ολοκληρωμένου συστήματος προστασίας του περιβάλλοντος** της περιοχής και η συμβατή ένταξη του έργου στην χωροταξική και περιβαλλοντική δομή και αειφόρο ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής.
- ❑ Συντάσσονται για όλα τα δημόσια και ιδιωτικά έργα των οποίων η κατασκευή και η λειτουργία αναμένεται να έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- ❑ Εφαρμόζονται σε δύο στάδια:
  - Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση & Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ) (προαιρετική)
  - ΜΠΕ (υποχρεωτική)
- ❑ Νόμος 4014/2011 *«Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος»*
- ❑ ΚΥΑ 173829/2014 *«Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το Άρθρο 1 παρ. 4 του Ν. 4014/2011»:*
  - Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε 12 ομάδες
  - Κατάταξη κάθε έργου σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τις επιπτώσεις:
    - ❑ A: Σημαντικές ή πολύ σημαντικές επιπτώσεις (υποκατηγορίες A1 και A2)
    - ❑ B: Τοπικές ή μη σημαντικές επιπτώσεις

# Βασικές προδιαγραφές ΜΠΕ (ΚΥΑ 170225/2014)

---

1. Εισαγωγή
2. Μη τεχνική περίληψη (κατά περίπτωση και στα αγγλικά)
3. Συνοπτική περιγραφή του έργου ή της δραστηριότητας (βασικά στοιχεία σχεδιασμού)
4. Στόχος και σκοπιμότητα – ευρύτερες συσχετίσεις (+ οικονομικά στοιχεία)
5. Συμβατότητα με θεσμοθετημένες χωρικές ή πολεοδομικές δεσμεύσεις
6. Αναλυτική περιγραφή σχεδιασμού (κατασκευή, λειτουργία, αποκατάσταση)
7. Εναλλακτικές λύσεις (+ μηδενική λύση, αξιολόγηση & αιτιολόγηση)
8. Υφιστάμενη κατάσταση φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (περιοχές Natura, υφιστάμενες χρήσεις, αρχαιολογία, άλλες προστατευόμενες περιοχές)
9. Εκτίμηση και αξιολόγηση επιπτώσεων (χλωρίδα, πανίδα, υγρά και στερεά απόβλητα, άλλοι ρύποι, θόρυβος, ακτινοβολία, μορφολογικές αλλοιώσεις, υδατικοί πόροι)
10. Αντιμετώπιση επιπτώσεων (μέτρα σε όλες τις φάσεις του έργου)
11. Περιβαλλοντική διαχείριση και παρακολούθηση
12. Κωδικοποίηση αποτελεσμάτων και προτάσεων για τη σύνταξη ΑΕΠΟ
13. Πρόσθετα στοιχεία (π.χ. εξειδικευμένες μελέτες)
14. Φωτογραφική τεκμηρίωση
15. Χάρτες και σχέδια
16. Παραρτήματα (ανάλογα με τις απαιτήσεις)

# Ολοκλήρωση περιβαλλοντικής αδειοδότησης

- ❑ Η ΜΠΕ δημοσιοποιείται και ολοκληρώνεται η διαδικασία διαβούλευσης επί αυτής και η αρμόδια περιβαλλοντική αρχή συντάσσει την **Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ)** ή την απόφαση απόρριψης.
- ❑ Αν το προτεινόμενο έργο ή δράση βρίσκεται εντός περιοχής Natura 2000, συντάσσεται επιπλέον **Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση (ΕΟΑ)**, που αποτελεί παράρτημα της ΜΠΕ.
- ❑ Ο αρμόδιος για την έκδοση της Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) φορέας διαφέρει ανάλογα με την Κατηγορία/Υποκατηγορία στην οποία ανήκει το έργο:
  - Κατηγορία Α1: Διεύθυνση Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης, Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας
  - Κατηγορία Α2: Αποκεντρωμένη Διοίκηση
- ❑ Προβλέπει συγκεκριμένη διάρκεια ισχύος και διαδικασία ανανέωσης.
- ❑ Περιλαμβάνει αυστηρές και συγκεκριμένες προβλέψεις για την **κατασκευή** και τη **λειτουργία** του έργου, όπως έχουν προκύψει κατά τη διαδικασία εκπόνησης της ΜΠΕ (Κεφάλαιο 7: Όροι, μέτρα και περιορισμοί που πρέπει να λαμβάνονται για την ελαχιστοποίηση και την αντιμετώπιση των δυνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων)
- ❑ Αποτελεί **δεσμευτικό έγγραφο για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου**.
- ❑ Αντικαθίσταται από άλλη αντίστοιχη απόφαση μετά από σχετικό αίτημα (ανανέωσης, τροποποίησης, κλπ).

# Κατάταξη υδραυλικών έργων (ομάδα 2<sup>η</sup>)

1. Φράγματα και αναβαθμοί εντός της κοίτης υδατορευμάτων
2. Έργα ταμίευσης υδάτων
3. Υδροληψίες και εκτροπές νερού από υδατορεύματα
4. Υδροληψίες από λίμνες
5. Υδρομαστεύσεις πηγών
6. Υδρογεωτρήσεις και φρέατα
7. Αγωγοί μεταφοράς νερού
8. Σύστημα ύδρευσης της πρωτεύουσας
9. Αρδευτικά και αποστραγγιστικά έργα
10. Αποξηραντικά έργα
11. Έργα για χρησιμοποίηση ακαλλιέργητης γης για εντατική καλλιέργεια
12. Έργα τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδάτων
13. Έργα πρόληψης και αντιμετώπισης της υφαλμύρινσης των υπόγειων υδάτων
14. Έργα (επανα)πλημμυρισμού εδαφών
15. Αντιπλημμυρικά έργα & έργα διευθέτησης
16. Έργα εκβολής υδατορευμάτων εντός της θάλασσας
17. Έργα εκβολής τάφρων εντός της θάλασσας
18. Αναχώματα πέριξ λιμνών & υγροτόπων
19. Έργα αντιμετώπισης της διάβρωσης
20. Κατασκευές μεμονωμένων προβόλων εντός υδατορευμάτων
21. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας πόσιμου νερού (διυλιστήρια)
22. Επένδυση εδαφών για στεγανοποίηση

**Υδροηλεκτρικά έργα (μικρά, μεγάλα) & υβριδικά έργα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας → Ομάδα 10η: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

# Υδραυλικά έργα υποκατηγορίας A1

- ❑ Φράγματα ύψους  $> 50$  m (ύψος = μέγιστη υψομετρική διαφορά μεταξύ στέψης ή τεχνητού τοιχώματος και του εδάφους αμέσως κατάντη του εξωτερικού πόδα του)
- ❑ Μικτός όγκος ταμιευτήρα στη στάθμη υπερχείλισης  $> 10\,000\,000$  m<sup>3</sup>
- ❑ Μέγιστο ύψος εξωποτάμιου τοιχώματος ταμιευτήρα  $> 20$ m
- ❑ Ετήσια ποσότητα νερού προς απόληψη ή εκτροπή
  - $> 10\,000\,000$  m<sup>3</sup> (υδατορεύματα)
  - $> 3\,000\,000$  m<sup>3</sup> (λίμνες)
  - $> 5\,000\,000$  m<sup>3</sup> (υδρομαστεύσεις πηγών, γεωτρήσεις)
- ❑ Σύνολο αποξηραντικών έργων
- ❑ Αρδευτικά έργα σε έκταση  $> 10\,000$  στρέμματα
- ❑ Αντιπλημμυρικά έργα
  - με έκταση λεκάνης  $100$  km<sup>2</sup>
  - με κάλυψη ανοικτών τμημάτων υδατορεύματος σε συνολικό μήκος  $> 1000$  m
- ❑ Αναχώματα σε μήκος  $> 5000$  m (εκτός περιοχής Natura 2000) ή  $> 2000$  m (εντός Natura)
- ❑ **Δεν ανήκουν στην κατηγορία A1:**
  - κλειστοί αγωγοί μεταφοράς νερού (συμπεριλαμβανομένου και του θερμού) ή αποχέτευσης ακαθάρτων ή ομβρίων, διώρυγες, τάφροι, σήραγγες, κλπ.

# Ειδικές απαιτήσεις ΜΠΕ υδραυλικών έργων

- Κεφάλαιο 4: Τεκμηρίωση αναγκαιότητας χρήσης νερού
- Κεφάλαιο 6 περί αναλυτικής περιγραφής έργων και δράσεων:
  - Έργα υλοποίησης οικολογικής παροχής
  - Ειδικά έργα προστασίας ιχθυοπανίδας (π.χ. ιχθυόδρομοι)
  - Υδατικά ισοζύγια
  - Σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης
  - Μελέτη πλημμυρικού κύματος φράγματος (επισυνάπτεται στο παράρτημα)
- Κεφάλαιο 8 περί υφιστάμενης κατάστασης:
  - Ασφάλεια έργου έναντι δομικής αστοχίας
  - Χλωρίδα, πανίδα και οικότοποι που επηρεάζονται από φράγμα
  - Πληθυσμός, αναπτυξιακά δεδομένα, υδρολογικά δεδομένα
  - Ποιότητα νερού
- Κεφάλαιο 9 περί εκτίμησης και αξιολόγησης ΠΕ:
  - Ακτομηχανικές επιπτώσεις
  - Επιπτώσεις λόγω μείωσης της απορροής και στεροαπορροής
- Κεφάλαιο 10 περί αντιμετώπισης ΠΕ:
  - Προσδιορισμός οικολογικής παροχής, με βάση σχετικά Διαχειριστικά Σχέδια

# Γενικό θεσμικό πλαίσιο υδάτων: Οδηγία 2000/60/ΕΚ

- ❑ Η Οδηγία-Πλαίσιο 60/2000/ΕΚ για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων (αναφέρεται και ως Water Framework Directive, WFD) αποτελεί μια προσπάθεια των κρατών μελών της ΕΕ για την κοινή αναφορά ως προς την κατάσταση των υδάτων της.
- ❑ Διαχειριστική μονάδα: Λεκάνη Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ)
- ❑ Κατηγοριοποίηση υδατικών συστημάτων:
  - Υδάτινο σώμα (ΥΣ): ποτάμιο, μεταβατικό, παράκτιο και υπόγειο
  - Τεχνητό ΥΣ και Ιδιαίτερος Τροποποιημένο ΥΣ
- ❑ Εισάγει σειρά περιβαλλοντικών κριτηρίων που θέτουν στόχους για τα ΥΣ, που είναι:
  - Καλή οικολογική και χημική κατάσταση για τα επιφανειακά ΥΣ
  - Καλή χημική και ποσοτική κατάσταση για τα υπόγεια ΥΣ
- ❑ Η διατήρηση ή επίτευξη της καλής κατάστασης για κάθε ΥΣ ακολουθεί συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα, με βάση τα ακόλουθα κριτήρια αξιολόγησης:
  - **Οικολογική κατάσταση:** Βιολογικές, φυσικοχημικές και υδρομορφολογικές παράμετροι, συγκεκριμένοι – εθνικοί ρύποι
  - **Χημική κατάσταση:** Πρότυπα Περιβαλλοντικής Ποιότητας (άρθρο 16, παρ. 7).
- ❑ Για τα ΙΤΥΣ, αναγνωρίζεται ότι η επίτευξη των στόχων καλής κατάστασης ενδέχεται να επηρεάσει τις ανθρώπινες δραστηριότητες, με ισχυρό αντίκτυπο στην οικονομική και κοινωνική ζωή, επιτρέποντας τις υπό όρους «εξαιρέσεις» (άρθρο 4, παρ. 7).



# Φράγματα & ταμιευτήρες: αναπτυξιακά έργα πολλαπλού σκοπού και πολλαπλών επιπτώσεων

- Εξυπηρέτηση πολλαπλών χρήσεων νερού:
  - Καταναλωτικές χρήσεις (ύδρευση, άρδευση)
  - Παραγωγή Υ/Η ενέργειας (συνήθως ενέργεια αιχμής)
  - Αποθήκευση ενέργειας (υβριδικά συστήματα)
  - Αντιπλημμυρική προστασία (πλήρης συγκράτηση συνήθων πλημμυρών, ανάσχεση μεγάλων πλημμυρών)
  - Έμμεσα οφέλη από τουριστική αξιοποίηση
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον **κύκλο ζωής των φραγμάτων**:
  - Κατά τη φάση κατασκευής του φράγματος και των συνοδών έργων (ως επί το πλείστον αναστρέψιμες)
  - Κατά τη φάση λειτουργίας (εν μέρει αναστρέψιμες)
  - Μετά τη λήξη της ζωής του έργου; (άγνωστο – απουσία διεθνούς εμπειρίας)
  - Σε περίπτωση αστοχίας του έργου (εξαιρετικά σπάνιο γεγονός, αλλά με μείζονες δυνητικές επιπτώσεις)



**Ταμιευτήρας Πλαστήρα:** ύδρευση, άρδευση, Υ/Η ενέργεια, τουρισμός



**Ταμιευτήρας Μόρνου:** ύδρευση



**Ταμιευτήρας Πολυφύτου:** ύδρευση, άρδευση, Υ/Η ενέργεια, ψύξη ΑΗΣ

# ΠΕ φραγμάτων: Αλλοιώσεις κατά την κατασκευή

- Έργο πολύ μεγάλης κλίμακας, μεγάλες αλλοιώσεις στο ανάγλυφο:
  - Προσωρινή εκτροπή ποταμού
  - Εκσκαφές
  - Υλικά κατασκευής (ανάλογα με τον τύπο του φράγματος)
  - Εργοτάξια
  - Μονάδες παραγωγής σκυροδέματος
  - Προσπελάσεις – διάνοιξη δρόμων για μεταφορά υλικών και διέλευση πολύ μεγάλων οχημάτων
  - Έντονες οχλήσεις (θόρυβος, σκόνη)
- Μετριασμός - αποκατάσταση
  - Χρήση υλικών κατά προτεραιότητα από την περιοχή κατάκλυσης
  - Αποκατάσταση λατομείων
  - Ανάπτυξη οδικού δικτύου (σε κατά κανόνα ορεινές δύσβατες περιοχές)



# ΠΕ φραγμάτων: Μετατροπή ποτάμιου υδατικού συστήματος σε λιμναίο

- Ανάντη του φράγματος δημιουργείται ταμιευτήρας με **μεγάλο βάθος** και κατά κανόνα **μεγάλες διακυμάνσεις της στάθμης** (αντίθετα με τις φυσικές λίμνες).
- Αλλαγές στην ταχύτητα (στάσιμο νερό vs. τρεχούμενο)
- Αλλαγές στη **θερμοκρασία** του νερού:
  - Μικρότερες εποχιακές διακυμάνσεις
  - Διαμόρφωση ζωνών πολύ υψηλής (επιφάνεια) και πολύ χαμηλής (πυθμένας) θερμοκρασίας
  - Εκροή νερού χαμηλής θερμοκρασίας
- Υποβάθμιση χημικής κατάστασης:
  - **Μειωμένη συγκέντρωση DO**, λόγω της παρουσίας υψηλού οργανικού φορτίου
  - **Ευτροφισμός**, λόγω της σήψης των δένδρων που παρέμειναν εντός της λεκάνης κατάκλυσης (π.χ., ταμιευτήρας Πλαστήρα)
  - **Αντιμετώπιση: πλήρης αποξήλωση χλωρίδας** στην περιοχή που πρόκειται να κατακλυστεί

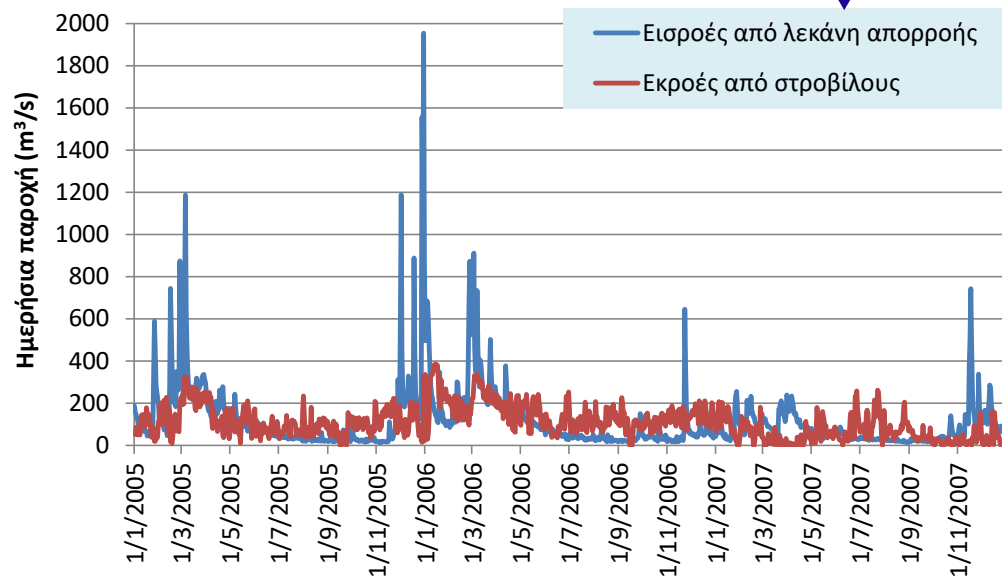
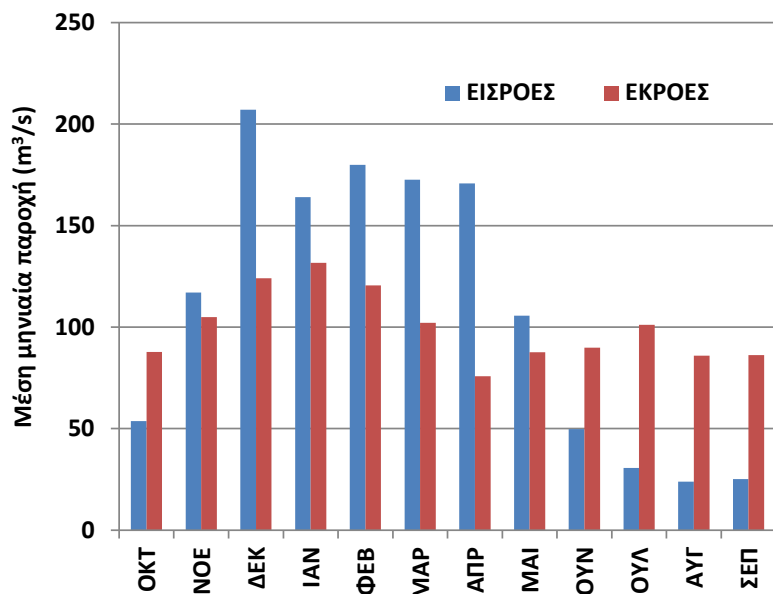
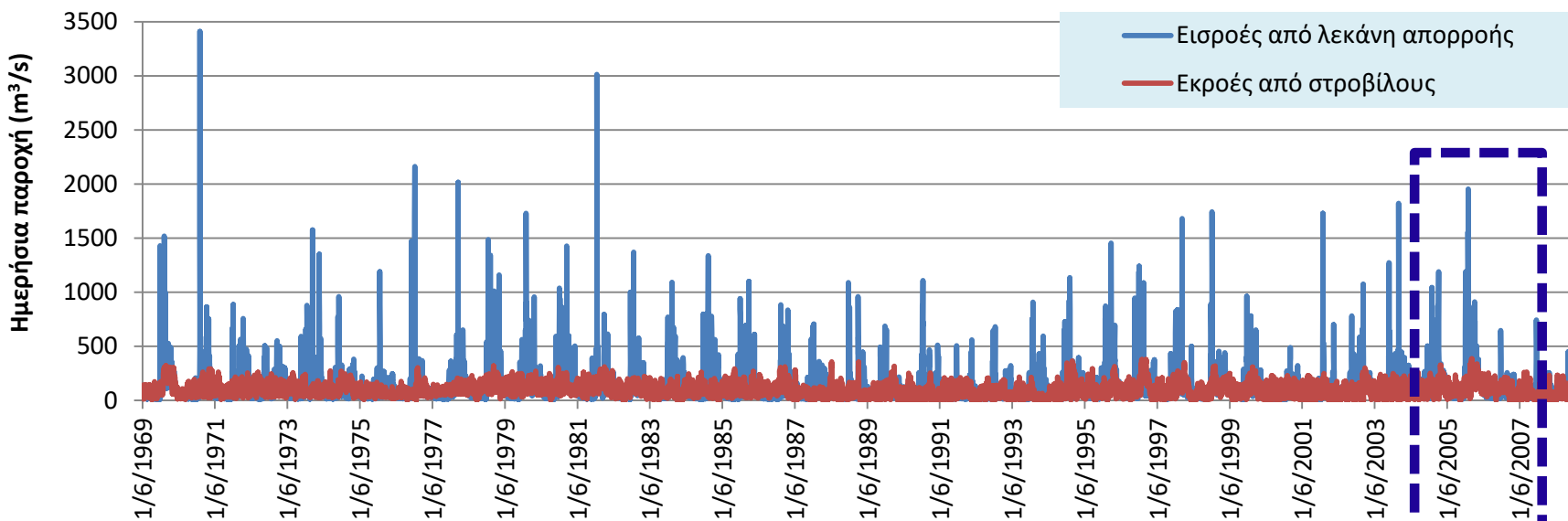
Η γέφυρα Στενού στον Μόρνο, πριν από την κατασκευή του φράγματος



# ΠΕ φραγμάτων: Αλλαγή στο καθεστώς της ροής

- Η δημιουργία ταμιευτήρα αποσκοπεί στην **αναρρύθμιση της φυσικής ροής του ποταμού**, ώστε να εξυπηρετούνται οι προβλεπόμενες **χρήσεις νερού**, καταναλωτικές και μη, με υψηλή **αξιοπιστία** (σχέση χωρητικότητας-ζήτησης-αξιοπιστίας).
- Οι αλλαγές στην υδρολογική δίαιτα αφορούν:
  - στον διαφορετικό χρονισμό των εκροών σε σχέση με τις εισροές (υψηλές ζητήσεις την ξηρή περίοδο, περιοδικές εκροές νερού στα μεγάλα Υ/Η έργα - **hydropeaking**)
  - στην μείωση της διαθέσιμης ποσότητας νερού κατάντη (απολήψεις)
- Η μορφή και βαρύτητα των επιπτώσεων εξαρτάται από τον **τύπο του έργου**:
  - Έργα **μηδενικής ή πολύ μικρής χωρητικότητας**, που δεν διαταράσσουν το φυσικό καθεστώς ροής (π.χ. φράγματα ημερήσιας ρύθμισης, ΜΥΗΕ)
  - Έργα **χρονικής αναρρύθμισης** της απορροής (π.χ. αντιπλημμυρικά, μεγάλα ΥΗΕ)
  - Έργα **μερικής εκτροπής**, στα οποία απάγεται μέρος της απορροής, ενώ το υπόλοιπο επιστρέφει κατάντη (συνήθως ΥΗΕ που εξυπηρετούν και άλλες χρήσεις)
  - Έργα **προσωρινής εκτροπής**, π.χ. ΥΗΣ σε μεγάλη απόσταση από το φράγμα, ΜΥΗΕ
  - Έργα **πλήρους εκτροπής**, που απάγουν το σύνολο της απορροής για χρήσεις εκτός της κατάντη κοίτης (δεν υπάρχει δυνατότητα ελεγχόμενης εκροής, παρά μόνο μη ελεγχόμενη διοχέτευση πλεονάζοντος νερού μέσω του υπερχειλιστή)
- **Αντιμετώπιση**: οικολογική παροχή, τεχνητές πλημμύρες (αλλά με **επιπτώσεις στην αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού**)

# Παράδειγμα αναρρύθμισης ροής: Κρεμαστά



# Διάκριση τύπων ροής και οικολογική τους σημασία

- ❑ **Χαμηλές ροές:** Τα εποχιακά επίπεδα της βασικής ροής καθορίζουν το διαθέσιμο υδατικό ενδιαίτημα για το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου, που επιδρά δραστικά στη βιοποικιλότητα και το πλήθος των οργανισμών που μπορούν να ζήσουν στο ποτάμι.
- ❑ **Ακραία χαμηλές ροές** (σε περιόδους ξηρασίας): Αν και δημιουργούν ισχυρή πίεση στους περισσότερους οργανισμούς, παρέχουν τις αναγκαίες συνθήκες διαβίωσης σε ορισμένα είδη, χάρη στην αποστράγγιση των χαμηλών πεδινών περιοχών που επιτρέπει την αναγέννηση συγκεκριμένων τύπων χλωρίδας.
- ❑ **Παλμοί υψηλών ροών** (άνοδος στάθμης όχι πέραν της συνήθους κοίτης): Παρέχουν σε ψάρια και άλλα ευκίνητα πλάσματα αυξημένη πρόσβαση σε ανάντη περιοχές, και διανέμουν πολύτιμες θρεπτικές ουσίες από οργανικά υλικά ή άλλες τροφές που ενισχύουν τη διαθέσιμη τροφή για τα υδατικά οικοσυστήματα.
- ❑ **Μικρές πλημμύρες:** Τα ψάρια και άλλοι οργανισμοί μπορούν να μετακινηθούν ανάντη και κατάντη της ροής, καθώς και πλευρικά (σε πλημμυροπεδιάδες και πλημμυρισμένα έλη), και μπορούν ακόμη να προσεγγίσουν επιπρόσθετα ενδιαιτήματα, όπως δευτερεύοντα ρέματα, στάσιμα νερά, βάλτους και ρηχές πλημμυρισμένες εκτάσεις.
- ❑ **Μεγάλες πλημμύρες:** Αναδιαμορφώνουν, μέσω της μεταφοράς σημαντικών ποσοτήτων φερτών υλών, την φυσική και βιολογική δομή του ποταμού και των πλημμυροπεδιάδων, και είναι επίσης αναγκαίες για τη διαμόρφωση καθοριστικών ενδιαιτημάτων, όπως μαίανδροι, νησίδες και βαλτότοποι.

# Ποσοτικοποίηση επιπτώσεων φραγμάτων στο καθεστώς της ροής: Ανάλυση εύρους μεταβλητότητας (Range of Variability Analysis, RVA)

---

- ❑ Η μέθοδος RVA χρησιμοποιεί τους λεγόμενους **δείκτες υδρολογικής τροποποίησης** (Indicators of Hydrologic Alteration) για την αποτίμηση του βαθμού τροποποίησης των υδάτινων σωμάτων (ποταμοί και λίμνες) εξαιτίας των ανθρωπογενών επεμβάσεων.
- ❑ Οι σχετικοί δείκτες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:
  - 33 στατιστικές παράμετροι του καθεστώτος ροής (μέσες μηνιαίες παροχές, ποσοτικά και χρονικά μεγέθη ακραίων ροών, συχνότητα και διάρκεια υψηλών και χαμηλών παλμών, ρυθμός και συχνότητα αλλαγών του καθεστώτος ροής).
  - 34 παράμετροι για το χαρακτηρισμό των τύπων ροής, που καλούνται **συνιστώσες περιβαλλοντικών ροών** (Environmental Flow Components, EFC).
- ❑ Η μέθοδος αξιοποιείται και στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών ροών. Ωστόσο, το πλήθος των δεικτών IHA μπορεί να περιοριστεί, διατηρώντας το υποσύνολο των απολύτως αναγκαίων (π.χ. Μεγάλη Βρετανία: UK TAG, 2008· Acreman *et al.*, 2009).
- ❑ Βιβλιογραφία: Richter *et al.*, 1996, 1997, 1998· Poff *et al.*, 1997· Olden and Poff, 2003
- ❑ Λογισμικό (ελεύθερο): <http://www.conservationgateway.org>

# Οικολογική ερμηνεία δεικτών ΙΗΑ

Ομάδα δεικτών - στατιστική ερμηνεία	Επιδράσεις στο οικοσύστημα
<p><b>Μηνιαία ποσοτικά μεγέθη απορροής (12 δείκτες)</b> Μέση μηνιαία παροχή (ή διάμεσος)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαθεσιμότητα ενδαιτημάτων για υδρόβιους οργανισμούς</li> <li>• Διαθεσιμότητα υγρασίας για παρόχθια βλάστηση</li> <li>• Διαθεσιμότητα και αξιοπιστία πόσιμου νερού για την πανίδα</li> <li>• Διαθεσιμότητα τροφής για γουνοφόρα θηλαστικά</li> <li>• Πρόσβαση αρπαχτικών σε φωλιές</li> <li>• Επίδραση στη θερμοκρασία του νερού, τα επίπεδα οξυγόνου και τη φωτοσύνθεση</li> </ul>
<p><b>Ποσοτικά μεγέθη και διάρκεια ακραίων ροών (12 δείκτες)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελάχιστη παροχή (κινούμενοι μέσοι όροι) σε χρονικές κλίμακες 1, 3, 7, 30 και 90 ημερών</li> <li>• Μέγιστη παροχή (κινούμενοι μέσοι όροι) σε χρονικές κλίμακες 1, 3, 7, 30 και 90 ημερών</li> <li>• Πλήθος ημερών με μηδενική ροή</li> <li>• Δείκτης βασικής ροής (ελάχιστη παροχή 7 ημερών προς μέση ετήσια παροχή)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ισοζύγιο ανταγωνιστικών, χερσαίων και ανθεκτικών σε συνθήκες πίεσης οργανισμών</li> <li>• Δημιουργία θέσεων αποικίας φυτών</li> <li>• Διαμόρφωση υδατικών οικοσυστημάτων μέσω βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων</li> <li>• Διαμόρφωση μορφολογίας ποταμών και φυσικών συνθηκών για ενδαιτήματα</li> <li>• Καταστάσεις πίεσης στα φυτά λόγω ανεπρακούς διαθεσιμότητας υγρασίας</li> <li>• Αφυδάτωση ζώων</li> <li>• Καταστάσεις πίεσης στα φυτά λόγω αναερόβιων συνθηκών</li> <li>• Ανταλλαγές θρεπτικών μεταξύ ποταμού και πλημμυροπεδιάδας</li> <li>• Διάρκεια εντατικών καταστάσεων σχετικών με χαμηλή περιεκτικότητα οξυγόνου και συγκεντρώσεις χημικών στο υδατικό περιβάλλον</li> <li>• Κατανομή κοινοτήτων χλωρίδας σε λίμνες, τέλματα και πλημμυροπεδιάδες</li> <li>• Διάρκεια υψηλών ροών για απόθεση αποβλήτων και αερισμό των περιοχών ωοτοκίας στον πυθμένα</li> </ul>
<p><b>Χρόνος πραγματοποίησης ακραίων τιμών (2 δείκτες)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ημέρες εμφάνισης μέγιστης και ελάχιστης ημερήσιας παροχής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συμβατότητα με τους κύκλους ζωής των οργανισμών</li> <li>• Προβλεψιμότητα/αποφυγή συνθηκών πίεσης για τους οργανισμούς</li> <li>• Πρόσβαση σε ειδικά ενδαιτήματα κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής ή την αποφυγή θήρεσης</li> <li>• Ορόσημα για την αναπαραγωγή των αποδημητικών ψαριών</li> </ul>



# Οικολογική ερμηνεία δεικτών ΙΗΑ (συνέχεια)

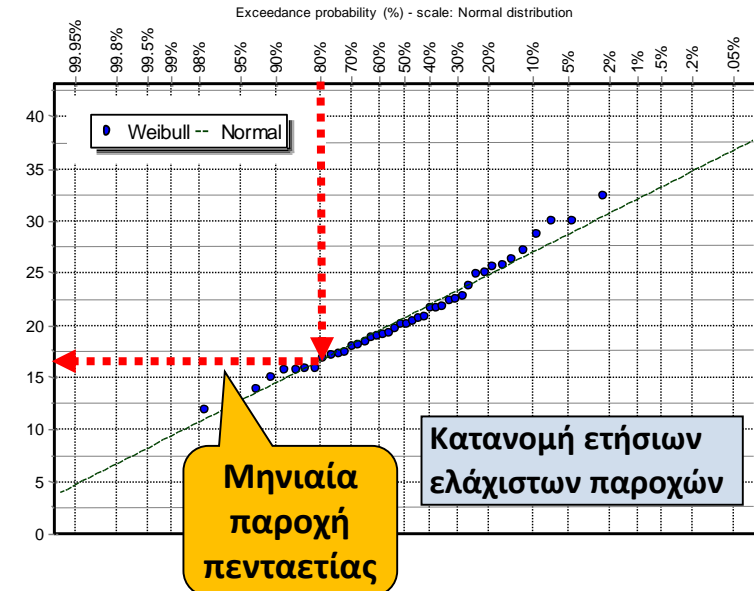
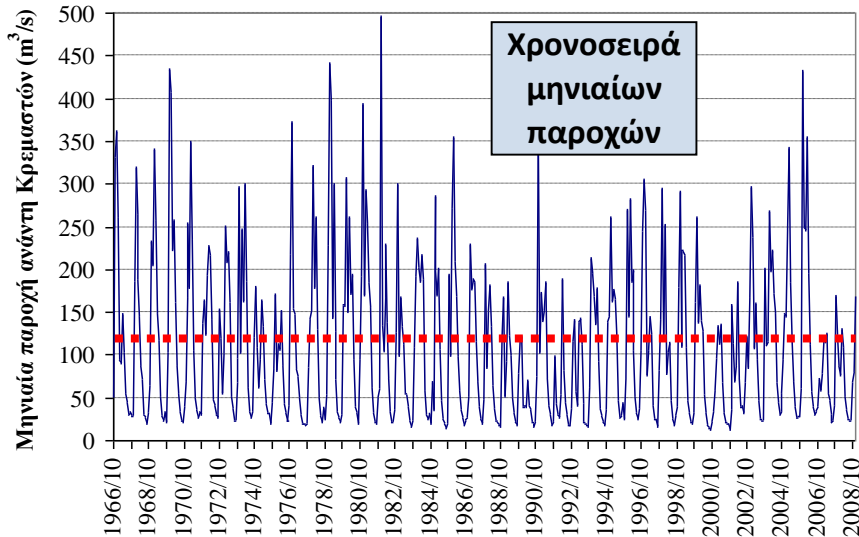
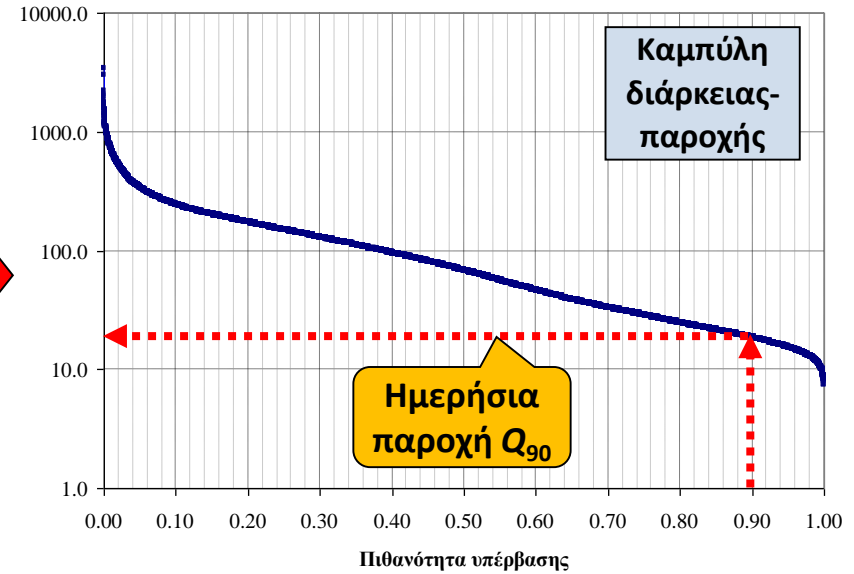
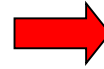
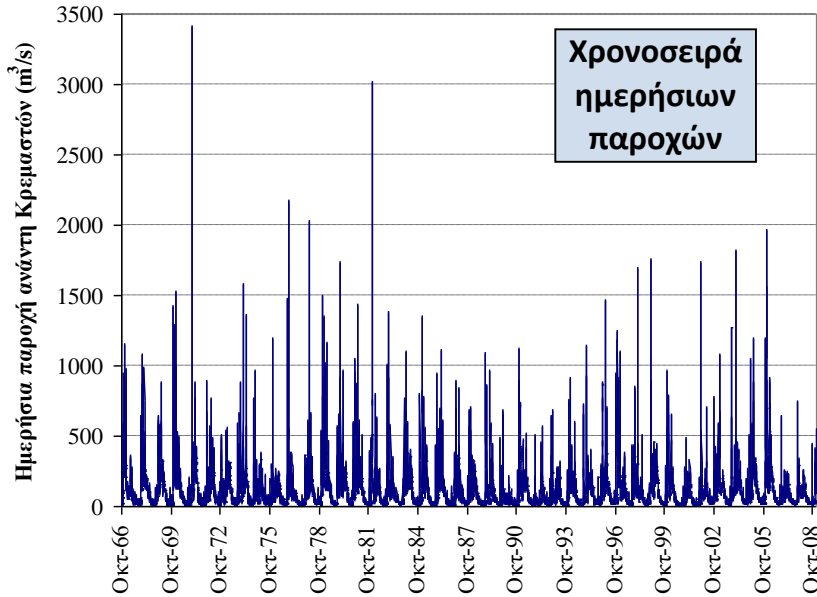
Ομάδα δεικτών - στατιστική ερμηνεία	Επιδράσεις στο οικοσύστημα
<b>Συχνότητα και διάρκεια χαμηλών και υψηλών παλμών (4 δείκτες)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Πλήθος χαμηλών παλμών στη διάρκεια του υδρολογικού έτους</li><li>• Μέση ή διάμεσος διάρκεια χαμηλών παλμών (ημέρες)</li><li>• Πλήθος υψηλών παλμών στη διάρκεια του υδρολογικού έτους</li><li>• Μέση ή διάμεσος διάρκεια υψηλών παλμών (ημέρες)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Συχνότητα και μέγεθος εντατικών καταστάσεων λόγω της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας για τα φυτά</li><li>• Συχνότητα και μέγεθος εντατικών καταστάσεων λόγω αναερόβιων συνθηκών για τα φυτά</li><li>• Διαθεσιμότητα ενδιαιτημάτων σε πλημμυροπεδιάδες για τους υδρόβιους οργανισμούς</li><li>• Ανταλλαγές θρεπτικών και οργανικού υλικού μεταξύ ποταμού και πλημμυροπεδιάδας</li><li>• Διαθεσιμότητα μεταλλικών ουσιών εδάφους</li><li>• Πρόσβαση πουλιών σε τροφή, ανάπαυση και θέσεις αναπαραγωγής</li><li>• Επίδραση στη στερεομεταφορά στην κοίτη και το ποτάμι, και διάρκεια διαταραχών στο υπόστρωμα (υψηλοί παλμοί)</li></ul>
<b>Ρυθμός και συχνότητα αλλαγών στις συνθήκες ροής (3 δείκτες)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ρυθμός ανόδου (μέση ή διάμεσος τιμή θετικών διαφορών μεταξύ διαδοχικών τιμών ημερήσιων παροχών, <math>m^3/s/d</math>)</li><li>• Ρυθμός πτώσης (μέση ή διάμεσος τιμή αρνητικών διαφορών μεταξύ διαδοχικών τιμών ημερήσιων παροχών, <math>m^3/s/d</math>)</li><li>• Πλήθος υδρολογικών αντιστροφών</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Πιέσεις στα φυτά λόγω ξηρασίας (επίπεδα πτώσης)</li><li>• Παγίδευση οργανισμών σε νησίδες και πλημμυροπεδιάδες (επίπεδα ανόδου)</li><li>• Ένταση οργανισμών χαμηλής κινητικότητας λόγω αποξήρανσης</li></ul>

**Πηγή:** The Nature Conservancy (2009), μετά από προσαρμογή

# Εκτίμηση οικολογικής παροχής κατάντη φραγμάτων

- Η **οικολογική παροχή** (αναφέρεται και ως **παροχή περιβαλλοντικής διατήρησης** ή **ελάχιστη διατηρητέα παροχή**) είναι βασική συνιστώσα των περιβαλλοντικών μέτρων λειτουργίας ταμιευτήρων, και ορίζεται ως η διατήρηση μιας ελάχιστης συνεχούς ροής κατάντη του φράγματος (σταθερής ή εποχιακά μεταβαλλόμενης).
- Οι μέθοδοι εκτίμησης εντάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες:
  - **Υδρολογικές:** Χρησιμοποιούν υδρολογικά δεδομένα (χρονοσειρές παροχής, σε διάφορες χρονικές κλίμακες), με το σκεπτικό ότι η παροχή αποτελεί την ουσιώδη πληροφορία που επηρεάζει όλες τις ποτάμιες διεργασίες.
  - **Υδραυλικές:** Χρησιμοποιούν υδραυλικά, μορφολογικά και γεωμετρικά μεγέθη σε κρίσιμες διατομές κατά μήκος του ποτάμιου συστήματος, που θεωρείται ότι σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα ενδιαιτημάτων τυπικών ειδών.
  - **Προσομοίωσης ενδιαιτημάτων:** Χρησιμοποιούν μοντέλα που αναπαριστούν τη συμπεριφορά επιλεγμένων ποτάμιων οργανισμών (συνήθως κάποιων τυπικών ειδών ψαριών), για διάφορες συνθήκες ροής.
  - **Ολιστικές:** Συνδυάζουν πολλαπλές πηγές δεδομένων και διεπιστημονικές προσεγγίσεις για την κατάρτιση βιώσιμων διαχειριστικών πολιτικών.
- Στην παραδοσιακή προσέγγιση, ως οικολογική παροχή νοείται μια σταθερή ροή. Η σύγχρονες πρακτικές επιβάλλουν την διαχέτευση **εποχιακά μεταβαλλόμενων ροών**, που προσομοιάζουν το φυσικό υδρολογικό καθεστώς.

# Παράδειγμα εφαρμογής υδρολογικών μεθόδων



# Υλοποίηση περιορισμών οικολογικής παροχής

- Η οικολογική παροχή εισάγει περιορισμούς στη λειτουργία των ταμιευτήρων:
  - μειώνει το **απολήψιμο δυναμικό** τους, καθώς μέρος του αποθηκευμένου όγκου δεσμεύεται για περιβαλλοντική χρήση
  - επιβάλλει διαφορετικό **χρονοδιάγραμμα εκροών** σε σχέση με τον αυτό που επιβάλλουν οι συμβατικές χρήσεις νερού (π.χ. υδροηλεκτρική παραγωγή)
- Η υλοποίηση της οικολογικής παροχής περιλαμβάνει δύο στάδια:
  - την εκτίμηση των «θεωρητικών» αναγκών των οικοσυστημάτων (περιβαλλοντικές ροές), σε όρους ποσότητας, ποιότητας και χρονικής διαθεσιμότητας της ροής·
  - την προσαρμογή της λειτουργίας των ταμιευτήρων, ώστε να ικανοποιούνται οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις, υπό τους υφιστάμενους τεχνικούς, διαχειριστικούς (χρήσεις νερού) και άλλους περιορισμούς.
- Τρόποι υλοποίησης οικολογικής παροχής:
  - Μέσω ανεξάρτητης υδροληψίας, που μπορούν να συνδυαστούν με μικρά υδροηλεκτρικά έργα στον πόδα του φράγματος (σε παλιά έργα, κατά περίπτωση μπορεί να αξιοποιηθούν υπάρχουσες υποδομές, π.χ. εκκενωτής πυθμένα)
  - Με κατασκευή **μικρού αναρρυθμιστικού ταμιευτήρα** κατάντη του κύριου έργου (πλεονέκτημα: δεν επηρεάζεται ο προγραμματισμός των εκροών)

# ΠΕ φραγμάτων: Διακοπή συνέχειας ποταμού (river connectivity) από φράγματα και εκτροπές σε σειρά



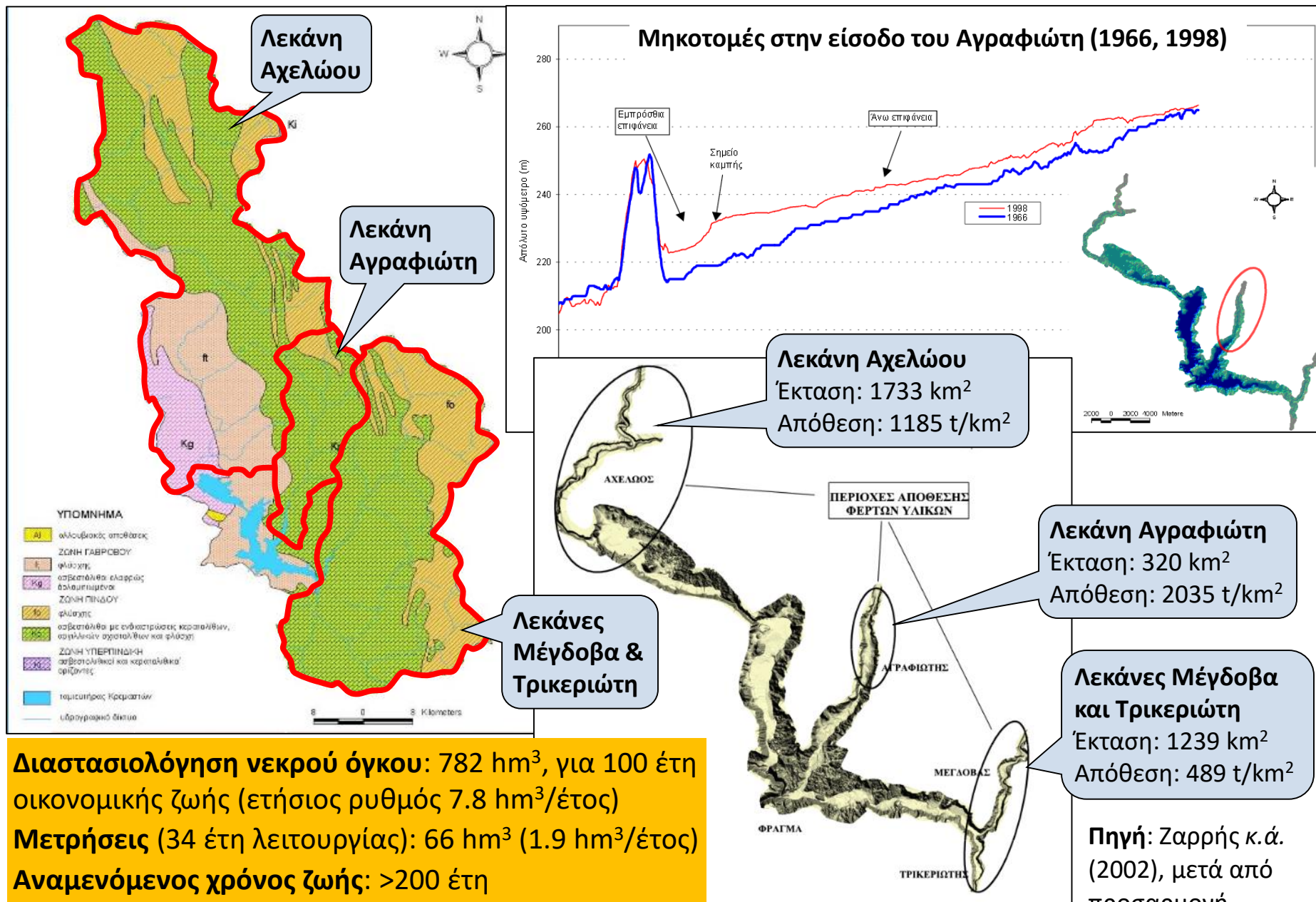
- Η κατασκευή φραγμάτων σε σειρά έχει πολλαπλά τεχνικά πλεονεκτήματα, όπως:
  - αποθήκευση πλεοναζόντων υδάτων και υπερχειλίσεων σε κατάντη ταμιευτήρες (ή και ανάντη, μέσω άντλησης)
  - αξιοποίηση διαδοχικών υδατοπτώσεων
  - δραστική ανάσχεση πλημμυρών
  - δραστική ανάσχεση στερεοαπορροής (συγκράτηση στον ανάντη ταμιευτήρα)
- Προφανής η όξυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε όλες τις πτυχές τους, ιδιαίτερα όταν τα έργα αναπτύσσονται σε μικρή απόσταση.
- Αμφισβητείται πλέον η σκοπιμότητα κατασκευής πολλών «μικρών» και «φιλοπεριβαλλοντικών» έργων σε σειρά έναντι ενός «μεγάλου».

# ΠΕ φραγμάτων: Γεωμορφολογικές αλλαγές

- Άμεσες αλλαγές στην τοπική γεωμορφολογία (φράγμα, ταμιευτήρας)
- Αύξηση **σεισμικότητας** και **κατολισθήσεων** (ανύψωση υδροφόρου ορίζοντα → αύξηση τάσης πόρων → αστάθεια στα πρανή)
- Μακροπρόθεσμες αλλαγές στη γεωμορφολογία του κατάντη ποτάμιου συστήματος:
  - Λόγω **συγκράτησης των φερτών** στον ταμιευτήρα (μείωση στερεοαπορροής)
  - Λόγω διαφοροποίησης της υδρολογικής δίαιτας (παροχές, ταχύτητες) που κινούν τις διεργασίες **μεταφοράς και απόθεσης ιζημάτων**
  - Επιπτώσεις στη χλωρίδα και πανίδα (ενδιαιτήματα), πιο δυσμενείς στις ευαίσθητες ζώνες (παρόχθια οικοσυστήματα, νησίδες, εκβολές)
- **(Μερική) αντιμετώπιση**: περιοδική (ορισμένες φορές στη ζωή του έργου) και προσεκτικά προγραμματισμένη εκροή πολύ μεγάλων παροχών (**τεχνητές πλημμύρες**).
- Basic Flow Method, δύο τύποι τεχνητών πλημμυρών:
  - ροή πλήρωσης (bankfull flow), που υποδηλώνει την κυρίαρχη ροή σε συνθήκες δυναμικής ισορροπίας και εκτιμάται ως η πλημμυρική παροχή 1.5 ως 2.5 ετών
  - μέγιστη ροή (maximum flow), που εκτιμάται ως η πλημμυρική παροχή περιόδου επαναφοράς 25 ετών



# Παράδειγμα: Αποθέσεις φερτών στα Κρεμαστά



**Διαστασιολόγηση νεκρού όγκου:** 782 hm<sup>3</sup>, για 100 έτη οικονομικής ζωής (ετήσιος ρυθμός 7.8 hm<sup>3</sup>/έτος)  
**Μετρήσεις (34 έτη λειτουργίας):** 66 hm<sup>3</sup> (1.9 hm<sup>3</sup>/έτος)  
**Αναμενόμενος χρόνος ζωής:** >200 έτη

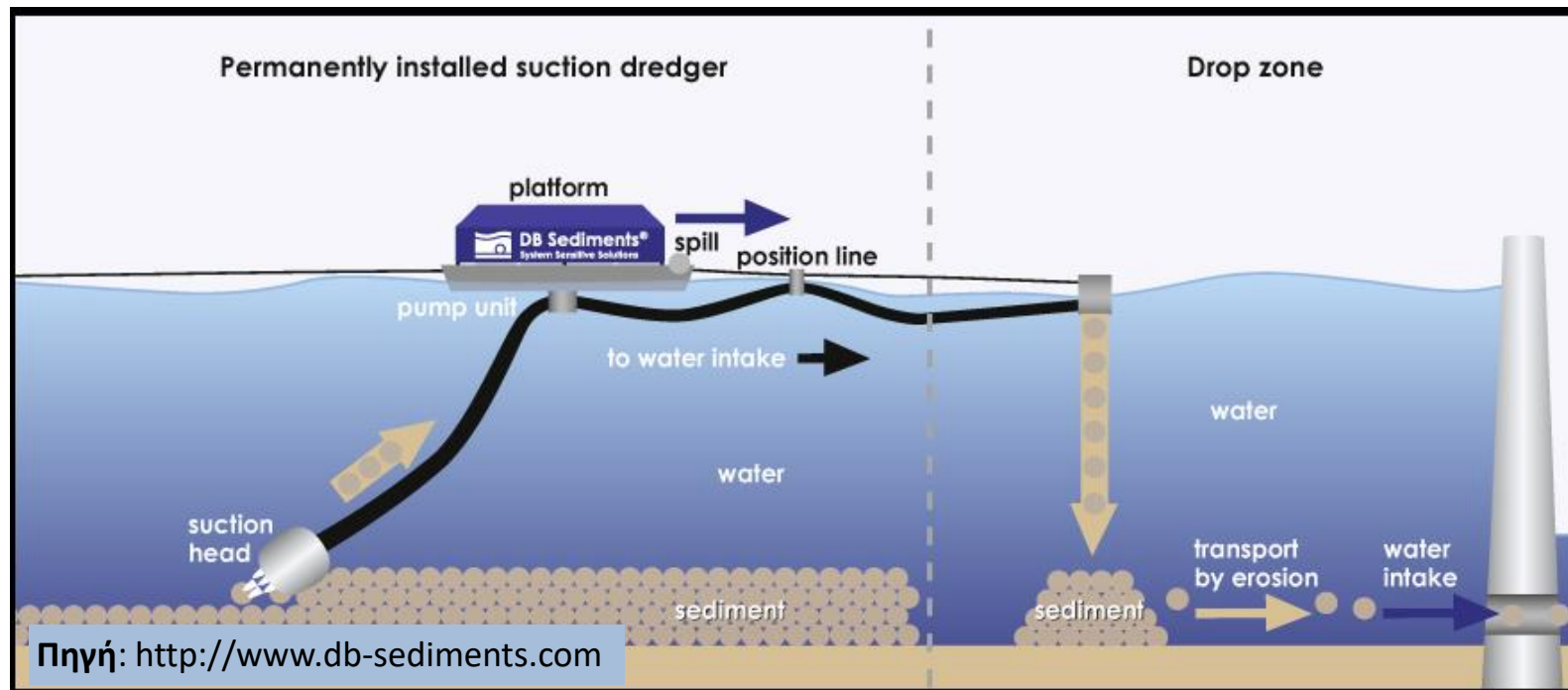
# Διαχείριση φερτών σε φράγματα

---

- Η διαχείριση των φερτών επιτυγχάνεται με τους εξής τρόπους:
  - Μείωση της εισροής φερτών στους ταμιευτήρες (διαχείριση εισροών)
  - Επιλεκτική καθοδήγηση φερτών, ώστε να μην εισέρχονται στους ταμιευτήρες (διαχείριση αποθέσεων)
  - Απομάκρυνση φερτών από τους ταμιευτήρες (διαχείριση εκροών)
  - Παράκαμψη ταμιευτήρα και εκτροπή φερτών (διαχείριση εισροών)
- Οι δύο πρώτες προσεγγίσεις είναι ευνοϊκές αποκλειστικά για τη λειτουργία του ταμιευτήρα, καθώς επιβραδύνεται ο ρυθμός πλήρωσης του νεκρού όγκου και συνεπώς αυξάνει ο χρόνος ωφέλιμης ζωής του έργου, ενώ η άλλες δύο βοηθούν και στην (μερική) **περιβαλλοντική αποκατάσταση του κατάντη ποτάμιου συστήματος**.
- Τρόποι απομάκρυνσης φερτών:
  - Μηχανική απομάκρυνση
    - Εκσκαφή – βυθοκόρηση εν ξηρώ (dry dredging)
    - Βυθοκόρηση με πλωτά μέσα (wet dredging)
    - Βυθοκόρηση με αναρρόφηση (suction dredging)
  - Υδραυλική απομάκρυνση μέσω έκπλυσης (flushing)
    - Εκκένωση μέσω εξόδων σε χαμηλές στάθμες
    - Τεχνητές πλημμύρες μέσω της υδροληψίας

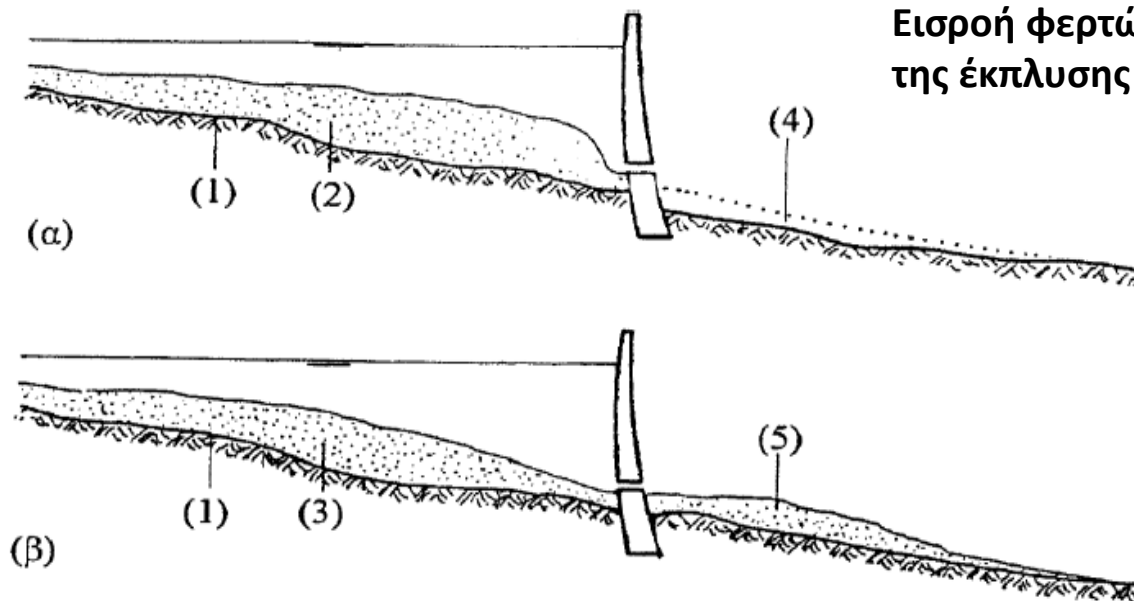


# Μηχανική απομάκρυνση φερτών



# Υδραυλική απομάκρυνση φερτών

Εισροή φερτών σε ταμιευτήρα και αποτελέσματα της έκπλυσης μετά την επαναπλήρωσή του



- (1) Αρχική κοίτη ποταμού
- (2) Ζώνη απόθεσης φερτών
- (3) Μειωμένη απόθεση εντός του ταμιευτήρα μετά την έκπλυση
- (4) Υποβάθμιση ποταμού κατάντη του φράγματος λόγω της έλλειψης φερτών υλών
- (5) Δημιουργία νέων αποθέσεων κατάντη του φράγματος



# Παράδειγμα τεχνητής πλημμύρας: φράγμα Glen Canyon

- ❑ Στις 6/1/2016 αφέθηκε εκροή  $1190 \text{ m}^3/\text{s}$  για διάστημα 24 ωρών, στο πλαίσιο «οικολογικού πειράματος» μεγάλης κλίμακας.
- ❑ Η διόδευση της πλημμύρας διήρκτησε πέντε ημέρες και εκτιμάται ότι μετακίνησε 500 000 000 τόνους άμμου και ιλύος που είχαν παγιδευτεί στην κοίτη του ποταμού Κολοράντο, με σκοπό τη δημιουργία νέων παραλιών, τη βελτίωση των ενδιαιτημάτων των φυτών και ζώων, και την προστασία αρχαιολογικών περιοχών.
- ❑ Μικρότερης κλίμακας τεχνητές πλημμύρες του παρελθόντος (1996, 2004, 2008) απέδωσαν αξιόλογα, αν και μικρότερα του αναμενόμενου, περιβαλλοντικά οφέλη (Melis *et al.*, 2012).



March 4, 2008 (before the HFE)



March 11, 2008 (immediately after the HFE)

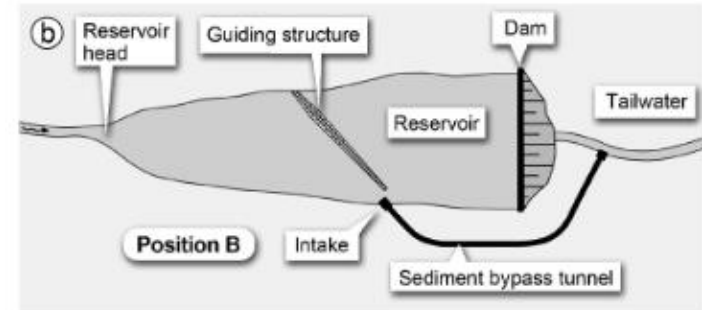
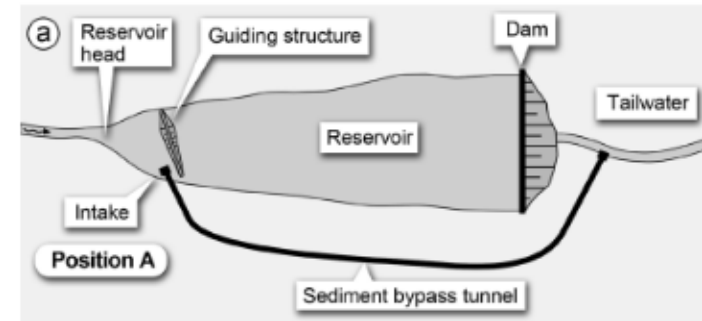
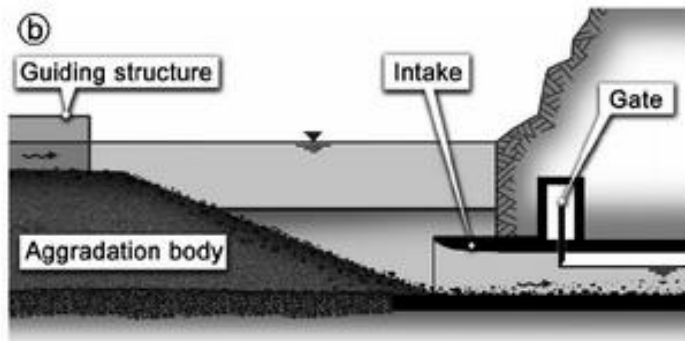
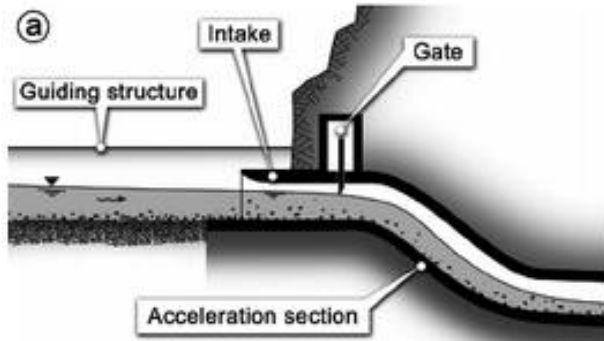


September 30, 2008 (about 6 months after the HFE)

Πηγή: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2236568/>

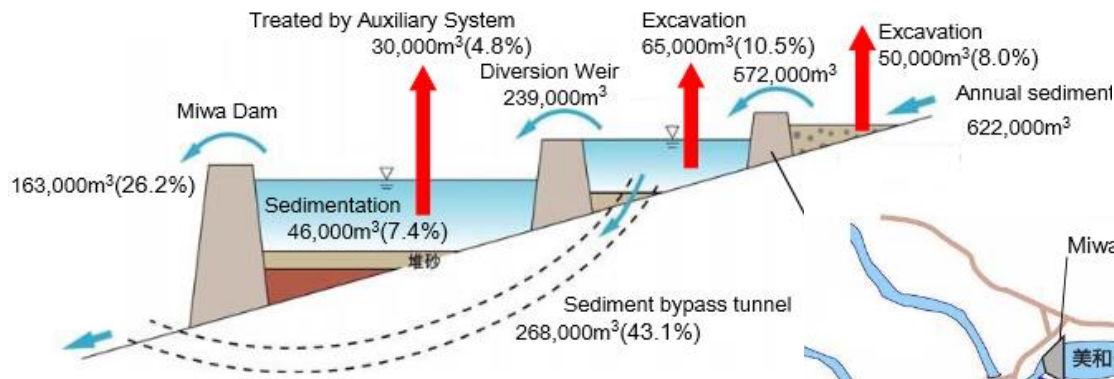
# Εκτροπή φερτών με παράκαμψη του ταμιευτήρα (sediment bypass)

- Σύστημα έργων που επιδιώκει την παράκαμψη του ταμιευτήρα, με απαγωγή μέρους της απορροής και των φερτών (Auel and Boes, 2011).
- Το έργο καθοδήγησης της ροής (φράγμα, αναβαθμός) τοποθετείται είτε στην κεφαλή του ταμιευτήρα (ροή με ελεύθερη επιφάνεια) είτε σε ενδιάμεση θέση (ροή υπό πίεση).

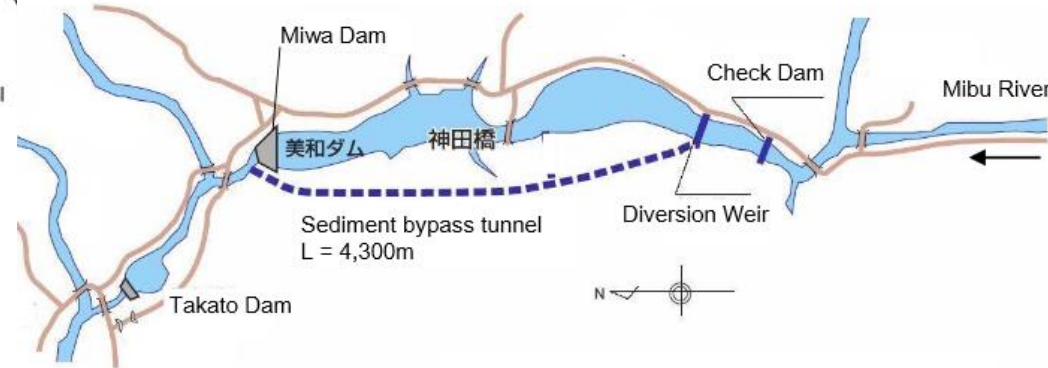


- Η σήραγγα εκτροπής περιλαμβάνει δύο τμήματα:
  - Ανάντη τμήμα, στο οποίο δίνεται ισχυρή κλίση (τυπικό εύρος 15-35%) ώστε να εξασφαλιστεί επαρκής μεταφορική ικανότητα των φερτών (έντονα υπερκρίσιμη ροή, έλεγχος διάβρωσης)
  - Κατάντη τμήμα σήραγγας εκτροπής, ηπιότερης κλίσης (τυπικό εύρος 1-4%)
- Στην έξοδο της σήραγγας προβλέπεται ειδική διαμόρφωση, ώστε να αποφευχθεί η συσσώρευση φερτών υλικών στην αμέσως κατάντη περιοχή

# Παράδειγμα διαχείρισης φερτών: φράγμα Miwa



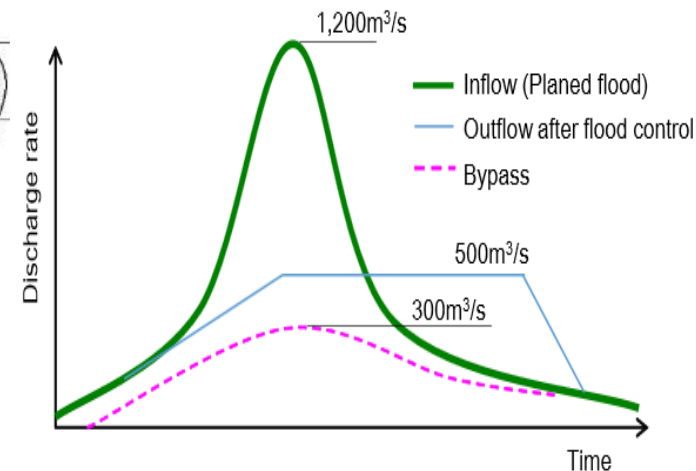
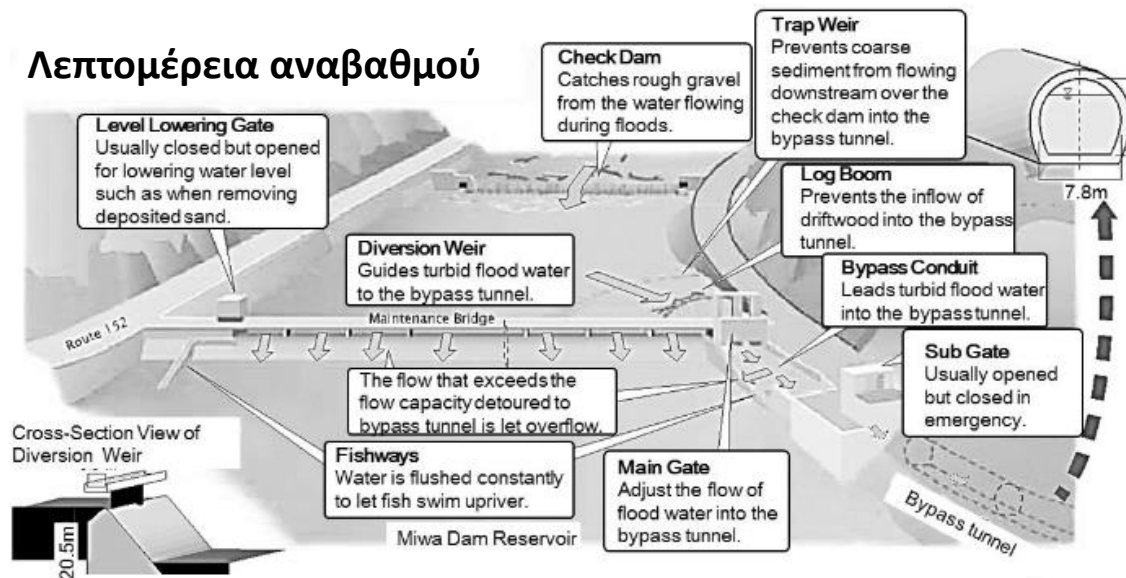
Γενική διάταξη ταμιευτήρα και έργων εκτροπής φερτών



Μέσο ετήσιο ισοζύγιο και γενική διάταξη συστήματος διαχείρισης φερτών, με το οποίο επιτυγχάνεται απόθεση ίση με μόλις 7.4% της στερεοαπορροής της ανάντη λεκάνης

Παροχές λειτουργίας έργων (πλημμύρα σχεδιασμού)

## Λεπτομέρεια αναβαθμού



Πηγή: Sakurai and Kobayashi (2015)

# ΠΕ φραγμάτων: (μικρο)κλίμα, χλωρίδα, πανίδα

- **Αλλαγή στο μικροκλίμα** της γύρω περιοχής, λόγω αυξημένης υγρασίας:
  - Προφανής αύξηση εξάτμισης, ενδεχόμενη αύξηση καταιγίδων
  - Συχνά δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή στατιστικά συμπεράσματα
- **Αύξηση εκπομπών CO<sub>2</sub>**, λόγω της αυξημένης παρουσίας οργανικού φορτίου (σήψη παραμένουσας βλάστησης και επιπλέοντος οργανικού υλικού, π.χ. κορμοί, φύλλα, κ.ά.).
- Επίδραση στην **πανίδα**:
  - Κατάκλυση ενδιαιτημάτων και εγκάρσιων διαδρομών (κυρίως για τα μεγάλα ζώα)
  - Παρεμπόδιση (ολική!) μετανάστευσης ψαριών
  - **Αντιμετώπιση**: κατασκευή **ιχθυοδρόμων** (fish ladders) και άλλων μέσων διέλευσης των ψαριών, αμφίβολης αποτελεσματικότητας, συνήθως σε έργα χαμηλού ύψους (στα ΜΥΗΕ επιβάλλονται από τη νομοθεσία)
- Επίδραση στη **χλωρίδα**:
  - Απώλεια βλάστησης, συχνά δασικής
  - Διαμόρφωση νεκρής ζώνης, λόγω των έντονων διακυμάνσεων της στάθμης
- Η διεθνής εμπειρία περιλαμβάνει και πληθώρα περιπτώσεων **αύξησης της βιοποικιλότητας**, ως αποτέλεσμα της διαμόρφωσης λιμναίου τοπίου.

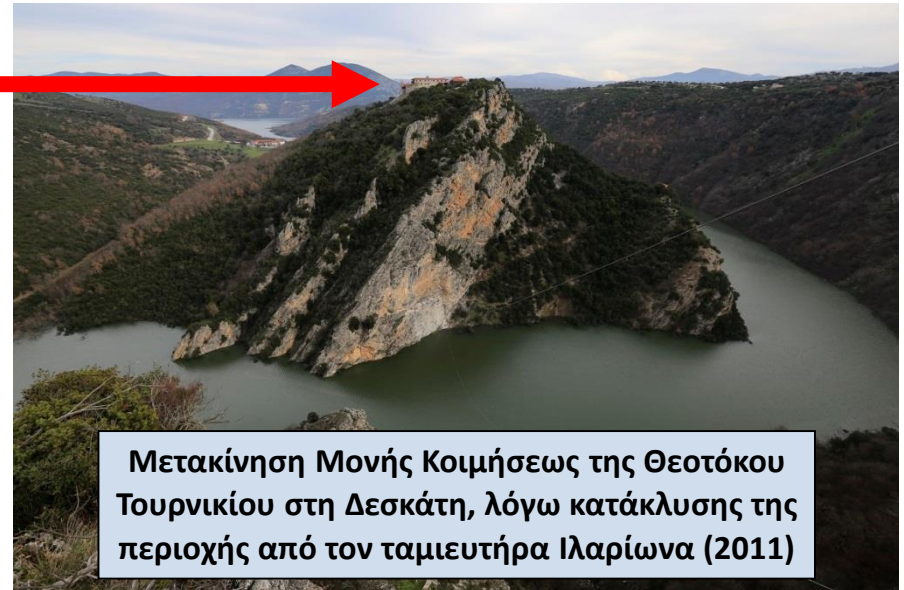


# Παραδείγματα ιχθυοδρόμων



# Επιπτώσεις φραγμάτων στο ανθρωπογενές περιβάλλον

- ❑ Μετακινήσεις πληθυσμών
  - Αποζημιώσεις, μεταφορά σε νέους οικισμούς, και άλλα αντισταθμιστικά οφέλη
- ❑ Κοινωνικές και οικονομικές αλλαγές:
  - Εγκατάλειψη πρότερων δραστηριοτήτων, π.χ., αγροτικών
  - Νέες θέσεις εργασίας (συνήθης πρακτική της ΔΕΗ)
  - Αύξηση τουρισμού, λόγω του ελκυστικού νέου τοπίου (λίμνη Πλαστήρα)
- ❑ Κατάκλυση μνημείων και περιοχών υψηλού πολιτιστικού ενδιαφέροντος
  - Καταγραφή υλικού, διάσωση κινητών ευρημάτων
  - Μεταφορά στοιχείων υψηλού ενδιαφέροντος σε άλλη θέση





# Κάτω από τη λίμνη του Μόρνου: Κάλλιο-Καλλίπολις (1)

Στο βυθό της λίμνης του Μόρνου βρίσκεται θαμμένο το χωριό Κάλλιο, το οποίο κατακλύστηκε από τα νερά του ταμιευτήρα το 1980. Στην ίδια θέση βρισκόταν η αρχαία Καλλίπολις ή Κάλλιον, η ανατολικότερη Αιτωλική πόλη, πιθανό κέντρο ολόκληρου του αιτωλικού έθνους των Οφιονέων.

Το Κάλλιον κατοικήθηκε από τα γεωμετρικά χρόνια, αλλά μόλις τον 4<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. ιδρύθηκε ως αστικό κέντρο, όπως συνέβη και με τις άλλες αιτωλικές πόλεις, που άρχισαν να οργανώνονται στην πολιτική ομοσπονδία της Αιτωλικής Συμπολιτείας. Η νέα πόλη προστατεύθηκε με τείχος και σε αυτή συγκεντρώθηκαν οι θρησκευτικές, οικονομικές και πολιτικές δραστηριότητες των αγροτικών οικισμών. Οι κάτοικοί της αναφέρονται από τον Θουκυδίδη (3.96.3) ως το ανατολικότερο μέρος της νφυλής των Οφιονέων, ενώ ο Πausanίας (10.22.6) και ο Στέφανος Βυζάντιος (που ονομάζει την πόλη Σόλλιον και Φάκιον) αναφέρουν το Κάλλιον ως την πρωτεύουσά τους. Στην ελληνιστική περίοδο, σύμφωνα με επιγραφικές μαρτυρίες, η πόλη ονομαζόταν Καλλίπολις.



# Κάτω από τη λίμνη του Μόρνου: Κάλλιο-Καλλίπολις (2)

Το Κάλλιον βρισκόταν σε στρατηγική θέση, κοντά στη δίοδο της κοιλάδας του Άνω Δάφνου και στο πέρασμα του «Στενού», που αποτελούσαν τον μοναδικό δρόμο από τη Θεσσαλία και την κοιλάδα του Σπερχειού προς το εσωτερικό της Αιτωλίας και τη Ναύπακτο. Το δρόμο αυτό ακολούθησαν και οι Γαλάτες το 279 π.Χ. κατά την εισβολή τους στην Αιτωλία, που κατέληξε στην άλωση και καταστροφή του Καλλίου και στις θηριωδίες σε βάρος των κατοίκων του, αλλά και στη φοβερή εκδίκηση των Αιτωλών (Παυσ. 10.22.3-7). Μετά τη γαλατική επιδρομή, οι Καλλιεείς ανοικοδόμησαν την πόλη τους και κατάφεραν να έχουν ενεργή συμμετοχή στα ιστορικά γεγονότα. Μετά τα μέσα του 2ου αιώνα π.Χ. το Κάλλιο εξαφανίζεται από τις πηγές και μόνο τον 9ο αιώνα μ.Χ. αναφέρεται ως έδρα του επισκόπου το Λιδορίκι, που διαδέχθηκε το Κάλλιο ως διοικητικό κέντρο της ορεινής Δωρίδας.

Σήμερα, μετά τις ανασκαφές που πραγματοποιήθηκαν τα έτη 1977-1979 από τον καθηγητή Π. Θέμελη, τα δημόσια κτίσματα της πόλης και τα νεκροταφεία έχουν κατακλυσθεί από τα νερά της τεχνητής λίμνης του Μόρνου. Από το αρχαίο Κάλλιον διατηρήθηκε η τειχισμένη ακρόπολη, όπου κατέφευγαν οι κάτοικοι για την προστασία τους από εξωτερικές επιθέσεις και επιδρομές. Ο οχυρωματικός περίβολος, πολλά μέρη του οποίου διατηρούνται σε ύψος μεγαλύτερο από αυτό των θεμελίων, χρονολογείται στον 4ο και 3ο αιώνα π.Χ. Το συνολικό του μήκος, μαζί με το τείχος της ακρόπολης, ξεπερνούσε τα δύο χλμ., περισσότερο κατοικημένα όμως ήταν τα χαμηλότερα μέρη του λόφου. Από την αρχαία πόλη αποκαλύφθηκαν τμήματα του τείχους, τα δημόσια κτήρια (ναοί, βουλευτήριο, θέατρο, αγορά), ιδιωτικές οικίες και τα νεκροταφεία, αλλά σήμερα κανένα μνημείο δεν είναι ορατό, καθώς ο χώρος έχει κατακλυσθεί από τα νερά του Μόρνου. Τα κινητά ευρήματα των ανασκαφών (αγγεία, νομίσματα, ψηφιδωτά, κοσμήματα, επιγραφές) εκτίθενται στην Αρχαιολογική Συλλογή Λιδορικού.



# Καλή ΜΠΕ → όπλο κατά του ανορθολογισμού



# Εκτίμηση περιβαλλοντικών ροών: Βιβλιογραφία (1)

- ❑ Acreman, M.C., and M.J. Dunbar, Defining environmental river flow requirements – a review, *Hydrology and Earth System Sciences*, 8, 861–876, 2004.
- ❑ Acreman, M.C., M.J. Dunbar, J. Hannaford, O. Mountford, P. Wood, N. Holmes, I. Cowx, R. Noble, C. Extence, J. Aldrick, J. King, A. Black, and D. Crookall, Developing environmental standards for abstractions from UK rivers to implement the EU Water Framework Directive, *Hydrological Sciences Journal*, 53(6), 1105–1120, 2008.
- ❑ Auel, C. and R.M. Boes, Sediment bypass tunnel design – Review and outlook, In: Schleiss J.I. and Boes R.M. (editors), *Dams and Reservoirs under Changing Challenges*, 403-412, Taylor & Francis Group, London, 2011.
- ❑ CDFW, *Standard Operating Procedure for the Wetted Perimeter Method in California*, California Department of Fish and Wildlife Instream Flow Program Standard Operating Procedure, DFG-IFP-004, 19 p, 2013.
- ❑ CIS Guidance Document No 31, *Ecological Flows in the Implementation of the Water Framework Directive*, Technical Report – 2015 – 086, 2015.
- ❑ Efstratiadis, A., A. Tegos, A. Varveris, and D. Koutsoyiannis, Assessment of environmental flows under limited data availability – Case study of Acheloos River, Greece, *Hydrological Sciences Journal*, 59 (3-4), 731–750, 2014.
- ❑ Gippel, C.J., and M.J. Stewardson, Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows, *Regulated Rivers: Research and Management*, 14, 53-67, 1998.
- ❑ Melis, T.S., P.E. Grams, T.A. Kennedy, B.E. Ralston, C.T. Robinson, J.C. Schmidt, L.M. Schmit, R.A. Valdez, and S.A. Wright, *Three experimental high-flow releases from Glen Canyon Dam, Arizona: effects on the downstream Colorado River ecosystem*, U.S. Geological Survey Fact Sheet, 2011-3012, 4 p, 2011.
- ❑ Olden, J.D., and N.L. Poff, Redundancy and the choice of hydrologic indices for characterizing stream-flow regimes, *River Research and Applications*, 19, 101–121, 2003.
- ❑ Palau, A. and Alcázar, J., The Basic Flow: An alternative approach to calculate minimum environmental instream flows, *Proc. 2nd Intern. Symposium on Habitats Hydraulics*. Ecohydraulics 2000, Quebec, Vol. A, 547-558, 1996.
- ❑ Palau, A. and Alcázar, J., The Basic Flow method for incorporating flow variability in environmental flows, *River Research and Applications*, 28, 93–102, 2012.
- ❑ Petts, G.E., Instream flow science for sustainable river management, *Journal of the American Water Resources Association*, 45(5), 1071–1086, 2009.

## Εκτίμηση περιβαλλοντικών ροών: Βιβλιογραφία (2)

- Poff, N.L., J.D. Allan, M.B. Bain, J.R. Karr, B. Richter, R. Sparks, and J. Stromberg, The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration, *BioScience*, 47, 769–784, 1997.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, J. Powell, and D.P. Braun, A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems, *Conservation Biology*, 10, 1163–1174, 1996.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, R. Wigington, and D.P. Braun, How much water does a river need? *Freshwater Biology*, 37, 231–249, 1997.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, D.P. Braun, and J. Powell, A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network, *Regulated Rivers: Research and Management*, 14, 329-340, 1998.
- Rinaldi, M., B. Belletti, W. Van de Bund, W. Bertoldi, A. Gurnell, T. Buijse, and E. Mosselman, Review on eco-hydro-morphological methods, in: N. Friberg, M. O'Hare and A. Poulsen, *Deliverable of the EU FP7 REFORM project*, 2013.
- Sakurai, T., and K. Kobayashi, Operations of the sediment bypass tunnel and examination of the auxiliary sedimentation measure facility at Miwa Dam, First International Workshop on Sediment Bypass Tunnels, ETH, 2015.
- Shen, H.W., Flushing sediment through reservoirs, *Journal of Hydraulic Research*, 37(6), 743-757, 1999.
- Smakhtin, V.U., Low flow hydrology: a review, *Journal of Hydrology*, 240, 147–186, 2001.
- Suen J.P., and J.W. Eheart, Reservoir management to balance ecosystem and human needs: incorporating the paradigm of the ecological flow regime, *Water Resources Research*, 42(3), W03417, 2006.
- Tennant, D.L., Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources, *Fisheries*, 1(4), 6-10, 1976.
- Tharme, R.E., A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers, *River Research and Applications*, 19, 397–441, 2003.
- The Nature Conservancy, *Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1 User's Manual*, 2009.
- UK TAG, UK Environmental Standards and Conditions Report (Phase 1), 2008.
- Χριστοφίδου, Δ., Αξιολόγηση μεθόδων εκτίμησης των περιβαλλοντικών ροών με συνδυασμένη χρήση υδρολογικών, υδραυλικών και βιοτικών παραμέτρων, Μεταπτυχιακή εργασία, 119 σ., Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Οκτώβριος 2016 (<http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/1664/>).