

# Αστικά Υδραυλικά Έργα

## Οικονομικά στοιχεία για υδρευτικά έργα

Δημήτρης Κουτσογιάννης & Ανδρέας Ευστρατιάδης  
Τομέας Υδατικών Πόρων  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

### 1. Συντελεστές οφέλους και κόστους υδροσυστημάτων Επιμερισμός του κόστους

- Αρχικό κατασκευαστικό κόστος
  - Δαπάνες κατασκευής έργου (υλικά, προσωπικό, μηχανήματα, ασφάλιση) } Άμεσες δαπάνες
  - Δαπάνες εξοπλισμού
  - Δαπάνες μελέτης, επίβλεψης και ελέγχου
  - Δαπάνες διοίκησης στη φάση κατασκευής
  - Δαπάνες αποζημιώσεων για την εξασφάλιση της δυνατότητας κατασκευής (απαλλοτριώσεις) και την όχληση που προκαλείται (δουλεία) } Έμμεσες δαπάνες
  - Αξία προσωρινών έργων και εγκαταστάσεων
- Ενδιάμεσο κατασκευαστικό κόστος (αν απαιτείται)
  - Δαπάνες αντικατάστασης εξοπλισμού
  - Δαπάνες (προβλέψιμων) επεκτάσεων
- Κατανεμημένο (ετήσιο) κόστος
  - Δαπάνες λειτουργίας (αξιοποίηση του έργου, π.χ. ενέργεια, καύσιμα κτλ.)
  - Δαπάνες συντήρησης και διοίκησης (διατήρηση του έργου σε λειτουργική κατάσταση)
  - Λοιπές δαπάνες (π.χ. ασφάλιση, φόροι κτλ – αν απαιτούνται)
- Συνολικό κόστος
  - Αναγωγή συνιστωσών του κόστους στην ίδια χρονική βάση (βλ. Κεφ. 2)
  - Συνολικό κόστος = Αρχικό + ενδιάμεσο + κατανεμημένο κόστος – υπολειμματική αξία

## Τρόπος προσδιορισμού του κόστους

- Αρχικό ή ενδιάμεσο κατασκευαστικό κόστος: Δαπάνες κατασκευής
  - Σε προκαταρκτική φάση: ως ενιαίο ποσό (lump-sum) με βάση εμπειρία από παρόμοια έργα
  - Στη φάση οριστικής μελέτης: με τιμές μονάδας με βάση (α) ανάλυση τιμών και (β) προμέτρηση ποσοτήτων
  - Μετά την κατασκευή: από τους πίνακες δαπανών
- Αρχικό ή ενδιάμεσο κατασκευαστικό κόστος: Δαπάνες εξοπλισμού
  - Ως ενιαίο ποσό, μετά από έρευνα αγοράς
  - Με τιμές μονάδας (π.χ. ανά kW εγκατεστημένης ισχύος)
- Αρχικό ή ενδιάμεσο κατασκευαστικό κόστος: Έμμεσες δαπάνες
  - Ως ποσοστό των άμεσων δαπανών
- Κατανεμημένο κόστος: Δαπάνες λειτουργίας
  - Μετά από εκτίμηση των ποσοτήτων υλικών και εργασιών που απαιτούνται και εφαρμογή τιμών μονάδας
- Κατανεμημένο κόστος: Δαπάνες συντήρησης και διοίκησης
  - Ως ποσοστό του αρχικού κόστους, ή
  - Με εφαρμογή συντελεστών κόστους (τιμή μονάδας) από παρόμοια έργα

## Προσδιορισμός οφέλους

- Όφελος υδροδότησης
  - Μπορεί να εκτιμηθεί εναλλακτικά:
    - Με βάση το κόστος υποκατάστασης με άλλο έργο υδροδότησης·
    - Με βάση τρέχουσες τιμές κατανάλωσης υδρευτικού νερού·
    - Με βάση εκτίμηση της τιμής που οι καταναλωτές θα πλήρωναν με προθυμία.
- Περιβαλλοντικό κόστος και όφελος περιβαλλοντικής προστασίας ή αναβάθμισης
  - Δεν υπάρχει καθιερωμένη μεθοδολογία
  - Βλ. μελέτη των Μακρόπουλου κ.ά. (2010) για το παράδειγμα της Αθήνας

## Ενδεικτικά μοναδιαία μεγέθη κόστους και οφέλους

- Υδρευτική χρήση Τιμές 2014
  - Τιμή πώλησης νερού ΕΥΔΑΠ (οικιακή χρήση/χαμηλή κατανάλωση): ~0.40 €/m<sup>3</sup>
  - Κόστος νερού από φράγμα Ευήνου (μόνο κατασκευαστικό κόστος φράγματος και σήραγγας): 0.06 €/m<sup>3</sup>
  - Κόστος αδιύλιστου νερού του συνολικού υδροσυστήματος της ΕΥΔΑΠ: 0.15 €/m<sup>3</sup> (Μακρόπουλος κ.ά., 2010)
  - Κόστος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού: 0.80-3.00 €/m<sup>3</sup>
  - Κόστος μεταφοράς νερού με πλωτά μέσα σε ελληνικά νησιά: 1.50-7.00 €/m<sup>3</sup>
  - Τυπικό κόστος νερού από λιμνοδεξαμενή χωρητικότητας 200 000 m<sup>3</sup>: 4.40 €/m<sup>3</sup>
- Ενέργεια
  - Τιμή πώλησης ενέργειας ΔΕΗ (οικιακή χρήση/χαμηλή κατανάλωση): 0.095 €/kWh
  - Τιμή πώλησης ενέργειας ΔΕΗ (νυχτερινή χρέωση): 0.065 €/kWh
  - Όφελος ενέργειας από μικρό υδροηλεκτρικό έργο: 0.073 €/kWh (N. 3468/2006)

## 2. Τεχνικο-οικονομική ανάλυση

### Εισαγωγή

- Τεχνικο-οικονομική ανάλυση (engineering economic analysis):

Διαδικασία αποτίμησης και οικονομικής σύγκρισης διάφορων εναλλακτικών έργων με στόχο την επιλογή του καταλληλότερου (Mays and Tung, 1992, σ. 23).
- Προϋποθέσεις οικονομικής σύγκρισης:
  - Εκτίμηση και επιμερισμός του κόστους των τεχνικά εφικτών λύσεων.
  - Αναγωγή των συνιστωσών του κόστους στην ίδια χρονική βάση – Συνήθως όλες οι συνιστώσες μετατρέπονται σε νομισματική αξία στον παρόντα χρόνο, γνωστή ως παρούσα αξία.
- Αρχικές παράμετροι προς καθορισμό:
  - *Επιτόκιο αναγωγής*: Εκτιμάται με βάση το πραγματικό αποπληθωρισμένο κόστος μακροπρόθεσμου δανεισμού του δημοσίου στην εσωτερική και τις διεθνείς αγορές. Αυτό το επιτόκιο συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 4% και 6%, ενώ αν συνυπολογιστεί και ο επιχειρηματικός κίνδυνος μπορεί να αυξηθεί μέχρι 8%.
  - *Χρόνος απόσβεσης* (ο χρόνος μέσα στον οποίο θα γίνει η απόσβεση των κεφαλαίων): Λαμβάνεται ίσος με την *ωφέλιμη ζωή\** του έργου ή της κυρίαρχης συνιστώσας του (εφόσον διαφορετικές συνιστώσες έχουν διαφορετική ωφέλιμη ζωή).

\*Ωφέλιμη (ή οικονομική) ζωή: Ο χρόνος μέσα στον οποίο το έργο προβλέπεται να λειτουργήσει ωφέλιμα, εξυπηρετώντας το σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε. Πέραν της ωφέλιμης ζωής και ενόσω διαρκεί ακόμη η φυσική ζωή του έργου, η λειτουργία του έργου γίνεται ανασφαλής ή αντιοικονομική.

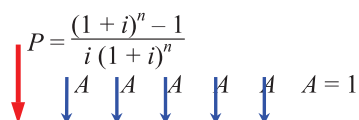
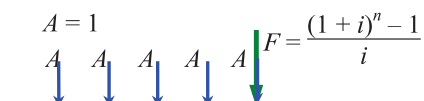
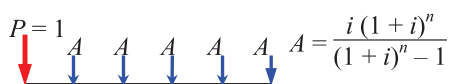
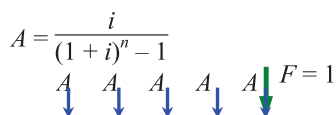
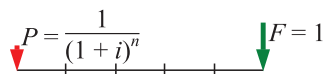
## Ωφέλιμη ζωή διάφορων συνιστωσών υδροσυστημάτων

	Έτη
□ Φράγματα, διώρυγες	50
□ Δομικές κατασκευές, υδραυλικές κατασκευές	50
□ Σήραγγες	100
□ Δίκτυα διανομής	40-50
□ Χαλύβδινες δεξαμενές	30
□ Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος	50
□ Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	
■ Στρόβιλοι και γεννήτριες	35
■ Αεριοστρόβιλοι	25
■ Μετασχηματιστές	25
■ Αντλίες	25
■ Βοηθητικός ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	35
■ Γεννήτριες diesel χαμηλής ταχύτητας	20
■ Γεννήτριες diesel υψηλής ταχύτητας	10

Πηγή: Νικολάου (1975)

## Χρονική αναγωγή οικονομικών μεγεθών

$P$ : παρόν κεφάλαιο –  $F$ : τελικό κεφάλαιο –  $A$ : δόση –  $i$ : επιτόκιο –  $n$ : χρονική περίοδος



Συντελεστής ανατοκισμού (μιας δόσης) – (Single-payment) compound-amount factor

$$\frac{F}{P} = (1 + i)^n$$

Συντελεστής προεξόφλησης ή συντελεστής παρούσας αξίας (μιας δόσης) – (Single-payment) present-worth factor

$$\frac{P}{F} = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Συντελεστής χρεολυσίου – Sinking-fund factor

$$\frac{A}{F} = \frac{i}{(1 + i)^n - 1}$$

Συντελεστής απόσβεσης κεφαλαίου – Capital-recovery factor

$$\frac{A}{P} = \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Συντελεστής ανατοκισμού ίσων δόσεων – Uniform series compound-amount factor

$$\frac{F}{A} = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Συντελεστής παρούσας αξίας ίσων δόσεων – Uniform series present-worth factor

$$\frac{P}{A} = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

### 3. Ανάλυση οφέλους-κόστους

- ◆ Ανάλυση οφέλους-κόστους (benefit-cost analysis):

Διαδικασία οικονομικής σύγκρισης του κόστους και του οφέλους μιας ή περισσότερων εναλλακτικών διατάξεων ενός έργου με στόχο την τεκμηρίωση της σκοπιμότητας κατασκευής του έργου και την επιλογή της καταλληλότερης διάταξης.
- ◆ Συντελεστής οφέλους-κόστους (ή συντελεστής ωφελιμότητας – benefit-cost ratio):

Ο λόγος  $B/C = (\text{παρούσα αξία οφέλους}) / (\text{παρούσα αξία κόστους})$
- ◆ Περιθώριος συντελεστής οφέλους-κόστους (marginal or incremental benefit-cost ratio):

Ο λόγος  $\Delta B/\Delta C = (B_j - B_i) / (C_j - C_i)$ , όπου  $B_i$  και  $C_i$  η παρούσα αξία του οικονομικού οφέλους και του κόστους, αντίστοιχα, της εναλλακτικής διάταξης  $i$ , και  $B_j$  και  $C_j$  τα αντίστοιχα μεγέθη της διάταξης αναφοράς  $j$ .
- ◆ Κριτήριο τεκμηρίωσης της οικονομικής σκοπιμότητας του έργου  
 $B/C > 1$
- ◆ Κριτήριο επιλογής της καταλληλότερης διάταξης
  - (1) Επιλέγεται η διάταξη με το μεγαλύτερο  $B/C$
  - (2) Διατάσσονται οι εναλλακτικές διατάξεις με  $B/C > 1$  κατά αύξουσα σειρά κόστους και επιλέγεται η διάταξη με το μεγαλύτερο δυνατό κόστος που παράλληλα εμφανίζει  $\Delta B/\Delta C > 1$  σε σχέση με την προηγούμενή της (Mays and Tung, 1992, σ. 28).

### 4. Τελικές παρατηρήσεις

- Αθροιστική ιδιότητα οφέλους-κόστους συνιστωσών υδροσυστήματος
  - Το όφελος και κόστος ενός υδροσυστήματος που αποτελείται από επιμέρους συνιστώσες-έργα είναι ίσο με το άθροισμα των αντίστοιχων μεγεθών των επιμέρους έργων.
- Αθροιστική ιδιότητα οφέλους-κόστους πολλαπλών στόχων
  - Το συνολικό όφελος ενός υδροσυστήματος που εξυπηρετεί πολλούς επιμέρους στόχους είναι ίσο με το άθροισμα των τιμών του οφέλους των επιμέρους στόχων. Εφόσον το κόστος μπορεί να επιμεριστεί στους επιμέρους στόχους, η ίδια ιδιότητα ισχύει και για το κόστος.
- Μη οικονομικές ωφέλειες υδροσυστημάτων
  - Υδροσυστήματα που κυρίως αποσκοπούν στην ανάπτυξη και εκμετάλλευση υδατικών πόρων ή/και στην προστασία από τις πλημμύρες έχουν και άλλες θετικές επιπτώσεις που είναι δύσκολο ή αδύνατο να αναχθούν σε οικονομικά μεγέθη. Μερικά απ' αυτά είναι:
    - Αναβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος
    - Βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και της ποιότητας ζωής του πληθυσμού
    - Ανάπτυξη της εθνικής οικονομίας (αύξηση εθνικού εισοδήματος, βελτίωση της παραγωγής αγαθών και των υπηρεσιών)
    - Βελτίωση της απασχόλησης
    - Βελτίωση των δημογραφικών συνθηκών
  - Με αυτή τη λογική είναι πιθανή η ανάπτυξη υδροσυστημάτων ακόμη και αν το οικονομικό όφελος υπολείπεται του κόστους (συντελεστής ωφελιμότητας μικρότερος της μονάδας), μετά από πολιτική συνεκτίμηση των μη οικονομικών ωφελειών.
- Μη οικονομικές δυσμενείς επιπτώσεις έργων
  - Αντίστροφα, είναι πιθανή η μη κατασκευή οικονομικά ευνοϊκών έργων, όταν προκαλούν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις ή προβλήματα κοινωνικής αποδοχής

## Βιβλιογραφία – Αναφορές

- Αμπακούμκιν, Κ. Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων, Συμμετρία, Αθήνα, 1990.
- Μποναζούντας, Μ., και Δ. Καλλιδρομίτου, Ανάλυση Συστημάτων Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1996.
- Μακρόπουλος, Χ., Δ. Δαμίγος, Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος, και Α. Μπενάρδος, Συνοπτική έκθεση και τελικά συμπεράσματα, *Κοστολόγηση αδιύλιστου νερού για την ύδρευση της Αθήνας*, 32 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Οκτώβριος 2010.
- Νικολάου, Σ., Μαθήματα Υδροδυναμικών Έργων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1975.
- Biswas, A. K., *Systems Approach to Water Management*, McGraw-Hill, New York, 1976.
- Grigg, N. S., *Water Resources Management*, McGraw-Hill, New York, 1996.
- Loucks, D. P., Stedinger, J. R., and Haith, D. A., *Water Resource System Planning and Analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1981.
- Mays, L. W., and Y.-K. Tung, *Hydrosystems Engineering and Management* McGraw-Hill, New York, 1992.
- Mays, L. W., and Y.-K. Tung, Systems analysis, in *Water Resources Handbook*, edited by L. W. Mays, McGraw-Hill, New York, 1996.
- White, J. A., K. E. Case, D. B. Pratt, and M. H. Agee, *Principles of Engineering Economic Analysis*, Wiley, New York, 1998.