

# Επικαιροποίηση των οικονομικών μεγεθών που συνδέονται με τη λειτουργία των έργων εκτροπής Αχελώου

Δ. Κουτσογιάννης, Δρ. Μηχανικός, Επ. Καθηγ. Τομέας Υδατικών Πόρων Ε.Μ.Πολυτεχνείου

## Εισαγωγή - Παραδοχές

Η παρούσα έκθεση συντάχθηκε με σκοπό την επικαιροποίηση των οικονομικών μεγεθών που προκύπτουν από τη λειτουργία των έργων εκτροπής Αχελώου, τα οποία αρχικώς είχαν προσδιοριστεί στην έκθεσή μας με τίτλο «Μελέτη λειτουργίας των ταμιευτήρων» που εκπονήθηκε στα πλαίσια της παροχής υπηρεσιών συμβούλου προς το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΕΥΔΕ Αχελώου, 1996) με αντικείμενο τη Γενική Διάταξη των Έργων Εκτροπής Αχελώου προς τη Θεσσαλία (παρακάτω θα αναφέρεται απλώς ως Μελέτη).

Η ανάγκη επικαιροποίησης προέκυψε μετά από νεότερες μελέτες και συζητήσεις, οι οποίες προσδιόρισαν διαφορετικές τιμές μονάδας για τα εν λόγω οικονομικά μεγέθη. Οι παλιότερες και νεότερες τιμές μονάδας που υπεισέρχονται στο υπό μελέτη σύστημα φαίνονται στον Πίν. 1.

**Πίν. 1** Τιμές μονάδας

Είδος τιμής μονάδας	Σύμβολο-Μονάδες	Παλιά τιμή μονάδας	Νέες τιμές μονάδας		
			Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Πρωτεύουσα ενέργεια	$c_{\Pi}$ (δρχ/kWh)	10.6	10.9	11.5	11.5
Δευτερεύουσα ενέργεια	$c_{\Delta}$ (δρχ/kWh)	6.7	6.5	6.5	6.5
Νυχτερινή ενέργεια (για άντληση)	$c_{\rho}$ (δρχ/kWh)	2.4	6.5	6.5	5.5
Γεωργικό όφελος	$c_{\rho}$ (δρχ/m <sup>3</sup> )	18.0	20.0	20.0	20.0

Όπως αναλυτικότερα φαίνεται στον Πίν. 1, οι τιμές μονάδας των διάφορων κατηγοριών υδροηλεκτρικής ενέργειας δεν έγινε δυνατό να καθοριστούν μονοσήμαντα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τρία σενάρια, στα οποία η τιμή της πρωτεύουσας ενέργειας κυμαίνεται από 10.9 έως 11.5 δρχ/kWh και η τιμή της ενέργειας άντλησης από 5.5 έως 6.5 δρχ/kWh.

Υπενθυμίζεται ότι σύμφωνα με την Μελέτη η πρωτεύουσα ενέργεια ορίστηκε ως η ποσότητα ενέργειας που είναι διαθέσιμη στο 99% του χρόνου. Με βάση τα μεγέθη ισχύος των υδροηλεκτρικών σταθμών και τις προσομοιώσεις που έγιναν, προέκυψε ότι η πρωτεύουσα ενέργεια είναι στο σύνολό της ενέργεια αιχμής. Η ενέργεια που παράγεται επιπλέον της πρωτεύουσας ενέργειας (π.χ. κατά τις περιόδους πολύ μεγάλων εισροών, οι

οποίες υπερβαίνουν τη ρυθμιστική ικανότητα των ταμιευτήρων) θεωρείται δευτερεύουσα ενέργεια. Η πρωτεύουσα ενέργεια έχει μεγαλύτερη αξία από τη δευτερεύουσα, δεδομένου ότι (α) είναι προβλέψιμη (με υψηλή αξιοπιστία πρόβλεψης), (β) είναι συνεχώς διαθέσιμη, και (γ) είναι ενέργεια αιχμής. Όπως έδειξαν οι προσομοιώσεις, η δευτερεύουσα ενέργεια είναι κατά ένα μέρος ενέργεια αιχμής και κατά το υπόλοιπο μέρος ενέργεια βάσης. Μια τρίτη κατηγορία ενέργειας που συνδέεται με το υπό μελέτη σύστημα είναι η ενέργεια άντλησης, που χρησιμοποιείται κατά τη φάση άντλησης των αντιστρεπτών υδροηλεκτρικών μονάδων. Η ενέργεια αυτή διατίθεται από το σύστημα των θερμοηλεκτρικών σταθμών κατά της ώρες που η κατανάλωση φτάνει τα κατώτερα όριά της (νυχτερινή ενέργεια). Για το λόγο αυτό, αυτή η ενέργεια είναι χαμηλής αξίας. Με αυτά τα δεδομένα οι τρεις τιμές μονάδας πρέπει να υπακούουν στη σχέση

$$c_{\Pi} < c_{\Delta} < c_P \quad (1)$$

Όπως προκύπτει από τον Πίν. 1, μόνο οι τιμές του Σεναρίου 3 υπακούουν στη σχέση αυτή.

Το συνολικό μέσο ετήσιο όφελος από την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι

$$P_E = c_{\Pi} \sum_j E_{\Pi}^j + c_{\Delta} \sum_j E_{\Delta}^j + c_P \sum_k E_P^k + c_{\Pi} \Delta E_{\Pi} + c_{\Delta} \Delta E_{\Delta} \quad (2)$$

όπου  $c_{\Pi}$ ,  $c_{\Delta}$  και  $c_P$  η μοναδιαία αξία της πρωτεύουσας ενέργειας, της δευτερεύουσας ενέργειας και της ενέργειας άντλησης, αντίστοιχα,  $E_{\Pi}^j$  και  $E_{\Delta}^j$  η μέση ετήσια πρωτεύουσα και δευτερεύουσα ενέργεια στον υδροηλεκτρικό σταθμό  $j$  του συστήματος, αντίστοιχα,  $E_P^k$  η μέση ετήσια ενέργεια άντλησης στον (αντιστρεπτό) υδροηλεκτρικό σταθμό  $k$ , και  $\Delta E_{\Pi}$  και  $\Delta E_{\Delta}$  η μέση ετήσια επίπτωση στην παραγωγή πρωτεύουσας και δευτερεύουσας ενέργειας σε κατάντη σταθμούς που δεν ανήκουν στο υπό μελέτη σύστημα, των οποίων η παραγωγή επηρεάζεται από τη λειτουργία του συστήματος. Για τους τελευταίους σταθμούς ως επιπτώσεις στην παραγωγή ενέργειας θεωρούνται οι διαφορές στην παραγωγή ενέργειας από τη λειτουργία αυτών των σταθμών με και χωρίς την ύπαρξη του υπό μελέτη συστήματος. Οι ποσότητες ενέργειας αυτές λαμβάνονται με αρνητικό πρόσημο, εφόσον η επίπτωση είναι μείωση της παραγωγής ενέργειας. Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς με δείκτη  $k$  συμπεριλαμβάνονται μόνο όσοι σταθμοί του υπό μελέτη συστήματος είναι εφοδιασμένοι με μονάδες αντιστρεπτής λειτουργίας. Ας σημειωθεί ότι η άντληση σε ένα σταθμό έχει τοπικό χαρακτήρα και δεν επηρεάζει κανένα άλλο σταθμό, είτε του υπό μελέτη συστήματος, είτε κατάντη συστημάτων. Η ποσότητα ενέργειας άντλησης  $E_P^k$  λαμβάνεται πάντα με αρνητικό πρόσημο, αφού αντιστοιχεί σε κατανάλωση και όχι για παραγωγή ενέργειας. Στη Μελέτη χρησιμοποιήθηκε επίσης το μέγεθος *ανηγμένη ενέργεια* που προκύπτει από τον τύπο

$$E_A = E_{\Pi} + (c_{\Delta}/c_{\Pi}) E_{\Delta} + (c_P/c_{\Pi}) E_P, \quad (3)$$

και αν πολλαπλασιασθεί επί την τιμή μονάδας της πρωτεύουσας ενέργειας δίνει το συνολικό όφελος από την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας  $P_E$ .

Αν στο συνολικό μέσο ετήσιο όφελος από την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας  $P_E$  προστεθεί το μέσο ετήσιο οικονομικό όφελος από άρδευση  $P_A$ , το οποίο δίνεται από τη σχέση

$$P_A = c_A V_A \quad (4)$$

όπου  $V_A$  η μέση ετήσια αρδευτική απόληψη, προκύπτει το μικτό ετήσιο οικονομικό όφελος, το οποίο αποτελεί και τον οικονομικό δείκτης επίδοσης του συστήματος.

## Αποτελέσματα

Το υπολογιστικό σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της Μελέτης και βάσει του οποίου εκτιμήθηκαν τα μεγέθη ενέργειας και απολήψεων άρδευσης του συστήματος βασίστηκε σε έναν αλγόριθμο προσομοίωσης-βελτιστοποίησης. Κατ' αρχήν επισημαίνουμε ότι οι τιμές μονάδας επηρεάζουν τη βελτιστοποίηση του συστήματος και κατά συνέπεια τα τελικά εξαγόμενα μεγέθη ενέργειας και αρδευτικής απόληψης. Ωστόσο, επειδή οι νέες τιμές μονάδας πρωτεύουσας και δευτερεύουσας ενέργειας, καθώς και η τιμή μονάδας γεωργικού οφέλους, δεν διαφέρουν σημαντικά από τις παλιές μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κατά προσέγγιση, τα βέλτιστα μεγέθη ενέργειας και απόληψης που εκτιμήθηκαν στη Μελέτη παραμένουν βέλτιστα και με τις νέες τιμές μονάδας, αν και ασφαλώς τα αντίστοιχα οικονομικά μεγέθη μεταβάλλονται. Σχετικά με την τιμή της ενέργειας άντλησης, η οποία πράγματι εμφανίζει σημαντική μεταβολή, αφού πλέον πλησιάζει ή και φτάνει την τιμή της δευτερεύουσας ενέργειας (βλ. Πίν. 1), παρατηρούμε ότι ούτε και αυτή αναμένεται να έχει σημαντική επίπτωση στα μεγέθη ενέργειας και απόληψης που εκτιμήθηκαν στη Μελέτη. Αυτό αιτιολογείται ως εξής: Στη Μελέτη είχε διαπιστωθεί ότι, λόγω της σημαντικής διαφοράς των τιμών δευτερεύουσας ενέργειας και ενέργειας άντλησης, ο βέλτιστος τρόπος λειτουργίας θα ήταν κατ' αρχήν αυτός που μεγιστοποιεί την ενέργεια άντλησης, ακόμη και αν η αντλούμενη ποσότητα νερού χρησιμοποιείται στη συνέχεια για παραγωγή δευτερεύουσας ενέργειας. Ωστόσο, αυτός ο τρόπος λειτουργίας δεν έγινε αποδεκτός στο μοντέλο που κατασκευάστηκε αλλά κατά την προσομοίωση η ενέργεια άντλησης περιορίζονταν στο επίπεδο που απαιτείται για την παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας και μόνο. Έτσι, όπως εξηγείται στη Μελέτη (σελ. 28), θεωρήθηκε ότι η άντληση σταματά όταν έχει εξασφαλιστεί η ποσότητα νερού που εξασφαλίζει την επίτευξη του στόχου που έχει τεθεί για την παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας, ακόμη και αν δεν έχει συμπληρωθεί η αποδεκτή περίοδος ημερήσιας άντλησης.

Με αυτά τα δεδομένα, θεωρούμε ότι τα τελικά μεγέθη ενέργειας και αρδευτικής απόληψης που δίνονται συγκεντρωτικά στον Πίν. 14 της Μελέτης (σελ. 43), παραμένουν (κατά πολύ καλή προσέγγιση) βέλτιστα και για τις νέες τιμές μονάδας. Κατά συνέπεια, ο Πίν. 14 της Μελέτης αναπροσαρμόζεται όπως φαίνεται παρακάτω (Πίν. 2 - Πίν. 4) για τα τρία σενάρια τιμών μονάδας.

Γενικώς παρατηρούμε ότι τα Σχήματα έργων Α, D και Ε, που περιλαμβάνουν αντιστρεπτές μονάδες, σε κάθε περίπτωση (ακόμη και για τιμή δευτερεύουσας ενέργειας ίση με την τιμή δευτερεύουσας ενέργειας), είναι οικονομικά πλεονεκτικότερα από το σχήμα με συμβατικές μονάδες (Σχήμα έργων 1), επειδή το τελευταίο, λόγω της εποχικής λειτουργίας του (τους θερινούς μήνες) παράγει μόνο δευτερεύουσα ενέργεια.

**Πίν. 2** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την αποτίμηση των πέντε σχημάτων έργων με βάση τις τιμές μονάδας του Σεναρίου 1.

Σχήμα έργων	0	1	A	D	E
Περιγραφή έργων	Χωρίς εκτροπή, χωρίς Μουζάκι και Πύλη	Εκτροπή χωρίς άντληση, Μουζάκι +250 m, χωρίς Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +250 m, χωρίς Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +280 m, με Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +290 m, με Πύλη
Μέσος ετήσιος όγκος εκτροπής (hm <sup>3</sup> )	0	599	600	600	600
Μέση ετήσια αρδευτική απόληψη (hm <sup>3</sup> )	0	595	595	776	799
Ετήσιο οικονομικό όφελος από άρδευση (εκ. δρχ)	0	11900	11900	15520	15980
Πρωτεύουσα ενέργεια (GWh)					
Παραγωγή	508	294	1103	1102	1101
Επίπτωση Κάτω Αχελώου	0	-210	-210	-210	-210
Διαφορά	508	84	893	892	891
Δευτερεύουσα ενέργεια (GWh)					
Παραγωγή	298	827	599	693	718
Επίπτωση Κάτω Αχελώου	0	-90	-90	-90	-90
Διαφορά	298	737	509	603	628
Άντληση (GWh)	0	0	-855	-894	-918
Πραγματικό ενεργειακό ισοζύγιο (GWh)	806	821	547	601	601
Ενέργεια ανηγμένη σε πρωτεύουσα (GWh)	686	523	687	718	718
Ετήσιο οικονομικό όφελος από ενέργεια (εκ. δρχ)	7477	5701	7488	7826	7826
Δείκτης επίδοσης (μικτό ετήσιο οικονομικό όφελος, εκ. δρχ)	7477	17601	19388	23346	23806

**Πίν. 3** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την αποτίμηση των πέντε σχημάτων έργων με βάση τις τιμές μονάδας του Σεναρίου 2.

Σχήμα έργων	0	1	A	D	E
Περιγραφή έργων	Χωρίς εκτροπή, χωρίς Μουζάκι και Πύλη	Εκτροπή χωρίς άντληση, Μουζάκι +250 m, χωρίς Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +250 m, χωρίς Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +280 m, με Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +290 m, με Πύλη
Μέσος ετήσιος όγκος εκτροπής (hm <sup>3</sup> )	0	599	600	600	600
Μέση ετήσια αρδευτική απόληψη (hm <sup>3</sup> )	0	595	595	776	799
Ετήσιο οικονομικό όφελος από άρδευση (εκ. δρχ)	0	11900	11900	15520	15980
Πρωτεύουσα ενέργεια (GWh)					
Παραγωγή	508	294	1103	1102	1101
Επίπτωση Κάτω Αχελώου	0	-210	-210	-210	-210
Διαφορά	508	84	893	892	891
Δευτερεύουσα ενέργεια (GWh)					
Παραγωγή	298	827	599	693	718
Επίπτωση Κάτω Αχελώου	0	-90	-90	-90	-90
Διαφορά	298	737	509	603	628
Άντληση (GWh)	0	0	-855	-894	-918
Πραγματικό ενεργειακό ισοζύγιο (GWh)	806	821	547	601	601
Ενέργεια ανηγμένη σε πρωτεύουσα (GWh)	676	501	697	728	727
Ετήσιο οικονομικό όφελος από ενέργεια (εκ. δρχ)	7774	5762	8016	8372	8361
Δείκτης επίδοσης (μικτό ετήσιο οικονομικό όφελος, εκ. δρχ)	7774	17662	19916	23892	24341

**Πίν. 4** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την αποτίμηση των πέντε σχημάτων έργων με βάση τις τιμές μονάδας του Σεναρίου 3.

Σχήμα έργων	0	1	A	D	E
Περιγραφή έργων	Χωρίς εκτροπή, χωρίς Μουζάκι και Πύλη	Εκτροπή χωρίς άντληση, Μουζάκι +250 m, χωρίς Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +250 m, χωρίς Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +280 m, με Πύλη	Εκτροπή και άντληση, Μουζάκι +290 m, με Πύλη
Μέσος ετήσιος όγκος εκτροπής (hm <sup>3</sup> )	0	599	600	600	600
Μέση ετήσια αρδευτική απόληψη (hm <sup>3</sup> )	0	595	595	776	799
Ετήσιο οικονομικό όφελος από άρδευση (εκ. δρχ)	0	11900	11900	15520	15980
Πρωτεύουσα ενέργεια (GWh)					
Παραγωγή	508	294	1103	1102	1101
Επίπτωση Κάτω Αχελώου	0	-210	-210	-210	-210
Διαφορά	508	84	893	892	891
Δευτερεύουσα ενέργεια (GWh)					
Παραγωγή	298	827	599	693	718
Επίπτωση Κάτω Αχελώου	0	-90	-90	-90	-90
Διαφορά	298	737	509	603	628
Άντληση (GWh)	0	0	-855	-894	-918
Πραγματικό ενεργειακό ισοζύγιο (GWh)	806	821	547	601	601
Ενέργεια ανηγμένη σε πρωτεύουσα (GWh)	676	501	772	805	807
Ετήσιο οικονομικό όφελος από ενέργεια (εκ. δρχ)	7774	5762	8878	9258	9281
Δείκτης επίδοσης (μικτό ετήσιο οικονομικό όφελος, εκ. δρχ)	7774	17662	20778	24778	25261