

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΣΤΟ ΒΑΘΥ ΚΑΛΥΜΝΟΥ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ :
ΑΓΑΠΗΤΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΕΡΓΑ ΦΑΝΗ
ΤΡΥΦΑ ΦΑΝΗ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΚΛΟΥΚΙΝΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ, 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντικείμενό της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση των αναγκών σε νερό και των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων της νήσου Καλύμνου, καθώς και η περιγραφή της εξωποτάμιας λιμνοδεξαμενής που έχει κατασκευαστεί στον οικισμό «Βαθύ». Η επιλογή του θέματος οφείλεται στο γεγονός ότι το υδατικό ισοζύγιο των νησιών του Αιγαίου γενικά, αλλά και της Καλύμνου ειδικότερα παρουσιάζει σημαντικά ελλείματα και παρόλο που έχει κατασκευαστεί ταμειυτήρας στο νησί το πρόβλημα της ύδρευσης και της άρδευσης εξακολουθεί να υφίσταται.

Η εργασία αποτελείται από τέσσερα μέρη, τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

Το **πρώτο** μέρος είναι θεωρητικό και ασχολείται με τα έργα αξιοποίησης των υδατικών πόρων γενικά. Επικεντρώνεται στην τεχνική γεωλογία των λιμνοδεξαμενών, τις εδαφοτεχνικές έρευνες, το σχεδιασμό και την κατασκευή των αναχωμάτων των λιμνοδεξαμενών και τα συστήματα στεγάνωσης με γεωμεμβράνες. Αναπτύσσεται σε 6 κεφάλαια.

Στο **δεύτερο** μέρος αναφέρονται στοιχεία που αφορούν το σύνολο του νησιού, όπως γεωγραφικά χαρακτηριστικά, διοικητική δομή, έκταση και μορφολογία, γεωλογικά χαρακτηριστικά και γεωμορφολογία, δημογραφικά και οικονομικά χαρακτηριστικά. Ακολουθούν υδρολογικά και υδρογεωλογικά στοιχεία, με προσδιορισμό των κύριων χαρακτηριστικών τους, καθώς και στοιχεία για την εκτίμηση σε ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης μέχρι το έτος 2020. Αναπτύσσεται σε 7 κεφάλαια.

Το **τρίτο** μέρος ασχολείται με την κατασκευασμένη λιμνοδεξαμενή στον οικισμό Βαθύ. Αναφέρονται τα υδρολογικά, γεωλογικά και γεωτεχνικά δεδομένα που λήφθηκαν υπόψη για την κατασκευή του έργου και περιγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φράγματος υδροληψίας, της διώρυγας προσαγωγής και του ταμειυτήρα. Αναπτύσσεται σε 7 κεφάλαια.

Στο **τέταρτο** μέρος, που αναπτύσσεται σε 3 κεφάλαια, αναφέρονται τα προβλήματα που υπάρχουν στη λειτουργία των έργων μετά την κατασκευή, πως μπορεί να γίνει η διαχείριση του υδροσυστήματος με τη συνδυασμένη χρήση των εργαλείων της στοχαστικής και λειτουργικής προσομοίωσης, προκειμένου να αξιοποιηθεί η υπάρχουσα λιμνοδεξαμενή και να μειωθούν τα προβλήματα υδροδότησης του νησιού και εξάγονται ορισμένα συμπεράσματα.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή πληροφοριών.

Τέλος στο **παράρτημα** παρουσιάζονται πίνακες και διαγράμματα που αναφέρονται σε επιμέρους κεφάλαια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια γίνεται αλλόγιστη χρήση των υπογείων νερών μέσω γεωτρήσεων. Το γεγονός αυτό έχει επιφέρει πολλά προβλήματα στα υδάτινα αποθέματα και απαιτείται ο άμεσος έλεγχος της εκμετάλλευσής τους σε συνδυασμό με την αξιοποίηση και των επιφανειακών υδάτων. Όμως ενώ στα υπόγεια νερά η αποθήκευση είναι μια φυσική διεργασία, στα επιφανειακά (με την εξαίρεση των φυσικών λιμνών) θα πρέπει να δημιουργηθεί τεχνητά, με την κατασκευή φραγμάτων και ταμιευτήρων.

Η επιλογή της ιδανικότερης κατασκευής προκύπτει από την μελέτη διαφόρων παραγόντων όπως: γεωμορφολογικές συνθήκες, υδρολογικούς παράγοντες, κόστος κατασκευής, αναγκαιότητα χρήσεων, εδαφοτεχνικές έρευνες κ.α.

Στη νήσο Κάλυμνο κατασκευάστηκε στον οικισμό Βαθύ εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή κατηγορίας μικρού φράγματος χωρητικότητας 156.000m^3 η οποία στεγανοποιείται με πλαστική γεωμεμβράνη και χρησιμοποιείται για την άρδευση 300 περίπου στρεμμάτων. Τα επιμέρους τεχνικά έργα που συνοδεύουν την δεξαμενή εμπίπτουν σε γεωλογικά, γεωτεχνικά και υδρολογικά δεδομένα που αναφέρονται στο νησί και τις ανάγκες του.

Οι αυξημένες ανάγκες συντήρησης της κατασκευής, η έλλειψη τεχνογνωσίας αλλά και κατάρτισμένου προσωπικού, καθώς και αδυναμία παρατήρησης και καταγραφής των υδρομετεωρολογικών μεγέθων και εισροών οδήγησαν σε άδειους ταμιευτήρες. Είναι συνεπώς αναγκαία η οργάνωση της σωστής διαχείρισης και λειτουργίας τους, όχι μόνο για να είναι αποδοτικά, αλλά και για να εξασφαλιστεί η προστασία των ταμιευτήρων ως υγροτόπων και υδατορευμάτων. Επίσης η έλλειψη πρωτογενών υδρομετεωρολογικών δεδομένων σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα των διεργασιών του υδρολογικού κύκλου απαιτούν την υιοθέτηση μιας στοχαστικής προσομοίωσης για τον περιορισμό και την ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας. Δηλαδή οι υδρολογικές μεταβλητές αντιμετωπίζονται ως στοχαστικές ανελίξεις και παράγεται ένα ευρύ σύνολο ισοπίθανων σεναρίων συνθετικών χρονοσειρών.

Μέσω της συνδυασμένης χρήσης των εργαλείων της στοχαστικής και λειτουργικής προσομοίωσης, διερευνήθηκαν τρεις εναλλακτικές διαχειριστικές πολιτικές των υδατικών πόρων της Καλύμνου για την περίοδο 2007-2020.

Τέλος προκειμένου να αρθούν ή να μειωθούν τα προβλήματα της διαχείρισης των υδατικών πόρων της νήσου Καλύμνου και να αξιοποιηθεί η υπάρχουσα λιμνοδεξαμενή προτείνονται λύσεις, που αναφέρονται συγκεντρωτικά στο τέταρτο μέρος της παρούσης μελέτης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
II. ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ.....	11
1. Έργα αξιοποίησης των υδατικών πόρων	12
1.1 Αξιοποίηση επιφανειακών και υπόγειων νερών	12
1.2 Λιμνοδεξαμενές	14
2. Τεχνική γεωλογία των Λιμνοδεξαμενών	16
2.1 Λεκάνη απορροής.....	16
2.2 Εντοπισμός θέσεων ταμιευτήρων	17
2.2.1 Επιλογή θέσης.....	17
2.2.2 Γεωλογικά κριτήρια καταλληλότητας θέσης.....	17
2.2.3 Προσαγωγός και φράγμα εκτροπής.....	18
3. Εδαφοτεχνικές έρευνες στις λιμνοδεξαμενές.....	19
3.1 Γενικά.....	19
3.2 Έρευνες σε λιμνοδεξαμενή με στεγανή λεκάνη και ανεπένδυτα πρανή	19
3.3 Έρευνες σε λιμνοδεξαμενή με επένδυση μεμβράνης.....	20
3.4 Εργαστηριακές δοκιμές	22
3.5 Όργανα ελέγχου.....	22
4 Σχεδιασμός και κατασκευή αναχωμάτων λιμνοδεξαμενών.....	23
4.1 Αρχές σχεδιασμού	23
4.2 Επιλογή τύπου αναχώματος	23
4.3 Στεγανά αναχώματα (χωρίς μεμβράνη)	24
4.4 Αναχώματα με μεμβράνη	25
4.5 Υπολογισμοί ελέγχου	26
4.5.1 Έλεγχος θεμελίωσης για τη θραύση.....	26
4.5.2 Συμπύεση – καθιζήσεις (παραδοχή δισδιάστατου χώρου).....	26
4.5.3 Δίκτυα ροής (παραδοχή δισδιάστατου χώρου)	27
4.5.4 Αναλύσεις ευστάθειας (μέθοδοι οριακής ισορροπίας).....	27
4.5.5 Σεισμική καταπόνηση	28

4.6 Απαιτήσεις υλικών κατασκευής	28
4.6.1 Ανάχωμα	28
4.6.2 Στραγγιστήρια.....	29
4.6.3 Φίλτρα	29
4.6.4 Ειδικές στρώσεις προστασίας μεμβράνης.....	29
4.6.5 Έλεγχος μεμβράνης	30
4.7 Κατασκευή διαπερατών αναχωμάτων	31
4.7.1 Προετοιμασία θεμελίωσης.....	31
4.7.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση	31
4.7.3 Ποιοτικός έλεγχος της κατασκευής.....	31
5 Στεγάνωση με γεωμεμβράνες	31
5.1 Εισαγωγή.....	31
5.2 Είδη και ιδιότητες γεωμεμβρανών	32
5.3 Προστασία γεωμεμβρανών	33
5.4 Αγκύρωση γεωμεμβράνης	34
5.5 Κατασκευή γεωμεμβράνης.....	35
6. Διαχείριση μετά το τέλος της κατασκευής.....	36
III.ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ	38
7 Γενικά χαρακτηριστικά της νήσου Καλύμνου.....	39
7.1 Ιστορικά στοιχεία	39
7.2 Γεωγραφική θέση.....	46
7.3 Διοικητική δομή.....	47
7.4 Γεωμορφολογική περιγραφή.....	47
7.5 Μετεωρολογικά στοιχεία – Κλίμα	48
7.6 Στοιχεία Χρήσης γη.....	50
7.7.1 Γενικά	51
7.7.2 Κτηνοτροφία	51
7.7.3 Γεωργία	51
7.7.4 Αλιεία	52
7.7.5 Βιομηχανία.....	52

7.7.6 Τουρισμός	52
7.8 Υποδομές.....	52
7.8.1 Ύδρευση-Αποχέτευση.....	52
7.8.2 Πρόσβαση – οδικό δίκτυο	53
7.9 Δημογραφικά στοιχεία.....	54
8 Γεωλογικά Χαρακτηριστικά	55
8.1 Εισαγωγή.....	55
8.2 Γεωλογία.....	55
8.3 Τεκτονική	59
8.4 Σεισμικότητα - Σεισμική επικινδυνότητα.....	59
9 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά.....	61
9.1 Υδρογεωλογία	61
9.2 Υδροφόροι σχηματισμοί	65
10 Υδρολογικά χαρακτηριστικά	66
10.1 Μετεωρολογικοί – Υδρομετρικοί σταθμοί.....	66
10.2 Βροχοβαθμίδα	66
10.3 Θερμοβαθμίδα	68
10.4 Λεκάνες απορροής	70
10.5 Επιφανειακή Βροχόπτωση - Θερμοκρασία.....	73
10.6 Επιφανειακή Δυνητική Εξατμοδιαπνοή.....	76
11 Εκτίμηση Πληθυσμιακής Εξέλιξης.....	77
11.1 Εκτίμηση μόνιμου πληθυσμού	77
11.2 Εκτίμηση εποχιακού πληθυσμού	78
12 Εκτίμηση Υδατικών αναγκών	79
12.1 Υδρευτικές ανάγκες μόνιμου πληθυσμού.....	80
12.2 Υδρευτικές ανάγκες εποχιακού πληθυσμού.....	80
12.3 Αρδευτικές ανάγκες	81
12.4 Υδατικές ανάγκες βιομηχανίας	83
12.5 Υδατικές ανάγκες κτηνοτροφίας.....	83

13 Υδρολογικό Ισοζύγιο	83
IV. ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ	86
14 Εξωποτάμια Λιμνοδεξαμενή (ΛΔ) στον οικισμό «Βαθύ» της νήσου Καλύμνου	87
14.1 Θέση – μορφολογία του έργου	88
14.2 Γενική διάταξη και βασικά χαρακτηριστικά των έργων	89
15 Υδρολογικά δεδομένα	91
15.1 Λεκάνη απορροής	91
15.2 Απορροές – αποθηκευόμενη ποσότητα νερού	91
15.3 Παροχή σχεδιασμού της διώρυγας προσαγωγής	91
15.4 Πλημμυρική παροχή σχεδιασμού του φράγματος υδροληψίας	92
16 Γεωλογικά και γεωτεχνικά δεδομένα	92
16.1 Γεωλογικές συνθήκες στη θέση κατασκευής του έργου	92
16.2 Γεωτεχνική έρευνα των εδαφών στη θέση κατασκευής της λιμνοδεξαμενής	93
16.3 Τυπική διατομή του αναχώματος	93
16.4 Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής των αναχωμάτων	93
16.5 Υλικό στραγγιστικής στρώσης	96
16.6 Έλεγχοι ευστάθειας	97
16.7 Σεισμικότητα της περιοχής	99
17. Περιγραφή και τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων	99
17.1 Φράγμα υδροληψίας	99
17.1.1 Θέση – Γενική διάταξη	99
17.1.2 Υδραυλικός υπολογισμός	100
17.1.3 Κατασκευαστικά στοιχεία	101
17.2 Διώρυγα προσαγωγής	101
17.2.1 Χάραξη – Κατά μήκος τομή	101
17.2.2 Παροχετευτικότητα – τυπική διατομή	101
17.2.3 Κατασκευαστικά στοιχεία	101
17.2.4 Τεχνικά έργα και εξοπλισμός της διώρυγας	102

17.3 Λιμνοδεξαμενή	102
17.3.1 Γενική διάταξη – χαρακτηριστικά στοιχεία	102
17.3.2 Χωματοургικές εργασίες	103
17. 3.3 Κατασκευή του αναχώματος	103
17.3.4 Στεγανοποίηση της λιμνοδεξαμενής	104
17.3.5 Τεχνικά έργα της λιμνοδεξαμενής.....	105
18 Στατικοί υπολογισμοί.....	106
18.1 Τοίχοι αντιστήριξης στην περιοχή του φράγματος υδροληψίας.....	106
18.2 Φράγμα υδροληψίας.....	112
18.3 Γέφυρα	112
18.4 Δάπεδο εργασίας στη θέση των θυροφραγμάτων.....	112
19 Αξιοποίηση της λιμνοδεξαμενής για την εφαρμογή αρδεύσεων	113
19.1 Θέση – συνοπτική περιγραφή των έργων.....	113
19.2 Γεωργοτεχνικά δεδομένα – Ανάγκες σε νερό άρδευσης.....	113
19.3 Παροχή σχεδιασμού των έργων.....	113
20 Τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων	114
20.1 Γενική διάταξη	114
20.2 Αντλιοστάσιο άρδευσης.....	114
20.2.1 Δομικές εργασίες.....	114
20.2.2 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	114
20.3. Αρδευτικό δίκτυο	115
20.3.1 Χάραξη των αγωγών.....	115
20.3.2 Υδραυλικός υπολογισμός	115
20.3.3 Υλικό κατασκευής, εγκατάσταση και εξοπλισμός δικτύου.....	116
V. ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ	117
21. Διαχείριση και λειτουργία των έργων μετά την κατασκευή.....	118
22 Διαχείριση Υδροσυστήματος.....	119
22.1 Εισαγωγή.....	119
22.2 Σχηματοποίηση υδροσυστήματος.....	119

22.3 Στρατηγικές Διαχείρισης	122
23 Συμπεράσματα.....	124
VI.ΠΗΓΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	126
VII.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	128

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σωστή διαχείριση των αναγκών και των αποθεμάτων νερού, σε συνδυασμό με την έρευνα των αναγκών σε ύδρευση, άρδευση παίζει καθοριστικό ρόλο, ιδιαίτερα στις νησιώτικες περιοχές, όπου η αειφορία είναι επιβεβλημένο να συνδυάζεται με

- την αυτονομία στην κάλυψη των αναγκών και
- τους ρυθμούς ανάπτυξης σε δυναμικούς τομείς της οικονομίας, οι οποίοι εμφανίζουν μεγάλες προοπτικές.

Στην Ελλάδα, η μικρής κλίμακας λεκάνες απορροής σε συνδυασμό με το ξηρό κλίμα και τις έντονες ενδοετήσιες και υπερετήσιες διακυμάνσεις των υδρολογικών μεγεθών περιορίζουν αισθητά τις δυνατότητες αξιοποίησης των επιφανειακών ροών. Το γεγονός αυτό επιτείνεται από τη συγκέντρωση της ζήτησης το καλοκαίρι, που στις περισσότερες περιοχές της χώρας η φυσική προσφορά νερού κατά τους θερινούς μήνες περιορίζεται σημαντικά ή και μηδενίζεται (π.χ. τα περισσότερα υδατορεύματα ξεραινόνται).

Είναι όμως ιδιαίτερα ενδιαφέρον ότι τόσο στη σύγχρονη Ελλάδα, όσο και στην αρχαία, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις πληθυσμού και δραστηριοτήτων, και η μεγαλύτερη πολιτιστική άνθιση παρατηρείται όχι στις πιο πλούσιες υδρολογικά, αλλά στις ξηρότερες περιοχές, με πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα την Αττική, που μαζί με τις Κυκλάδες αποτελούν τις ξηρότερες περιοχές της χώρας. Αυτό ενδεχομένως μπορεί να αποδοθεί στην καλύτερη ποιότητα ζωής που προσφέρει το ξηρό κλίμα και στα υγιεινότερα χαρακτηριστικά του -από πλευράς επιδημιολογίας των ασθενειών που σχετίζονται με το νερό, π.χ. ελονοσία- (Koutsoyiannis et al., 2007).

Με αυτές τις γεωγραφικές και κλιματολογικές συνθήκες, που δεν άλλαξαν σημαντικά από την αρχαιότητα, οι τεχνολογικές παρεμβάσεις στην φυσική διαίτα του νερού είναι η μοναδική διέξοδος. Υδραυλικά έργα ξεκινούν να κατασκευάζονται στην Ελλάδα από τη μινωική και μυκηναϊκή εποχή. Τα προϊστορικά αυτά έργα αποσκοπούν στη συλλογή και αποθήκευση του βρόχινου νερού, την αξιοποίηση του υπόγειου νερού, τη μεταφορά του νερού των πηγών με υδραγωγεία και την αποστράγγιση λιμνών και ελωδών εκτάσεων (Koutsoyiannis et al., 2007). Η τεχνολογική ανάπτυξη συνεχίζεται σε όλη την κλασική αρχαιότητα και φτάνει στην ακμή της στην ελληνιστική περίοδο. Στη σύγχρονη Ελληνική ιστορία, οι υποδομές των υδραυλικών έργων θεωρήθηκαν ως δείκτης οικονομικής και πολιτιστικής προόδου.

Διεθνώς, τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει σκεπτικισμός για τη σκοπιμότητα κατασκευής μεγάλων φραγμάτων, η οποία αποτυπώνεται στην Έκθεση της World Commission on Dams (2000). Ο σκεπτικισμός είναι εύλογος σχετικά με την κατασκευή νέων φραγμάτων σε ισχυρές Ευρωπαϊκές χώρες, αφού οι χώρες αυτές έχουν αναπτύξει ικανοποιητικά τους υδατικούς πόρους τους, τόσο από πλευράς διάθεσης νερού για υδρευτικές και αρδευτικές χρήσεις, όσο και από πλευράς παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ελλάδα όμως, οι υδατικοί πόροι δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμη στο βαθμό που θα έπρεπε, ώστε να καλύπτονται οι υδατικές αλλά και οι ενεργειακές ανάγκες της, ενώ διατίθεται η απαιτούμενη εγχώρια τεχνογνωσία για την κατασκευή και λειτουργία των έργων.

Η συνεχής αύξηση των υδρευτικών αναγκών, η αύξηση των έργων υδροληψίας, η ζήτηση νερού για άρδευση που αποτελεί περισσότερο από το 50% των σημερινών αναγκών των νησιών, η υπεράντληση των υπογείων υδροφορέων και η απουσία διαχειριστικής πολιτικής για μείωση της υδρευτικής ζήτησης δημιουργούν μεγάλο πρόβλημα στην υφιστάμενη κατάσταση των υδατικών πόρων της Ελλάδας.

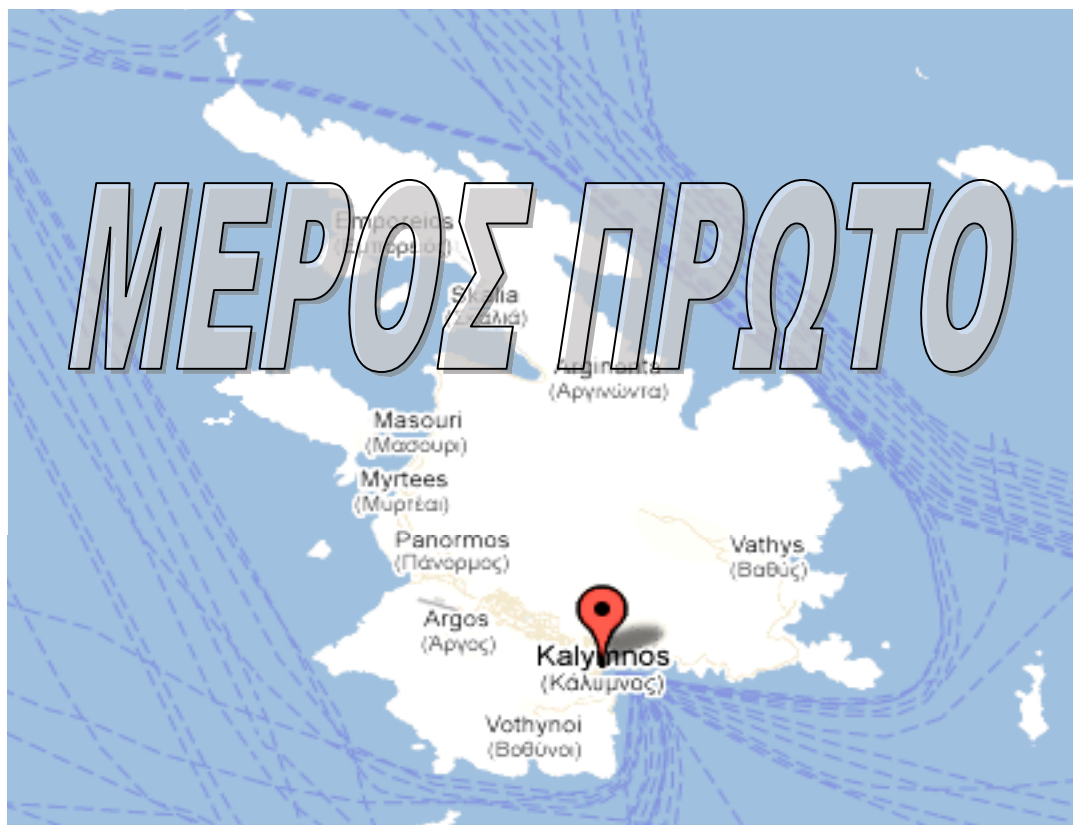
Τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκαν μια σειρά μικρής κλίμακας έργων (λιμνοδεξαμενές συνήθως εξωποτάμιες), οι οποίες σχεδιάστηκαν με στόχο την κάλυψη καταναλωτικών χρήσεων και αποδείχθηκαν ιδιαίτερα χρήσιμες σε τοπική κλίμακα.

Τα έργα των λιμνοδεξαμενών έρχονται να καλύψουν βασικές αρδευτικές και υδρευτικές κυρίως ανάγκες των άνυδρων περιοχών της χώρας, όπως είναι τα νησιά του Αιγαίου, αλλά και να δώσουν μια λύση στο πρόβλημα της διαχείρισης του νερού.

Παρατηρείται μια γεωγραφική ανισοκατανομή των υδατικών πόρων στην Ελλάδα, με την ύπαρξη των περισσότερων απ' αυτών στο δυτικό τμήμα της χώρας (Δυτική Στερεά και Ήπειρος), ενώ σε άλλες περιοχές υπάρχουν ελάχιστα υδατικά αποθέματα (Κυκλάδες και Δωδεκάνησα). Το γεγονός αυτό οφείλεται σε κλιματολογικούς και γεωγραφικούς παράγοντες. Επιπλέον υπάρχει και χρονική ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων, με τις περισσότερες βροχές να πέφτουν τους χειμερινούς μήνες και ελάχιστες έως και καθόλου τους θερινούς. Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους παράγοντες γίνεται φανερό η ανάγκη ύπαρξης έργων ταμίευσης των επιφανειακών νερών, ειδικά για τα νησιά.

Οι λιμνοδεξαμενές εκτός από τη συμβολή τους στην αποθήκευση του επιφανειακού νερού, βοηθούν και στην αύξηση του υδατικού δυναμικού της χώρας. Τέτοια έργα έχουν πολλαπλές ευεργετικές πτυχές, για την ανάπτυξη (παραγωγή ενέργειας, άρδευση), την ποιότητα ζωής (ύδρευση, οικότουρισμός) και το περιβάλλον (οικοσυστήματα, αισθητική τοπίου).

Κατά συνέπεια, μπορούμε να πούμε ότι τα έργα ανάπτυξης των υδατικών πόρων, έχουν ως σήμερα συμβάλει θετικά στο περιβάλλον. Και παράλληλα, εξασφαλίζουν την αξιοποίηση των υδατικών πόρων, συμβάλλουν στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας αλλά και έχουν πολλαπλές θετικές επιπτώσεις στην οικονομία και την ανάπτυξη, όπως καταδεικνύουν αρκετά παραδείγματα μικρών και μεγάλων ταμιευτήρων.



1. Έργα αξιοποίησης των υδατικών πόρων

1.1 Αξιοποίηση επιφανειακών και υπόγειων νερών

Τα υπόγεια νερά (όπου υπάρχουν) έχουν αξιοποιηθεί σε επαρκή βαθμό με τη διάνοιξη και λειτουργία συλλογικών ή ιδιωτικών γεωτρήσεων. Αυτό γιατί η αξιοποίηση των υπόγειων νερών παρουσιάζει (κυρίως για μικρής και μεσαίας κλίμακας τοπική αξιοποίηση) τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα σε σχέση με αυτή των επιφανειακών, δεδομένου ότι δεν απαιτεί κατασκευή έργων ταμίευσης και μεταφοράς. Για τον ίδιο όμως λόγο, η αξιοποίηση των υπόγειων νερών έχει συχνά οδηγήσει στην υπερεκμετάλλευσή τους, σε βαθμό πολύ μεγαλύτερο του ρυθμού ανανέωσης των αποθεμάτων. Έτσι, σε πολλές παράκτιες περιοχές και νησιά, αλλά και σε μερικές περιπτώσεις και σε απομακρυσμένες από τη θάλασσα περιοχές, είναι εμφανή τα προβλήματα της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδατικών πόρων, όπως ταπείνωση στάθμης, καθιζήσεις εδαφών, υφαλμύριση και γενικότερα ποιοτική υποβάθμιση του νερού (Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001). Στα προβλήματα αυτά πρέπει να προστεθεί και η σημαντική ενέργεια που απαιτείται για την άντληση από μεγάλα βάθη. Τα προβλήματα που προκάλεσε η υπερεκμετάλλευση είναι δισεπίλυτα, λόγω της αργής κίνησης και ανανέωσης του υπόγειου νερού (μπορεί να απαιτούνται και αιώνες για την αντιστροφή της κατάστασης).

Έτσι, σήμερα είναι επιτακτική η ανάγκη αυστηρά ελεγχόμενης εκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφοριών, συνδυασμένης με την αξιοποίηση των επιφανειακών νερών. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι, ποσοτικά, τα επιφανειακά νερά είναι κατά πολλές φορές (πάνω από μία τάξη μεγέθους) περισσότερα από τα υπόγεια.

Δεδομένου ότι το νερό είναι ανανεώσιμος πόρος, αυτό που έχει σημασία δεν είναι η ποσότητα των αποθεμάτων μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (εδώ προφανώς τα υπόγεια νερά είναι περισσότερα) αλλά ο ρυθμός ανανέωσής του (οπότε υπερισχύουν σαφώς τα επιφανειακά).

Όμως ενώ στα υπόγεια νερά η αποθήκευση είναι μια φυσική διεργασία, στα επιφανειακά (με την εξαίρεση των φυσικών λιμνών) θα πρέπει να δημιουργηθεί τεχνητά, με την κατασκευή φραγμάτων και ταμιευτήρων. Επομένως, η συλλογή και αποθήκευση των επιφανειακών νερών απαιτεί επενδύσεις σημαντικού ύψους και προκαλεί αρκετές αλλαγές στο περιβάλλον.

Κατά συνέπεια, με δεδομένη την κακή ποσοτική αλλά και ποιοτική κατάσταση των υπόγειων υδατικών πόρων της χώρας και την επιτακτική απαίτηση ανάκαμψής τους, αποτελεί μονόδρομη διαχειριστική επιλογή η αξιοποίηση των επιφανειακών υδατικών πόρων. Η επιλογή αυτή συνδυάζεται με μικρής, μεσαίας και μεγάλης κλίμακας και οικονομικής αξίας έργα, τα οποία μπορούν να καλύψουν τα υδατικά ελλείμματα των προβληματικών περιοχών της χώρας και τη μερική επαναφορά των υπόγειων υδατικών πόρων σε ανεκτή κατάσταση. Λόγω της κλίμακας τους, τα έργα αυτά απαιτούν προσεκτικό περιβαλλοντικό σχεδιασμό με στόχο τη κατά το δυνατό μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τη μεγιστοποίηση των θετικών.

Η κατασκευή μεγάλων ταμιευτήρων επιφανειακών υδάτων είναι σίγουρο ότι επιτρέπει την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων και επομένως τη διάθεση «φθηνού» νερού για την κάλυψη αναγκών πολλαπλής χρήσης (ύδρευση, άρδευση, ενέργεια, τουρισμός κλπ.).

Πρέπει, όμως, να σημειωθεί ότι οι μορφολογικές συνθήκες δεν είναι πάντα ευνοϊκές για το σχεδιασμό μεγάλων φραγμάτων. Άλλωστε λίγοι είναι και οι ποταμοί της Ελλάδας με συνεχή ροή και αξιόλογη παροχή και οι περισσότεροι βρίσκονται στον κορμό της ηπειρωτικής χώρας.

Σε αντιδιαστολή με τα μεγάλα αυτά έργα, υπάρχει η λύση της αποθήκευσης σημαντικών αποθεμάτων νερού για την ανάπτυξη της χώρας σε πολλούς και μικρούς ταμιευτήρες με φράγματα μικρού ύψους, που αξιοποιούν αρκετά καλά τις δυνατότητες που προσφέρει ένα ομαλότερο τοπογραφικό ανάγλυφο και οι μικρές λεκάνες απορροής.

Επισημαίνεται ότι το μέγεθος αυτών των έργων είναι περισσότερο συμβατό με τις συνθήκες των ξηρών και ημίξηρων περιοχών της χώρας, όπου παρατηρούνται απορροές χειμαρρικού τύπου με μεγάλες άνυδρες περιόδους.

Το σχετικά χαμηλό κόστος και το σύντομο χρονικό διάστημα κατασκευής επιτρέπει το σχεδιασμό τέτοιων έργων ακόμη και όταν υπάρχουν θέσεις για μεγάλα φράγματα, καθώς εμπεριέχει αναπτυξιακή δυναμική άμεσης απόδοσης. Τα κεφάλαια που δεσμεύονται, ως επένδυση δεν συγκρίνονται με τα αντίστοιχα των μεγάλων φραγμάτων στο επίπεδο του κατασκευαστικού σταδίου ούτε και στο επίπεδο του ερευνητικού σταδίου. Ο χρόνος που απαιτείται για την επιλογή θέσης, την εκπόνηση του ερευνητικού – μελετητικού προγράμματος και την έναρξη της κατασκευής μπορεί να είναι ακόμα και μικρότερος του ενός έτους. Επίσης μικρό είναι και το κόστος των συνοδών έργων (υπερχειλιστής κλπ.), σύντομο το χρονικό διάστημα κατασκευής (μία ή το πολύ δύο ξηρές περίοδοι) και μικρά τα απαιτούμενα αρδευτικά δίκτυα. Με άλλα λόγια πρόκειται για παραγωγικά έργα άμεσης απόδοσης.

Οι μικροί ταμιευτήρες μπορούν να καλύπτουν υδροδοτικές ανάγκες πολλαπλών χρήσεων, όπως η ύδρευση, η άρδευση, η βιομηχανία, ο τουρισμός, η κτηνοτροφία, οι ιχθυοκαλλιέργειες κλπ. Η χωρητικότητα ενός μικρού ταμιευτήρα μπορεί να κυμαίνεται από 10.000 m³ έως 1.000.000 m³ ή και περισσότερο.

Στις περιοχές που κατασκευάστηκαν φράγματα ή λιμνοδεξαμενές άρχισαν να αντιμετωπίζονται με αποτελεσματικό τρόπο οι επικρατούσες συνθήκες απερίμωσης και έκτοτε επικρατεί ένα καθεστώς αναπτυξιακής πνοής. Παράλληλα αναπτύχθηκαν αξιόλογα οικοσυστήματα χλωρίδας και πανίδας στο νέο περιβάλλον, που δημιούργησε η παρουσία του νερού. Έτσι αναβαθμίστηκε και η οικολογική αξία αυτών των περιοχών.

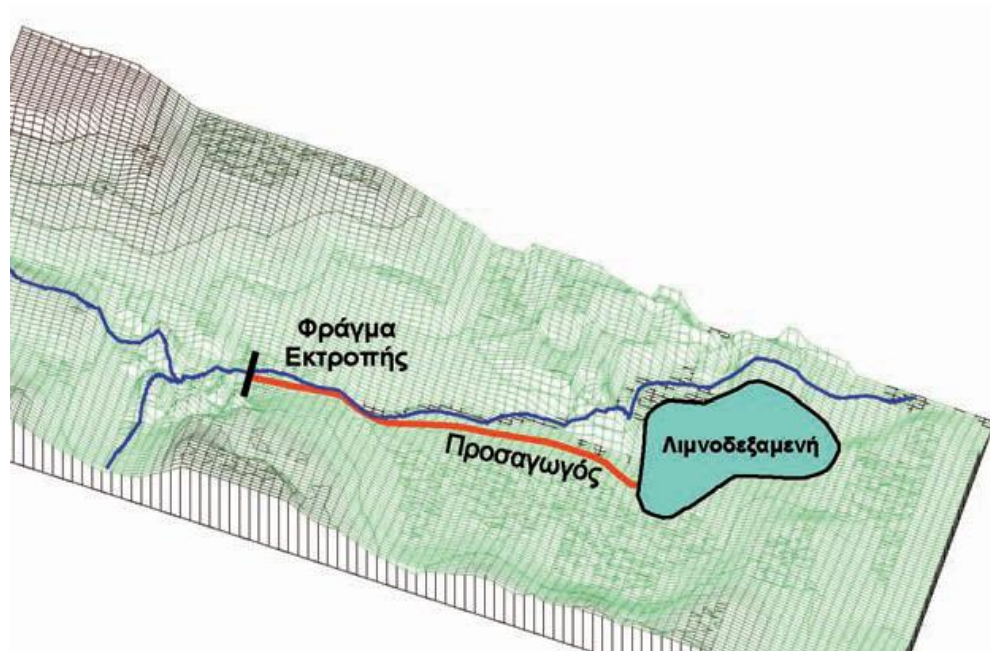
Οι «τεχνητές λίμνες» που δημιουργήθηκαν μπορούν να αποτελέσουν πόλο έλξης για αναψυχή του ανθρώπινου δυναμικού που διαβιώνει στην ευρύτερη ζώνη, αλλά και για επενδύσεις αγρο-τουριστικών μονάδων κλπ. Έτσι, στις περιοχές αυτές, παρατηρείται σήμερα μια αξιοσημείωτη αναζωογόνηση του κοινωνικού ιστού και αρχίζουν αναπτυξιακές προσπάθειες με νέες δυναμικές. Ήδη διαφαίνεται ότι τα έργα αυτά επιδρούν θετικά σε μια νέα «τουριστική κατάσταση» που τείνει να διαμορφωθεί όσον αφορά στη φυσιολατρία.

1.2 Λιμνοδεξαμενές

Οι λιμνοδεξαμενές είναι μικροί ταμιευτήρες επιφανειακών υδάτων, που κατασκευάζονται είτε μέσα στις κούτες χειμάρρων (επιποτάμεις), είτε έξω από αυτές σε φυσικές ή τεχνητές λεκάνες κατάκλισης (εξωποτάμεις). Σ' αυτές συγκεντρώνονται τα νερά για να καλύψουν τις αρδευτικές και υδρευτικές ανάγκες κυρίως σε άνυδρες περιοχές (π.χ. νησιά).

Στην Ελλάδα ο όρος «λιμνοδεξαμενή» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, στο πλαίσιο του προγράμματος μελέτης και κατασκευής αυτών των τεχνικών έργων κατά τη δεκαετία του '80.

Σήμερα με τον όρο «λιμνοδεξαμενή» αναφέρονται συνήθως οι εξωποτάμιοι ταμιευτήρες επιφανειακών υδάτων (εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή). Πρόκειται για λεκάνες κατάκλισης, που διαμορφώνονται με εκσκαφές και φράσσονται με ανάχωμα, το οποίο κατασκευάζεται σε επιλεγμένη περιοχή με κατάλληλα μορφολογικά χαρακτηριστικά, συνήθως αμφιθεατρικής μορφής (Εικόνα 1). Πρόκειται για σύνθετα έργα αποτελούμενα από τρία διακριτά τεχνικά έργα:



Εικόνα 1 Έργα εξωποτάμιας λιμνοδεξαμενής

- Τον χώρο του ταμιευτήρα που διαμορφώνεται τεχνητά, όπως προαναφέρθηκε
- Το φράγμα εκτροπής στο χείμαρρο του οποίου θα αξιοποιηθούν οι απορροές
- Τον αγωγό μεταφοράς του νερού από το φράγμα εκτροπής έως τον ταμιευτήρα

Το φράγμα εκτροπής είναι υπερπηδητός αναβαθμός χαμηλού ύψους, με δυνατότητα πλευρικής απαγωγής του νερού μέσω αύλακας που φέρει σχάρα. Τα χονδρόκοκα φερτά υλικά συνεχίζουν την πορεία τους προς τα κατόντη. Η διαστασιολόγησή του είναι συνάρτηση των συνθηκών απορροής.

Στο φράγμα εκτροπής προσαρμόζονται επίσης και έργα παγίδευσης φερτών υλικών, ειδικά όταν ο χειμάρρος τροφοδοτείται από λεκάνη απορροής γυμνή σε βλάστηση και με εκτεταμένο εδαφικό κάλυμμα ή ευδιάβρωτα πετρώματα. Η δεξαμενή καθίζησης των λεπτόκοκκων φερτών αποτελεί ιδιαίτερο τμήμα, πριν από τον αγωγό μεταφοράς του νερού και εξοπλίζεται με πλέγμα (σίτα) ή φιλτροσωλήνα για τη συγκράτηση έξω από τον προσαγωγό υλικών που επιπλέουν, όπως φύλλα κ.α. Η διάσταση της δεξαμενής αυτής εξαρτάται από τον όγκο του απαγομένου νερού.

Τα έργα κατασκευής του προσαγωγού, γενικά, δεν είναι σημαντικά και περιορίζονται στην εκσκαφή για την προστασία του σωλήνα ή της διώρυγας και τυχόν τεχνικά στις διασταυρώσεις με ρέματα. Επίσης απαιτείται τεχνικογεωλογική αναγνώριση της διαδρομής για να αποφευχθούν περιοχές κατολισθήσεων ή καταπτώσεων και να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας. Επιδιώκεται πάντα η εξεύρεση της πλέον οικονομικής και τεχνικά απλής διαδρομής του έργου προσαγωγής του νερού.

Όταν η λιμνοδεξαμενή τροφοδοτείται από τη βασική ροή του χειμάρρου προτιμάται κλειστός αγωγός. Όταν υπάρχει ανάγκη εκμετάλλευσης τμήματος των πλημμυρικών παροχών προτιμάται η ανοικτή διώρυγα.

Οι εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές κατασκευάζονται έξω από την κοίτη μικρών χειμάρρων ή ποταμών, σε φυσικές συνήθως κοιλότητες του εδάφους που προσφέρονται για αποθήκευση νερού, χωρίς απαραίτητα να εξετάζεται αν το έδαφος είναι διαπερατό ή όχι.

Η φυσική κοιλότητα που επιλέγεται για την κατασκευή της λιμνοδεξαμενής φράσσεται στα τμήματα όπου το φυσικό ανάγλυφο είναι χαμηλότερα από τη στέψη της δεξαμενής, με αναχώματα που κατασκευάζονται από τα υλικά των εκσκαφών διαμόρφωσης της λεκάνης κατάκλυσης.

Ο τρόπος κατασκευής του αναχώματος είναι παρόμοιος με αυτόν των χωμάτων ή λιθόρριπτων φραγμάτων και ακολουθούνται οι ίδιες προδιαγραφές συμπύκνωσης, στράγγισης και σεισμικής απόκρισης και ελέγχεται με επιτόπου εργαστήριο δοκιμών εδαφομηχανικής. Οι τυχόν εκσκαφές γίνονται για την οριζοντίωση του πυθμένα, αλλά και για τη διαμόρφωση επίπεδων επιφανειών στα πρανή της δεξαμενής ώστε να αυξηθεί η χωρητικότητα της και να είναι στη συνέχεια εύκολη, εφόσον χρειάζεται, η κάλυψή τους με αδιαπέρατη μεμβράνη από πλαστικό (γεωμεμβράνη).

Η γεωμεμβράνη χρησιμοποιείται όταν το έδαφος δεν είναι στεγανό, για την κάλυψη τόσο του πυθμένα όσο και των πρανών. Κατά κανόνα τοποθετείται πάνω σ' ένα στρώμα γαιωδών προϊόντων της εκσκαφής, κατάλληλης κοκκομετρικής σύνθεσης και στη συνέχεια επικαλύπτεται με ένα στρώμα από τα ίδια υλικά ή αφήνεται ακάλυπτη, αφού αγκυρωθεί με βάρη για προστασία από τον άνεμο και τον κυματισμό. Έτσι πλέον, η στεγανότητα δεν αποτελεί κυρίαρχο κριτήριο επιλογής μιας θέσης, λόγω της ευρείας χρήσης των μεμβρανών.

Το υλικό κατασκευής της μπορεί να είναι πολυμερισμένο πλαστικό, όπως το ειδικά επεξεργασμένο PVC (χλωριούχο πολυβινύλιο), ή το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) απλού τύπου ή ενισχυμένου με γεωπλέγμα (διπλή μεμβράνη – COEX).

Λόγω της απλότητας της κατασκευής της η εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή είναι οικονομικά συμφέρουσα για εφαρμογή σε μικρής έκτασης αρδευτικά δίκτυα.

Από γεωτεχνικής πλευράς η λύση της λιμνοδεξαμενής προσφέρεται για εφαρμογές σε ποικίλες γεωλογικές συνθήκες, ενώ περιβαλλοντικά είναι αποδεκτή λόγω της περιορισμένης ανάγκης εκχέρσωσης περιοχών δανειοθαλάμων και της ασήμαντης επίδρασης στα οικοσυστήματα που υπάρχουν κατά μήκος των ποταμών καθώς και στις κατάντη περιοχές που τυχόν τροφοδοτούνται από τις απορροές του χειμάρρου.

2. Τεχνική γεωλογία των Λιμνοδεξαμενών

2.1 Λεκάνη απορροής

Η γεωμορφολογική ανάλυση και η σαφής γνώση της γεωλογικής δομής της λεκάνης απορροής έχει μεγάλη σημασία στην εκτίμηση των υδρολογικών παραμέτρων. Από το μέγεθος της απορροής και τη διάρκειά της διαστασιοποιούνται το φράγμα εκτροπής και ο προσαγωγός, αλλά και η συνολική χωρητικότητα της λιμνοδεξαμενής. Στις εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές επιδιώκεται η τροφοδοσία τους με τη βασική ροή του χειμάρρου και όχι με τις πλημμυρικές παροχές.

Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου (ανάλυση κατά Horton και Strahler), η εξάπλωση των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών (διαπερατοί ή στεγανοί, συνεκτικοί ή ευδιάβρωτοι, βραχώδους ή εδαφικού χαρακτήρα), οι μορφολογικές κλίσεις, η τεκτονική (πτυχώσεις και βασικοί άξονές τους, ρήγματα και ευρύτερες ζώνες διάτμησης), η φυτοκάλυψη και η ένταση των βροχοπτώσεων επηρεάζουν τον συντελεστή απορροής, αλλά και τη μορφή του μοναδιαίου υδατογραφήματος.

Για τη λεκάνη απορροής απαιτείται να συνταχθεί:

- Γεωλογικός – υδρολιθικός χάρτης
- Χάρτης μορφολογικών κλίσεων και υδρογραφικού δικτύου και
- Χάρτης διαβρωσιμότητας και ενεργών γεωμορφολογικών φαινομένων

Με βάση αυτά, που θεωρούνται προαπαιτούμενα στοιχεία για την πλήρη υδρολογική μελέτη μιας λιμνοδεξαμενής, θα εκπονηθεί ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση και θα εκτιμηθεί η μορφή του μοναδιαίου υδρογραφήματος και του όγκου των φερτών υλών στη συγκεκριμένη θέση.

2.2 Εντοπισμός θέσεων ταμιευτήρων

2.2.1 Επιλογή θέσης

Οι γεωμορφολογικές συνθήκες είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την επιλογή της κατάλληλης θέσης. Οι μικροί ταμιευτήρες δεν τοποθετούνται σε κοιλάδες όπου ρέει μεγάλο ποτάμι ή σε περιοχές με έντονη μορφολογική κλίση. Πρέπει να φράσσονται μικρές κοιλάδες με απαλά πρηνή, όπου η μεγαλύτερη χωρητικότητα του ταμιευτήρα εξασφαλίζεται με το μικρότερο όγκο αναχώματος. Ενδεικτικά οι κλίσεις των πρηνών της κοιλάδας ή του μορφολογικού κοιλώματος, καλό είναι να κυμαίνονται μεταξύ 3% - 8%. Για ταμιευτήρες 30.000 - 200.000 μ³ αντιστοιχούν αναχώματα με 7-12 μ. ύψος και 30-200 μ. ύψος.

Για την κατασκευή ταμιευτήρων νερού σε κάποια περιοχή είτε με τη μορφή εξωποτάμιων λιμνοδεξαμενών είτε μικρών φραγμάτων πάνω στην κοίτη των ρεμάτων, πρέπει να εξασφαλίζονται οι παρακάτω βασικές προϋποθέσεις:

1. Η ύπαρξη κατάλληλης τοπογραφικής διαμόρφωσης του εδάφους για τον τύπο του ταμιευτήρα που πρόκειται να κατασκευαστεί, όπως επίσης και ευνοϊκή γεωλογία της περιοχής του έργου.
2. Η ύπαρξη νερού για την τροφοδοσία του ταμιευτήρα, κατά προτίμηση πηγαίου ή επιφανειακού από χείμαρρους που διατηρούν μόνιμη ροή κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ως την άνοιξη.
3. Η ύπαρξη αναγκών σε άρδευση ή ύδρευση σε λογική απόσταση από τον ταμιευτήρα, ο οποίος θα τις καλύψει ολικά ή ενισχυτικά σε συνδυασμό με άλλες υφιστάμενες πηγές νερού.
4. Το κόστος του έργου σε συνάρτηση με τις απαλλοτριώσεις, τον αποθηκευόμενο όγκο νερού και τις εκτιμώμενες ανάγκες.

Ουσιαστική βοήθεια στον εντοπισμό των θέσεων, παρέχει η μελέτη αεροφωτογραφιών της περιοχής. Τέλος θα πρέπει να ερευνάται το σεισμοτεκτονικό καθεστώς της περιοχής μελέτης και να αποφεύγεται η τοποθέτηση των έργων μιας λιμνοδεξαμενής πάνω σε ενεργά ρήγματα.

2.2.2 Γεωλογικά κριτήρια καταλληλότητας θέσης

Για την επιλογή μιας θέσης ως κατάλληλης για την κατασκευή μικρού ταμιευτήρα τα σημαντικότερα γεωλογικά κριτήρια είναι:

1. **Το βάθος των εκσκαφών** που μπορούν να γίνουν με απλή χρήση του μαχαιριού της μπουλντόζας και του ρίπερ. Αναζητούνται χαλαροί και κατά το δυνατόν γεωλογικοί σχηματισμοί, όπως Τεταρτογενή ή Νεογενή όχι ασβεστολιθικής σύστασης. Επίσης η τιμή της αντοχής σε θλίψη (σ_c) δίνει το μέτρο του βραχώδους χαρακτήρα ενός πετρώματος. Οι μαλακοί ή εδαφικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν τιμές $\sigma_c < 70 \text{ Kg/cm}^2$, οι ημίβραχοι 700-2100 Kg/cm^2 και οι βραχώδεις μεγαλύτερες τιμές.
2. **Η αντοχή της ζώνης θεμελίωσης** στο βάρος του αναχώματος. Πρέπει να ερευνώνται: η φύση των γεωλογικών σχηματισμών, η κοκκομετρία, η ορυκτολογική σύσταση, τα χαρακτηριστικά τους στη συμπίκνωση και η διαπερατότητα. Η χρήση γεωμεμβρανών μειώνει τις έρευνες μόνο ως προς τη διαπερατότητα.

3. **Η στεγανότητα της λεκάνης κατάκλισης.** Σήμερα επειδή έχουν ευρεία χρήση οι γεωμεμβράνες ο παράγοντας αυτός δεν εξετάζεται ιδιαίτερα. Το κόστος όμως του έργου θα είναι μικρότερο σε περίπτωση φυσικής στεγανότητας. Στην αναζήτηση στεγανών θέσεων θα πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους σε πορώδη πετρώματα, χονδρόκοκκους σχηματισμούς, ευδιάλυτες στρώσεις ή πρόσφατες αλλουβιακές προσχώσεις μεγάλου πάχους.
4. **Η θέση του υδροφόρου ορίζοντα,** που πρέπει να εξετάζεται στη ζώνη της θεμελίωσης. Σε περιπτώσεις στεγανοποίησης με γεωμεμβράνες, η καλή γνώση της ψηλής στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα είναι απαραίτητη. Η γεωμεμβράνη «φουσκώνει» όταν από κάτω της υπάρχει νερό και γι' αυτό πρέπει πάντα μεταξύ αυτής και του φυσικού εδάφους μετά τις εκσκαφές να παρεμβάλλονται στραγγιστικά συστήματα.
5. **Η διαβρωσιμότητα** και η ευστάθεια των φυσικών ή τεχνητών πρανών. Αποφασιστικό ρόλο παίζουν η ορυκτολογική σύσταση, το συνδετικό υλικό και ο βαθμός διαγένεσης στα ιζηματογενή πετρώματα, η χαλαρότητα του πετρώματος, το μέγεθος και η μορφή των κόκκων.
6. **Η καταλληλότητα και η επάρκεια γεωϋλικών** για την κατασκευή του αναχώματος, των στραγγιστηρίων κ.λ.π. Επειδή η δεξαμενή κατασκευάζεται με εκσκαφές σε έδαφος ή σε πέτρωμα υψηλού βαθμού αποσάθρωσης και τα είδη εκσκαφής επαναχρησιμοποιούνται, πρέπει να προσδιορίζονται οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του υλικού αυτού. Με τη γεωλογική έρευνα οριοθετούνται οι περιοχές των διαφόρων σχηματισμών, που θα ερευνηθούν με φρέατα δειγματοληψίας για διεξαγωγή εργαστηριακών εδαφοτεχνικών δοκιμών.
7. **Η σεισμικότητα μιας περιοχής** επηρεάζει τις διαστάσεις του αναχώματος και των άλλων έργων. Η μελέτη της σεισμικής επικινδυνότητας προσδιορίζει το συντελεστή σεισμικής επιβάρυνσης (ϵ) της κατασκευής και της επιφανειακής επιτάχυνσης (g). Ο συνδυασμός της σεισμικής ιστορίας μιας περιοχής με τις γεωλογικές συνθήκες, δίνει στοιχεία για την εκτίμηση ενδεχόμενου προβλήματος μιας κατασκευής από σεισμό.

2.2.3 Προσαγωγός και φράγμα εκτροπής

Το φράγμα εκτροπής είναι ένας υπερπηδητός αναβαθμός χαμηλού ύψους που έχει την δυνατότητα να απαγάγει την ποσότητα νερού που προβλέπεται, πλευρικά από τον προσαγωγό. Η θεμελίωση του έργου είναι καλό να καλύπτει τέτοια έκταση, ώστε να αντέχει στις πλημμυρικές παροχές των χειμάρρων. Στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται θεμελίωση στο βραχώδες υπόβαθρο. Η γεωλογική προσέγγιση του έργου αφορά το διαχωρισμό των χαλαρών από του βραχώδεις σχηματισμούς, την εκτίμηση υπόγειας ροής και τις συνθήκες ευστάθειας των πρανών στη ζώνη του έργου.

Τα έργα κατασκευής του προσαγωγού γενικά δεν είναι σημαντικά και περιορίζονται στην εκσκαφή για την προστασία του σωλήνα ή της θεμελίωσης της διώρυγας και τεχνικά προβλήματα στις διασταυρώσεις με μισγάγγειες. Απαιτείται τεχνικογεωλογική αναγνώριση της διαδρομής για να αποφευχθούν περιοχές κατολισθήσεων ή καταπτώσεων και να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.

3.Εδαφοτεχνικές έρευνες στις λιμνοδεξαμενές

3.1 Γενικά

Οι εδαφοτεχνικές έρευνες που απαιτούνται πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στο μέγεθος του έργου και στον τρόπο στεγανοποίησής του.

Η ανεπένδυτη λιμνοδεξαμενή είναι ένα χωμάτινο φράγμα σε μικρογραφία, έχει όμως τα ίδια δύσκολα προβλήματα και χρειάζεται τις ίδιες γεωλογικές και γεωτεχνικές έρευνες μ' αυτό, περιορισμένες μόνο ως προς την έκταση.

Η επενδεδυμένη λιμνοδεξαμενή παρουσιάζει σοβαρές ιδιαιτερότητες και διαφοροποιήσεις από τα χωμάτινα φράγματα, οι οποίες έχουν άμεσο αντίκτυπο στην έκταση και το είδος των εδαφοτεχνικών ερευνών. Παρακάμπτει τις δυσκολίες στη στεγανοποίηση χρησιμοποιώντας την επένδυση με μεμβράνη και έτσι αποφεύγει τις επίπονες και ακριβές εργασίες.

Η μελέτη της λιμνοδεξαμενής αρχίζει με την «Αναγνωριστική Μελέτη» και ακολουθείται από την «Προμελέτη» και την «Οριστική μελέτη». Η «Αναγνωριστική Μελέτη» περιλαμβάνει :

- Τη σκοπιμότητα
- Την υδρολογία
- Την τοπογραφική αποτύπωση
- Την γεωλογική αποτύπωση και γεωτεχνική αναγνώριση

Μετά την «Αναγνωριστική Μελέτη» και με βάση τα γεωλογικά στοιχεία, ορίζονται βασικές κατευθύνσεις και παίρνονται αποφάσεις για την κατασκευή του έργου, όπως:

- Όγκος νερού και ύψος αναχωμάτων
- Δυνατότητα στεγανής λεκάνης ή στεγανοποίησης με μεμβράνη
- Εκτιμήσεις για τις απαιτούμενες ποσότητες εδαφικών υλικών για αναχώματα, φίλτρα, κ.ά. και ανάγκες για δανειοθαλάμους
- Εκτιμήσεις για ειδικά προβλήματα της έδρασης των αναχωμάτων ή της ευστάθειας των πρανών του φυσικού εδάφους

Ακολουθεί το στάδιο της «Προμελέτης» και προγραμματίζεται η γεωτεχνική έρευνα που βασίζεται στα στοιχεία της γεωλογίας και στις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Τέλος γίνεται η «Οριστική μελέτη», αφού έχουν αποσαφηνιστεί οι εδαφικές συνθήκες.

3.2 Έρευνες σε λιμνοδεξαμενή με στεγανή λεκάνη και ανεπένδυτα πρανή

Η κατασκευή αυτή παρουσιάζεται σε περιοχές όπου επικρατούν συνεκτικά εδαφικά υλικά, συνήθως στο κάτω μέρος της ροής του χειμάρρου ή σε άλλες θέσεις που το υπόβαθρο αποτελείται από αδιαπέραστα πετρώματα.

Η ανεπένδυτη λιμνοδεξαμενή εξομοιώνεται με μικρό φράγμα, με μόνη διαφορά ότι οι υδροστατικές πιέσεις είναι μικρές και η ευστάθειες των αναχωμάτων ευνοϊκότερες. Αντίθετα η ταχεία εκκένωση με τις υψηλές πιέσεις των πόρων που την ακολουθούν είναι φαινόμενο που συμβαίνει συχνότερα και εντονότερα σε μια λιμνοδεξαμενή παρά σε ένα φράγμα.

Το αντικείμενο της εδαφοτεχνικής έρευνας εδώ είναι:

- Η στεγανότητα της λεκάνης
- Η ευστάθεια των φυσικών πρηνών
- Η ασφαλής έδραση των αναχωμάτων
- Η καταλληλότητα των προϊόντων εκσκαφής για υλικά αναχωμάτων και η συμπύκνωση για τη στεγανότητα
- Η διερεύνηση της δίαυσης των υπογείων νερών της περιοχής και
- Η εύρεση δανειοθαλάμων για υλικά φίλτρων, επιστρώσεων κ.λ.π.

Για τους σκοπούς αυτούς είναι απαραίτητο να περιλαμβάνει:

- 6 έως 20 γεωτρήσεις στην περίμετρο και το εσωτερικό της λεκάνης σε αρκετό βάθος, ώστε να δίνουν πλήρη και σαφή εικόνα της στρωματογραφίας
- Δοκιμές διαπερατότητας σε διάφορα βάθη
- 6 έως 10 πιεζόμετρα για τον έλεγχο της υπόγειας ροής
- 10 έως 12 φρέατα για την πύκνωση των σημείων ελέγχου, τη δειγματοληψία και τον χαρακτηρισμό της εκσκαψιμότητας των υλικών
- Γεωφυσικά (σεισμική και γεωηλεκτρική μέθοδος) για την πύκνωση των σημείων ελέγχου
- 10 έως 20 φρέατα βάθους μέχρι 4,0 μέτρων για την αναζήτηση δανειοθαλάμων για υλικά αναχωμάτων, φίλτρων, στραγγιστηρίων, κ.λπ.
- Εργαστηριακές δοκιμές για την καταλληλότητα των προϊόντων εκσκαφής και των εδαφών των δανειοθαλάμων. Η στάθμη των ελέγχων είναι στάθμη υδραυλικού έργου, δηλαδή φράγματος, γι' αυτό το πλήθος των δοκιμών πρέπει να είναι αρκετό, ώστε η στατιστική επεξεργασία να καλύπτει τις πειραματικές αβεβαιότητες. Η ικανότητα για συμπύκνωση των υλικών έχει μεγάλη σημασία για την ταχύτητα και την ασφάλεια της κατασκευής, ενώ και η στεγανότητα των αναχωμάτων εξαρτάται πολύ από την καλή συμπύκνωση.

3.3 Έρευνες σε λιμνοδεξαμενή με επένδυση μεμβράνης

Η χρησιμοποίηση της μεμβράνης απλοποιεί πολύ τη μελέτη και την κατασκευή. Δεν ενδιαφέρει πλέον η διαπερατότητα του πυθμένα της λεκάνης, ούτε των αναχωμάτων. Ο βαθμός συμπύκνωσης των αναχωμάτων ενδιαφέρει μόνο ό,τι αφορά την ευστάθεια και τις παραμορφώσεις. Τα χωματουργικά της κατασκευής αναφέρονται πλέον σε ανάχωμα οδοποιίας και όχι σε υδραυλικό έργο. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιαδήποτε «τυχαία υλικά» προϊόντων εκσκαφής, κοκκώδη εδάφη ή ακόμη βραχώδη υλικά. Τα διαπερατά υλικά ή τα κοκκώδη εδάφη ή τα πετρωματικά υλικά έχουν υψηλές γωνίες εσωτερικής τριβής και καλύπτουν εύκολα τις απαιτήσεις αντοχής.

Για κατασκευαστικούς λόγους επιβάλλονται μικρές κλίσεις από 1:3,5 έως 1:4 στο εσωτερικό πρηνές και από 1:2 έως 1:2,5 στο εξωτερικό.

Τα ύψη είναι σχετικά μικρά (10-15 μ.) και επομένως η ευστάθεια του αναχώματος έχει αυξημένο συνταλεστή ασφαλείας

Το αντικείμενο της εδαφοτεχνικής έρευνας σ' αυτή την περίπτωση περιορίζεται πλέον:

- Στον έλεγχο της καταλληλότητας των προϊόντων εκσκαφής για υλικά αναχώματος
- Σε τυχόν ειδικά προβλήματα του χώρου, την έδραση των αναχωμάτων και την ευστάθεια των πρανών της λεκάνης
- Στη διερεύνηση της δίαιτας των υπόγειων νερών της περιοχής
- Στη διερεύνηση δανειοθαλάμων για υλικά φίλτρων, επιστρώσεων κ.λ.π.

Έτσι η έρευνα περιορίζεται τώρα, αλλά πρέπει οπωσδήποτε να περιλαμβάνει:

- 2 έως 3 γεωτρήσεις με βάθος τουλάχιστον μέχρι 30 μ. για την προσαρμογή της γεωλογικής μελέτης στις κατασκευαστικές απαιτήσεις
- 3 έως 4 πιεζόμετρα για τον έλεγχο της υπόγειας ροής
- 10 έως 15 φρέατα για δάνεια υλικά, ανάλογα με το είδος και την ποσότητα
- Εργαστηριακές δοκιμές στα υλικά των δανειοθαλάμων και στα προϊόντα των εκσκαφών για έλεγχο της καταλληλότητας (δοκιμές κατάταξης – δοκιμές Proctor).

3.4 Εργαστηριακές δοκιμές

Οι εργαστηριακές δοκιμές εστιάζονται κυρίως σε τρεις βασικές ιδιότητες των εδαφικών υλικών:

- Την ικανότητα συμπίκνωσης
- Την καταλληλότητα για υλικά φίλτρων, υποστρώματος, επιστρώματος και
- Τη διατμητική αντοχή

Είναι σκόπιμο επίσης να ελέγχονται και άλλες ιδιότητες των πετρωμάτων όπως η συμπίεσιμότητα και διογκωσιμότητα, η ορυκτολογική σύσταση, διάφορες χημικές ιδιότητες (θειικά, ανθρακικά, οργανικά κ.λ.π.), αλλά έχουν δευτερεύουσα σημασία.

Εφόσον γίνεται έλεγχος ευστάθειας του αναχώματος σε συνθήκες κορεσμού ή διαρροής (π.χ. περίπτωση σκισίματος της μεμβράνης) πρέπει να εκτελούνται και τριαξονικές δοκιμές για αντίστοιχες συνθήκες, καθώς και δοκιμές διασποράς της αργίλου.

3.5 Όργανα ελέγχου

Η γεωτεχνική έρευνα πρέπει να προτείνει μερικά στοιχειώδη όργανα ελέγχου, όπου απαιτούνται. Για την τοποθέτηση των οργάνων διακρίνουμε πάλι την περίπτωση της στεγανοποιημένης με μεμβράνη δεξαμενής, από τη φυσικά στεγανή.

Στην τελευταία εφαρμόζονται κυρίως πιεζόμετρα ανοιχτού ή κλειστού τύπου για τον έλεγχο της διαρροής.

Η δεξαμενή που στεγανοποιείται με μεμβράνη έχει μικρότερες ανάγκες σε όργανα, αλλά μια στοιχειώδης παρακολούθηση είναι απαραίτητη, γιατί μόνο όταν υπάρχουν μετρήσεις ή ποσοτικές διαπιστώσεις είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί γρήγορα και αποτελεσματικά μια έκτακτη περίπτωση.

Είναι δύσκολο να προκαθοριστεί ποιος είναι ο ελάχιστος βαθμός παρακολούθησης. Κυρίως είναι απαραίτητος ο έλεγχος των υδραυλικών στοιχείων και δευτερευόντως των παραμορφώσεων, όταν οι ειδικές τοπικές συνθήκες το υπαγορεύουν. Η παρακολούθηση των υδραυλικών στοιχείων περιλαμβάνει:

1. Μέτρηση των βροχοπτώσεων στην περιοχή της λεκάνης απορροής
2. Παρακολούθηση της στάθμης της λίμνης
3. Έλεγχο και μέτρηση της εκροής των στραγγιστηρίων και
4. Μέτρηση της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα σε πιεζόμετρα

Η παρακολούθηση των παραμορφώσεων γίνεται κυρίως με τοπογραφική αποτύπωση ορισμένων σταθερών σημείων της επιφάνειας και σε ειδικές περιπτώσεις με κλισιόμετρα. Ενδεχόμενη υποχώρηση θα προέρχεται πιθανόν από συνίζηση του επιχώματος λόγω ελλιπούς συμπίκνωσης. Μπορεί να παρατηρηθούν επίσης διαβρώσεις της επιφάνειας των πρανών και αποθέσεις φερτών υλικών σε τάφρους και πρανή,

4 Σχεδιασμός και κατασκευή αναχώματων λιμνοδεξαμενών

4.1 Αρχές σχεδιασμού

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού και οι βασικές απαιτήσεις ενός αναχώματος είναι να μπορούν να εξασφαλιστούν οι παρακάτω προϋποθέσεις για:

1. **Ευσταθή πρανή:** Ελεύθερα εσωτερικής διατμητικής αστοχίας μέσω του αναχώματος μόνο ή μέσω του αναχώματος και της θεμελίωσης
2. **Ασφάλεια από την εσωτερική διάβρωση:** η μόνιμη ροή νερού δια μέσου του αναχώματος ή της θεμελίωσης μπορεί να προκαλέσει έντονες υδραυλικές δυνάμεις, οι οποίες θα παρασύρουν τους κόκκους, με κίνδυνο τη γρήγορη «μετανάστευση» λεπτόκοκκου υλικού και την αστοχία λόγω εσωτερικής διάβρωσης.
3. **Αποδεκτή ροή δια μέσου του αναχώματος και της θεμελίωσης:** ακόμα και όταν η απώλεια νερού είναι «οικονομικά παραδεκτή» η κατασκευή θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να παραλαμβάνει με ασφάλεια τις πιθανές διηθήσεις.
4. **Ευστάθεια εσωτερικών διεπιφανειών:** όπου υπάρχουν περισσότερα του ενός τύπου υλικά, η εισχώρηση του ενός στο άλλο πρέπει να είναι αποδεκτή και να οδηγεί σε σταθερές συνθήκες. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται σε ζώνες που χρησιμοποιούνται για μόνιμη ή παροδική στράγγιση.
5. **Αποδεκτές καθιζήσεις:** οι καθιζήσεις και ιδιαίτερα αυτές που θα συμβούν μετά την κατασκευή, πρέπει να υπολογιστούν με ικανοποιητική ακρίβεια και να είναι αποδεκτές.
6. **Επιφανειακή διάβρωση:** η διάβρωση των εκτιθέμενων επιφανειών του αναχώματος τόσο ανάντη όσο και κατόντη πρέπει να προσεχθεί, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται λεπτόκοκκα υλικά.

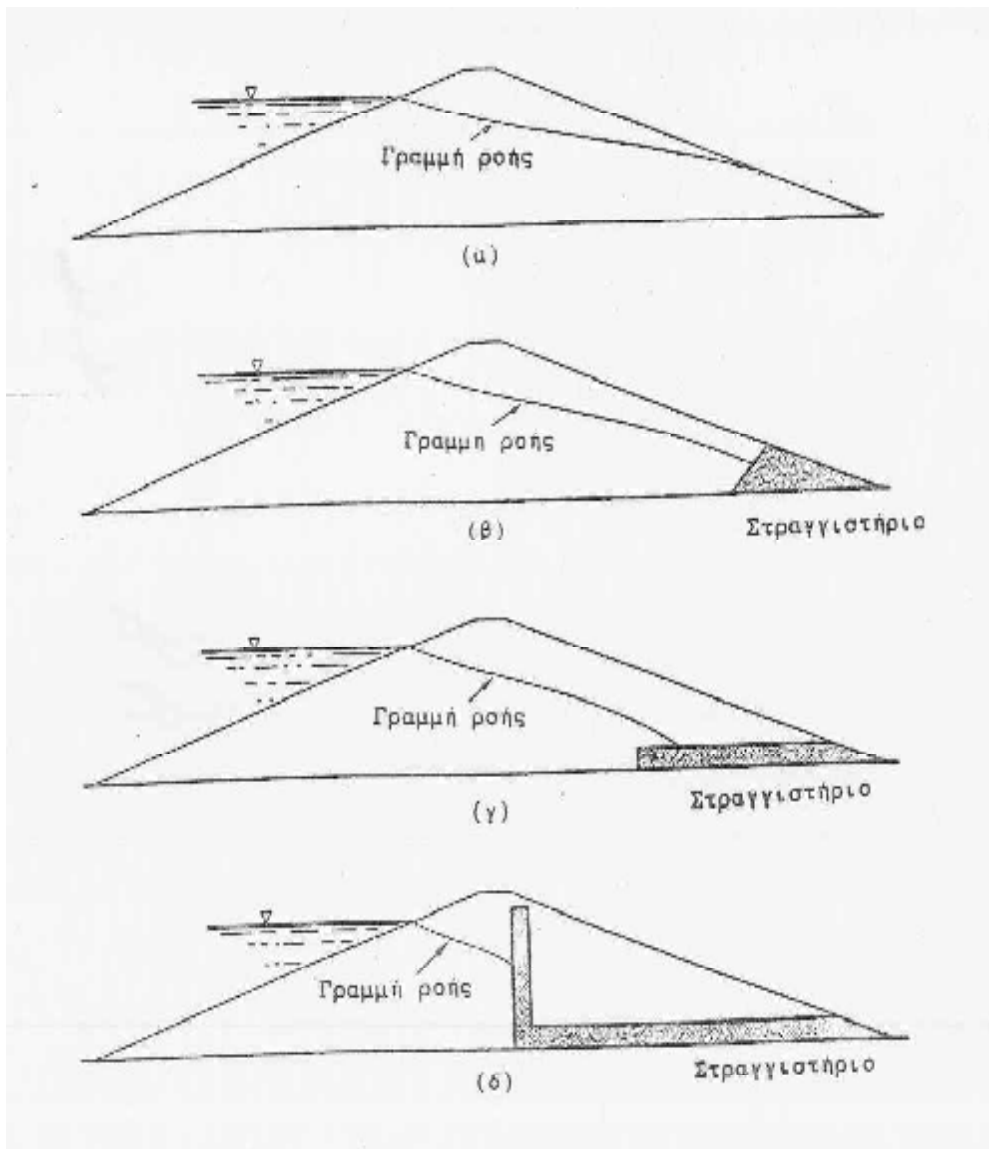
4.2 Επιλογή τύπου αναχώματος

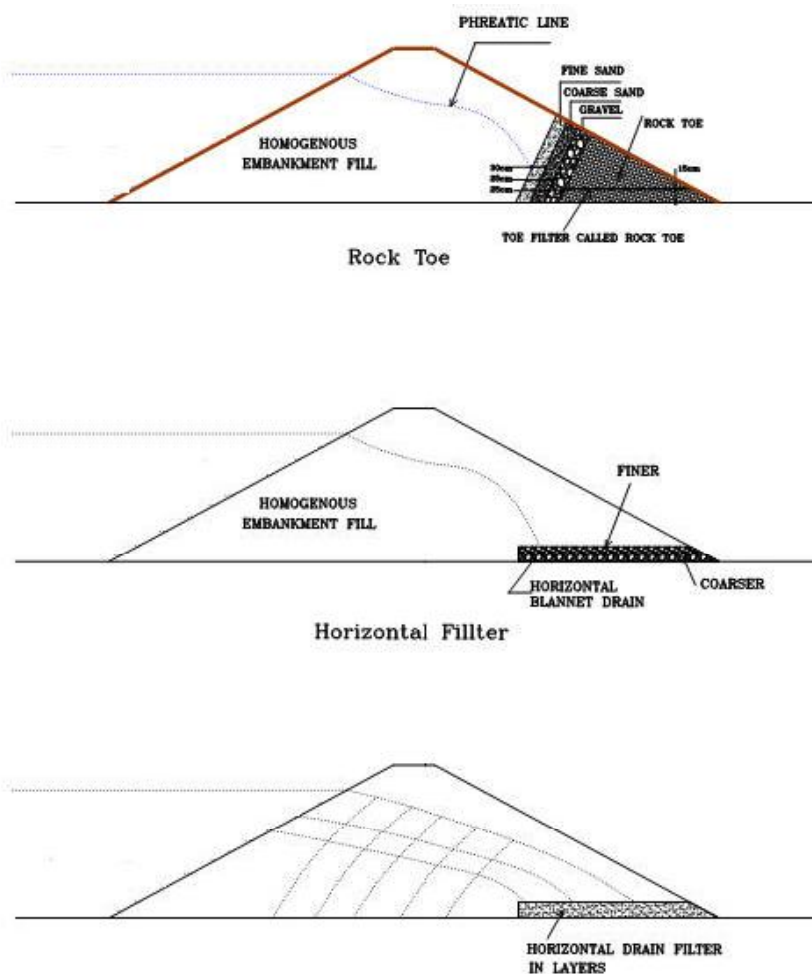
Η επιλογή εξαρτάται από:

1. Γεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά θεμελίωσης. Κρίσιμοι παράμετροι είναι η υδροπερατότητα, αλλά και η αντίσταση στη διάβρωση και η συμπίεστικότητα. Εξαρτώνται από τους τύπους των πετρωμάτων, το βαθμό αποσάθρωσης και κερματισμού και το πάχος των διαπερατών στρώσεων.
2. Γεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά λεκάνης. Μεγαλύτερη σημασία έχει η υδροπερατότητα. Απαιτείται έλεγχος πιθανών απωλειών από την κοίτη ή τα αντερείσματα, οι οποίες εξαρτώνται από τη γεωλογική δομή της περιοχής, τους τύπους των πετρωμάτων και το βαθμό αποσάθρωσης και κερματισμού.
3. Διαθεσιμότητα κατάλληλων δάνειων υλικών. Τα διαβρεχόμενα αναχώματα (χωρίς μεμβράνη) απαιτούν υλικά μικρής υδροπερατότητας για το εσωτερικό του αναχώματος και ανθεκτικά υλικά για τα πρανή των κελυφών. Τα μη διαβρεχόμενα επιχώματα (με μεμβράνη) έχουν πολύ μικρότερες απαιτήσεις.
4. Οικονομία. Αν ικανοποιούνται οι συνθήκες στεγανότητας της λεκάνης τότε ο τύπος του αναχώματος είναι αντικείμενο οικονομοτεχνικής μελέτης.

4.3 Στεγανά αναχώματα (χωρίς μεμβράνη)

Σε σχέση με τη διαζώνισή τους μπορούμε να τα χωρίσουμε σε ομοιογενή και με ζώνες. Το ομοιογενές ανάχωμα είναι η παλαιότερη μορφή αναχώματος και κατασκευάζεται από σχετικά αδιαπέρατα υλικά. Απαιτείται εξασφάλιση του κατάντη κελύφους για την ταπείνωση της γραμμής ροής και την αύξηση της ασφάλειας για την αποφυγή της ολίσθησης. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με έναν από τους τρόπους που παρουσιάζεται διαγραμματικά στο σχήμα 1





Σχήμα 1: Διατάξεις αναχώματος

Τα αναχώματα με ζώνες αποτελούνται συνήθως από μια σχετικά αδιαπέρατη ζώνη (πυρήνα) και από κελύφη τα οποία τη στηρίζουν και την προστατεύουν. Ο πυρήνας μπορεί να είναι κεντρικός, κεκλιμένος προς τα ανάντη, με προεκτάσεις στη βάση, κ.ά. Κρίσιμη είναι η απαίτηση για προσεκτικά σχεδιασμένες ζώνες προστασίας των επιφανειών, τα φίλτρα και τα στραγγιστήρια.

Βασικές απαιτήσεις είναι η ικανοποιητική στράγγιση του ανάντη κελύφους σε απότομο καταβιβασμό, η ικανοποιητική στράγγιση του κατόντη κελύφους σε συνθήκες μόνιμης ροής / λειτουργίας, η ασφάλεια σε διατμητική αστοχία της θεμελίωσης ή του αναχώματος και η μικρή και ασφαλής διήθηση μέσω της θεμελίωσης.

4.4 Αναχώματα με μεμβράνη

Τα αναχώματα με στεγανωτική μεμβράνη υπάγονται στη γενική κατηγορία των φραγμάτων με ανάντη στεγανωτικό στοιχείο. Υλικά όπως οπλισμένο σκυρόδεμα, ασφαλτικό σκυρόδεμα και χάλυβας, έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης σε φράγματα. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται με μεγαλύτερη συχνότητα μεμβράνες από ασφαλτικά υλικά, PVC και πολυαιθυλένιο, ακόμη και για φράγματα μέτριου ύψους (40 μ.). Η αναγκαιότητα στεγάνωσης με μεμβράνη προκύπτει όταν δεν υπάρχουν υλικά κατάλληλα για την κατασκευή στεγανού φράγματος.

Επίσης και όταν υπάρχουν τα υλικά αλλά ο ταμιευτήρας δεν είναι υδατοστεγανός, έτσι ώστε να αποφευχθεί ειδική κατασκευή προσαρμογής στο ανάντη πόδι του αναχώματος.

Η διαζώνιση του αναχώματος εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των φυσικών υλικών. Προτιμούνται τα προϊόντα των εκσκαφών για τη διαμόρφωση των παρειών της δεξαμενής, από τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα, με ελάχιστες εξαιρέσεις. Το είδος του υλικού μπορεί να κυμαίνεται από πολύ χονδρή λιθορριπή έως άργιλο. Ακατάλληλα κρίνονται υλικά με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά ή εξαιρετικά διαβρώσιμα (π.χ. ανυδρίτης).

Η κλίση των ανάντη πρανών καθορίζεται εν μέρει από τη διατμητική αντοχή των υλικών του κελύφους και των στρώσεων προστασίας και εν μέρει από κατασκευαστικούς περιορισμούς (π.χ. κλίση στην οποία μπορούν να κυκλοφορούν μηχανήματα διάστρωσης και συμπύκνωσης). Η κλίση των κατόντη πρανών καθορίζεται κυρίως από τη διατμητική αντοχή των υλικών. Η θέση της μεμβράνης είναι συνήθως πάνω ή κοντά στην ανάντη παρειά και τότε μπορεί να καλυφθεί από ειδική στρώση προστασίας. Οι τύποι των στραγγιστηρίων κατόντη κελύφους παρουσιάζονται στο σχήμα 1 που προηγήθηκε.

Η θεμελίωση πρέπει να ελεγχθεί ως προς τη συμπιεστότητα και την ασφάλειά που έχει στη διατμητική θραύση. Οι αγωγοί υδροληψίας και οι εγκάρσιοι συλλεκτές των στραγγιστηρίων πρέπει να τοποθετούνται μέσα σε όρυγμα.

4.5 Υπολογισμοί ελέγχου

4.5.1 Έλεγχος θεμελίωσης για τη θραύση

Ελέγχεται η θεμελίωση για τη θραύση λόγω του φορτίου του αναχώματος. Η περιοχή κοντά στο πόδι των παρειών είναι κρίσιμη. Χρησιμοποιούνται συνήθως τριγωνικά φορτία που υπολογίζονται από ελαστικές λύσεις. Απαιτούμενες παράμετροι για τον υπολογισμό είναι η πυκνότητα γ , η συνοχή c και η γωνία διατμητικής αντοχής ϕ .

4.5.2 Συμπύεση – καθιζήσεις (παραδοχή δισδιάστατου χώρου)

Οι άμεσες καθιζήσεις υπολογίζονται με χρήσεις απλών παραδοχών ελαστικότητας. Απαιτούμενοι παράμετροι υπολογισμού είναι το μέτρο ελαστικότητας (E), ο λόγος Poisson (ν) και η πυκνότητα (γ) των υλικών. Τα φορτία υπολογίζονται συνήθως με χρήση απλοποιημένων παραδοχών.

Υπολογισμοί στερεοποίησης και μακροχρόνιων καθιζήσεων γίνονται τόσο για τη θεμελίωση, όσο και για το σώμα του αναχώματος. Απαιτούμενοι παράμετροι υπολογισμού είναι ο συντελεστής στερεοποίησης (C_c), ο λόγος κενών (e_o), ο συντελεστής συμπύεσης (m_v) και ο δείκτης στερεοποίησης (C_v).

Τα αποτελέσματα των καθιζήσεων χρησιμοποιούνται για την διαμόρφωση της απαιτούμενης υπερέψωσης του φράγματος και για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του αναχώματος.

4.5.3 Δίκτυα ροής (παραδοχή δισδιάστατου χώρου)

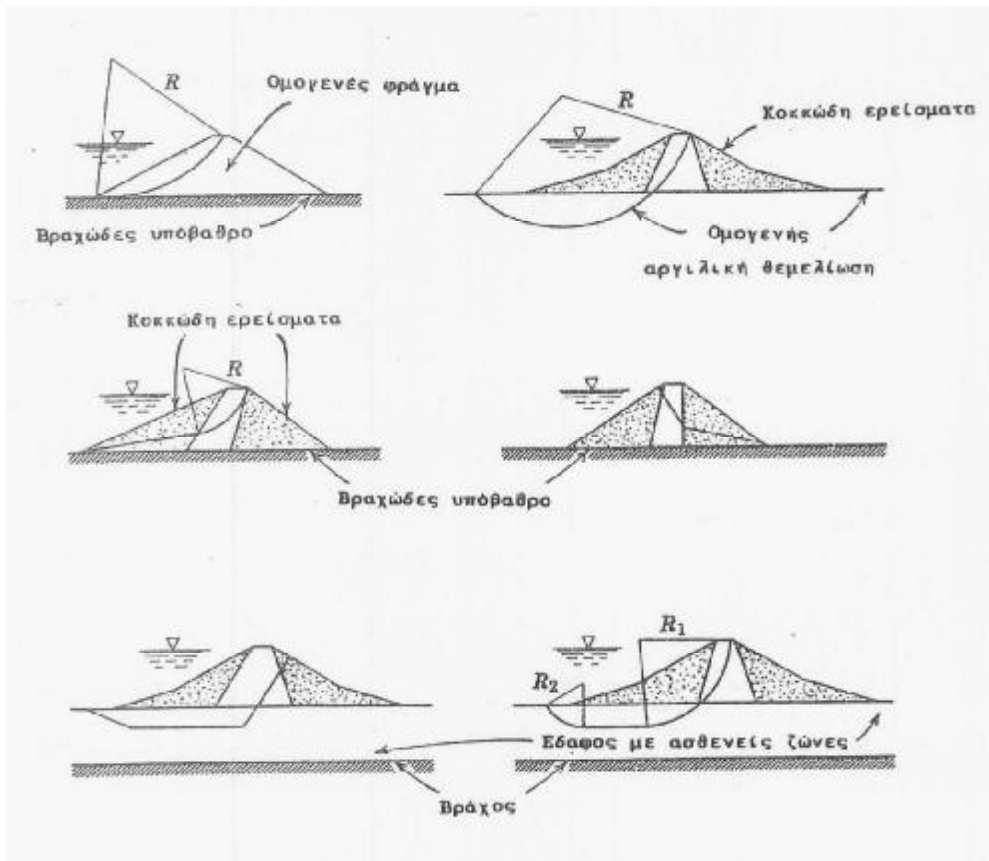
Με τη χρήση απλών μεθόδων (με εξισώσεις κλειστής μορφής, γραφικές κατασκευές ή με αριθμητικές μεθόδους) υπολογίζονται η ελεύθερη επιφάνεια ροής και η ποσότητα

των διηθήσεων δια μέσου του αναχώματος στην περίπτωση των στεγανών αναχωμάτων ή στην περίπτωση σημαντικής καταστροφής της μεμβράνης. Απαιτούνται οι συντελεστές υδροπερατότητας των διαφόρων υλικών.

4.5.4 Αναλύσεις ευστάθειας (μέθοδοι οριακής ισορροπίας)

Οι αναλύσεις ευστάθειας με τη μέθοδο της οριακής ισορροπίας υπολογίζουν το συντελεστή ασφαλείας κατά της ολίσθησης σε προκαθορισμένες επιφάνειες. Για λόγους υπολογιστικής απλότητας η μορφή των επιφανειών θεωρείται συνήθως κυλινδρική, δηλαδή κυκλική σε δύο διαστάσεις. Για το σωστό και πλήρη έλεγχο πρέπει να εξετάζονται όλοι οι πιθανοί μηχανισμοί που μπορεί να εμπεριέχουν κυκλικές ή και τυχαίας μορφής επιφάνειες. Γενικά οι εξεταζόμενες επιφάνειες για πιθανή αστοχία υπαγορεύονται από τη γεωμετρία του αναχώματος και της θεμελίωσης. Ένα παράδειγμα πιθανών επιφανειών αστοχίας που θα πρέπει να ελεγχθούν παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Οι φάσεις της κατασκευής που πρέπει να ελεγχθούν είναι:

Ανάντη	κενή δεξαμενή – τέλος κατασκευής (και με σεισμό)
	κενή δεξαμενή – πλήρης στερεοποίηση (και με σεισμό)
	πλήρης δεξαμενή (και με σεισμό)
	πλήρης δεξαμενή, διάτρητη μεμβράνη
Κατάντη	τέλος κατασκευής (και με σεισμό)
	πλήρης στερεοποίηση (και με σεισμό)
	διάτρητη μεμβράνη – δίκτυο ροής



Σχήμα 2: Τυπικές επιφάνειες ελέγχου για αναλύσεις ευστάθειας

4.5.5 Σεισμική καταπόνηση

Τα αναχώματα των λιμνοδεξαμενών έχουν συνήθως μικρό ύψος (έως 15 μ.) και δεν απαιτούν δυναμικές αναλύσεις. Η επίδραση του σεισμού εξετάζεται με τη χρήση ισοδύναμων σεισμικών συντελεστών. Μια εμπειρική μέθοδος ελέγχου είναι η χρήση ισοδύναμου σεισμικού συντελεστή ίσου με το μισό της μέγιστης καθοριζόμενης επιτάχυνσης στο έδαφος και επιτρεπόμενου συντελεστή ασφαλείας κατά της ολίσθησης με μεθόδους οριακής ισορροπίας ίσου με 1.1.

Ανάλογα με τη φύση των υλικών του αναχώματος και της θεμελίωσης, απαιτείται εκτίμηση των αναμενόμενων καθιζήσεων λόγω σεισμού για το σχεδιασμό της υπερύψωσης του φράγματος.

4.6 Απαιτήσεις υλικών κατασκευής

4.6.1 Ανάχωμα

Είναι κατάλληλα όλα τα υλικά εκτός από τα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικά, τις φυτικές γαίες και τα εδάφη με έντονη τάση διασποράς και διάβρωσης. Προτιμώνται τα κοκκώδη υλικά γιατί έχουν μεγαλύτερη αντίσταση σε διάβρωση και μεγαλύτερη αντοχή.

4.6.2 Στραγγιστήρια

Απαιτούνται φυσικά ή θραυστά ανθεκτικά υλικά, που συνήθως πληρούν τις προϋποθέσεις για αδρανή σκυροδέματος. Πρέπει να έχουν επαρκή διαπερατότητα και εσωτερική σταθερότητα (αντίσταση σε απώλεια υλικού λόγω ροής). Ικανή προστασία για τη «μόλυνση» εξασφαλίζεται με στρώση φυσικού ή συνθετικού φίλτρου. Η παροχευτικότητα των στραγγιστηρίων ελέγχεται για τη ροή και αν χρειάζεται ενισχύεται με σωλήνες στράγγισης.

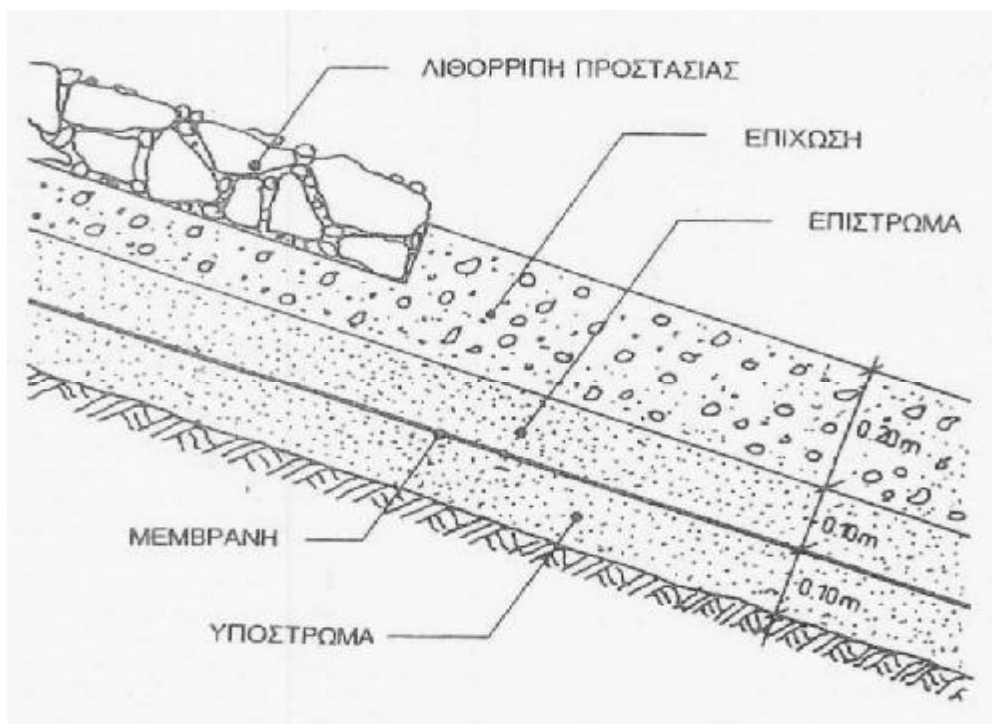
4.6.3 Φίλτρα

Απαιτούνται φυσικά ή θραυστά ανθεκτικά υλικά, που συνήθως πληρούν τις προϋποθέσεις για αδρανή σκυροδέματος. Πρέπει να έχουν κατάλληλη διαβάθμιση, η διαπερατότητά τους να είναι μεγαλύτερη από το υλικό που προστατεύουν και να παρουσιάζουν εσωτερική σταθερότητα.

4.6.4 Ειδικές στρώσεις προστασίας μεμβράνης

Το υπόστρωμα και το επίστρωμα πρέπει να αποτελείται από σχετικά ανθεκτικά υλικά με κύρια χαρακτηριστικά την επαρκή υδροπερατότητα και την αντοχή. Ο μέγιστος κόκκος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5 χιλ. για να μην τραυματίζεται η μεμβράνη και η περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα πρέπει να είναι σχετικά μικρή. Ενδεικτική διάταξη των στρώσεων προστασίας παρουσιάζεται στο σχήμα 3.

Η επίχωση καλό είναι να αποτελείται από φυσικό ή θραυστό υλικό (π.χ. αμμοχάλικο) ανθεκτικό σε μικρούς κυματισμούς που θα δρά και ως φίλτρο προστασίας της επίστρωσης.



Σχήμα 3: Τυπική διάταξη μεμβράνης και στρώσεων προστασίας

4.6.5 Έλεγχος μεμβράνης

Η μεμβράνη πρέπει να ελέγχεται ως προς

1. την αντοχή της στις εφελκυστικές τάσεις που δημιουργούνται από την ολίσθηση των στρώσεων προστασίας
2. την αντοχή της στη διάτρηση από χαλίκια
3. την αντοχή της σε περιβαλλοντικά φορτία (ηλιακή ακτινοβολία, θέρμανση – ψύξη, περιοδική πίεση νερού κ.ά.)
4. την καταλληλότητά της αν απαιτείται επαφή με πόσιμο νερό και
5. την διατμητική αντοχή της επιφάνειας επαφής με τα υπερκείμενα στρώματα προστασίας

4.7 Κατασκευή διαπερατών αναχωμάτων

4.7.1 Προετοιμασία θεμελίωσης

Η προετοιμασία για τη θεμελίωση γίνεται με την απομάκρυνση των φυτικών γαιών και τις απαραίτητες εκσκαφές για τη διαμόρφωση της επιφάνειας έδρασης σύμφωνα με τις απαιτήσεις της μελέτης. Κατόπιν ελέγχεται η πιθανή ύπαρξη οριζόντιων ασυνεχειών και συμπυκνώνεται αν είναι γαιώδης με οδοστρωτήρα. Απαιτούνται ομαλές κατά το δυνατόν κλίσεις, τόσο κατά μήκος, όσο και εγκάρσια του άξονα.

Ακολουθεί η εκσκαφή των τάφρων για τους εγκάρσιους αγωγούς και τα στραγγιστήρια, η κατασκευή των αγωγών και των στραγγιστηρίων και η σωστή επανασυμπύκνωσή τους. Με την τοποθέτηση των πρώτων στρώσεων γίνεται ταυτόχρονα και η τοποθέτηση των στραγγιστικών ταπήτων.

4.7.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση

Η ομαλή διαβάθμιση των υλικών επιτυγχάνει τη μέγιστη αντοχή και την ελάχιστη συμπίεση. Ανάλογα με τη φύση των υλικών καθορίζεται η διάσταση των τεμαχίων, το πάχος των στρώσεων, ο τρόπος διάστρωσης και συμπύκνωσης και ο τρόπος ελέγχου. Τυπικές μέγιστες διαμέτροι σε

- συνεκτικά υλικά (αργιλώδη), $d_{max}=0,3 \mu$.
- αμμοχάλικα $d_{max}=0,6 \mu$.
- λιθορριπή $d_{max}=2,0 \mu$.

Το πάχος των στρώσεων για τα διαβαθμισμένα υλικά ορίζεται συνήθως ίσο ή λίγο μεγαλύτερο με τη μέγιστη διάσταση των τεμαχίων.

4.7.3 Ποιοτικός έλεγχος της κατασκευής

Ο έλεγχος πραγματοποιείται στο δανειοθάλαμο σε ότι αφορά την καταλληλότητα του υλικού και στο ανάχωμα σε ότι έχει σχέση με τις προδιαγραφές της κατασκευής. Η κοκκομετρική διαβάθμιση και η υγρασία καλύτερα ελέγχονται και διορθώνονται στο δανειοθάλαμο. Το πάχος των στρώσεων, και το τελικό αποτέλεσμα ελέγχονται στο ανάχωμα.

5 Στεγάνωση με γεωμεμβράνες

5.1 Εισαγωγή

Τα γεωσυνθετικά υλικά, είναι κατασκευαστικά υλικά που άρχισαν να χρησιμοποιούνται από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 και μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί ραγδαία. Η ονομασία τους οφείλεται στις πρώτες ύλες κατασκευής τους, οι οποίες προέρχονται από την βιομηχανία των πλαστικών (συνθετικά υλικά) και στο γεγονός ότι στις εφαρμογές τους συνδυάζονται με γεωϋλικά. Τα γεωυφάσματα αποτελούν τη μεγαλύτερη κατηγορία γεωσυνθετικών υλικών και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε πολλές εφαρμογές της γεωτεχνικής μηχανικής όπου επιτελούν λειτουργίες φίλτρου, στράγγισης, διαχωρισμού εδαφών, ενίσχυσης ή οπλισμού εδαφών και προστασίας γεωσυνθετικών διαφραγμάτων (γεωμεμβρανών).

Ως γεωυφάσματα ορίζονται τα διαπερατά, συνήθως συνθετικά, υλικά που μοιάζουν με υφάσματα και ενσωματώνονται σε μια κατασκευή σε συνδυασμό με γεωυλικά, με στόχο τη βελτίωση της συμπεριφοράς και τη μείωση του κόστους της κατασκευής.

Οι πρώτες ύλες (πολυμερή) που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των γεωυφασμάτων είναι το πολυπροπυλένιο, ο πολυεστέρας, το πολυαμίδιο (νάυλον) και το πολυαιθυλένιο. Οι τρεις κατηγορίες γεωυφασμάτων είναι τα υφασμένα, τα μη υφασμένα και τα πλεκτά.

Ο σχεδιασμός έργων με γεωυφάσματα βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη σωστή επιλογή γεωυφάσματος ώστε αυτό να είναι ικανό να λειτουργήσει αποτελεσματικά ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου και τις συνθήκες του πεδίου. Οι πέντε κύριες λειτουργίες των γεωυφασμάτων είναι οι εξής: διαχωρισμός, ενίσχυση - οπλισμός, φιλτράρισμα, στράγγιση και προστασία.

Σχεδόν παράλληλα με τη ραγδαία αύξηση της χρήσης γεωυφασμάτων στην Ελλάδα αναπτύχθηκε και η χρήση των γεωμεμβρανών, κυρίως στη στεγανοποίηση των λιμνοδεξαμενών.

Με τον όρο γεωμεμβράνες ορίζονται τα λεπτά πλαστικά φύλλα με εξαιρετικά μικρή διαπερατότητα, που είναι κατασκευασμένα από συνθετικές ουσίες της βιομηχανίας πλαστικών. Με τη χρήση των προϊόντων αυτών η επιλογή της θέσης κατασκευής της λιμνοδεξαμενής αποδεσμεύεται πρακτικά από τον όρο «στεγανό υπόβαθρο» και έτσι διευκολύνεται σημαντικά η διαδικασία επιλογής και κατασκευής του έργου.

5.2 Είδη και ιδιότητες γεωμεμβρανών

Η ταξινόμηση των γεωμεμβρανών γίνεται κυρίως με βάση τη χημική σύνθεση του πολυμερούς. Οι αντιπροσωπευτικότεροι τύποι αφορούν:

- τις θερμοπλαστικές μεμβράνες από χλωριούχο πολυβινίλιο (PVC)
- τις κρυσταλλικές θερμοπλαστικές από υψηλής ή χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλαίνιο (HDPE ή LDPE) και τα παράγωγά του και
- από τις θερμοπλαστικές ελαστομερείς από τροποποιημένα αιθυλενικά ισοπολύμερα με πρόσμιξη ασφαλικής σκόνης (ECB).

Οι κύριες ιδιότητες των γεωμεμβρανών που παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και την κατασκευή της στεγανοποίησης των λιμνοδεξαμενών περιλαμβάνουν:

- Φυσικές ιδιότητες (πυκνότητα, πάχος, διαπερατότητα, απορροφητικότητα νερού, μορφή επιφάνειας)
- Χημικές ιδιότητες (αντίσταση στην υπεριώδη ακτινοβολία και το όζον)
- Μηχανικές ιδιότητες (εφελκυστική αντοχή, αντοχή σε σκίσιμο, αντοχή σε διάτρηση και αντοχή ραφών, αναπτυσσόμενη συνάφεια λόγω τριβής)

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ						
Ιδιότητα	HDPE LDPE	CPE	CSPE	PVC	BR	EPDM
Αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Αντοχή σε υψηλές/χαμηλές θερμοκρασίες	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Αντοχή στη διάτρηση	ΚΑΚΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ	ΜΕΤΡΙΑ
Μηχανική αντοχή	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ
Αντοχή στα βακτήρια	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Αντοχή στα πετρελαϊκά είδη	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
Ευχέρεια στη συρραφή	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ

Πίνακας 1

5.3 Προστασία γεωμεμβρανών

Η προστασία των γεωμεμβρανών είναι μεγάλης σημασίας επειδή οι μηχανικές καταπονήσεις που μπορεί να ασκηθούν κατά την κατασκευή ή τη λειτουργία ενός έργου είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε αστοχία (π.χ. διάτρηση ή σχίσιμο) της γεωμεμβράνης. Αν αυτό γίνει αντιληπτό αφού έχει προχωρήσει η κατασκευή του έργου, (π.χ. από ύπαρξη διαρροών), το κόστος επιδιόρθωσης είναι μεγάλο.

Από τις τρεις παραπάνω κατηγορίες, οι γεωμεμβράνες από PVC πρέπει υποχρεωτικά να καλύπτονται με προστατευτική επίστρωση, λόγω της γρήγορης γήρανσης του υλικού, ενώ οι PE και ECB μπορούν να παραμείνουν εκτεθειμένες. Η διάρκεια ζωής των γεωμεμβρανών στεγανοποίησης λιμνοδεξαμενών για την αποθήκευση πόσιμου ή αρδευτικού νερού, εκτιμάται ότι είναι μεγαλύτερη από 20 χρόνια για HDPE πάχους 0,75 χιλ. καλυμμένο με εδαφική επίστρωση.

Για την προστασία της γεωμεμβράνης έναντι μηχανικών καταπονήσεων χρησιμοποιείται πολύ συχνά γεωύφασμα σε επαφή με τη γεωμεμβράνη προς την πλευρά από την οποία αναμένεται η καταπόνηση. Η χρήση γεωυφάσματος κάτω από τη μεμβράνη προσφέρει ουσιαστικά πλεονεκτήματα όπως:

- Αυξημένη αντοχή στη διάτρηση με τα επιβαλλόμενα κατά την κατασκευή πρόσθετα φορτία
- Ελεγχόμενη επιφάνεια για τις ραφές
- Αυξημένη τριβή στην ολίσθηση λόγω αγκύρωσής τους στην ανάντη τάφρο και
- Αποτόνωση των υποπιέσεων του εξωτερικού φρεάτιου ορίζοντα προς τις θέσεις των στραγγιστηριών

5.4 Αγκύρωση γεωμεμβράνης

Κατά το σχεδιασμό των λιμνοδεξαμενών, η αγκύρωση της στεγανοποιητικής μεμβράνης γίνεται σχεδόν πάντοτε ανάντη των φυσικών ή τεχνητών πρानών σε τάφρο αγκύρωσης της οποίας το βάθος και η απόσταση από τη στέψη του πρानούς μπορούν να υπολογισθούν με τη χρήση των παραδοχών του σχήματος 4 και της εξίσωσης:

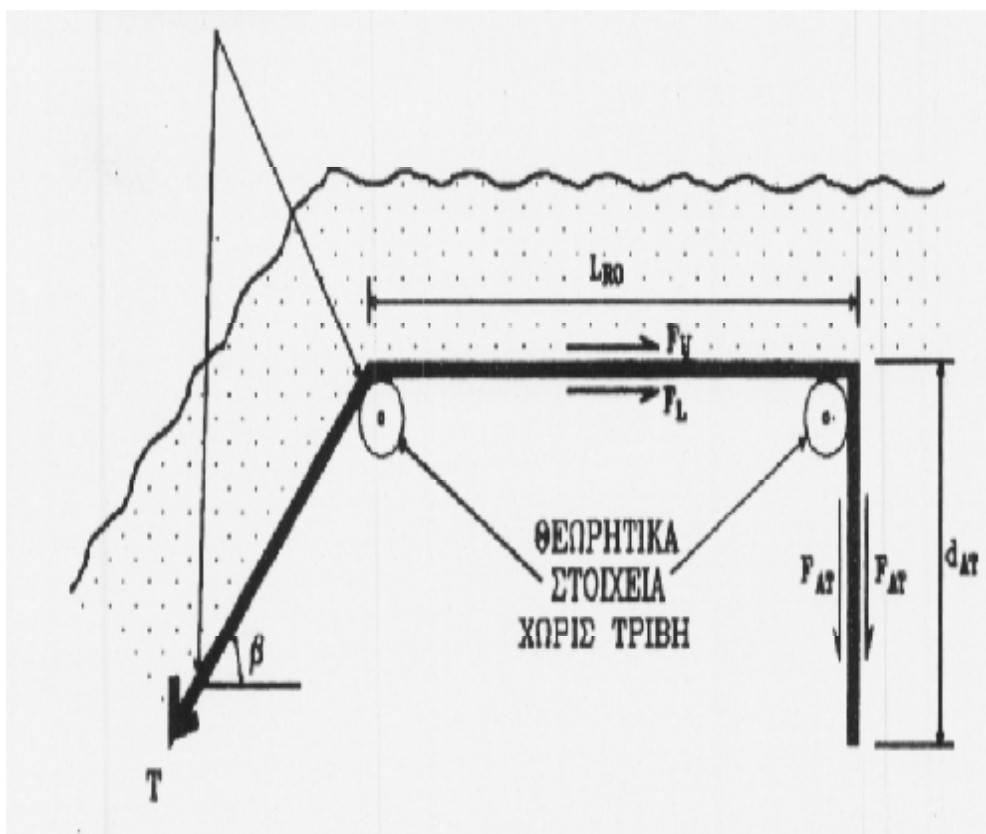
$$T_{\text{επιτρ.}} = F_U + F_L + 2F_{AT}$$

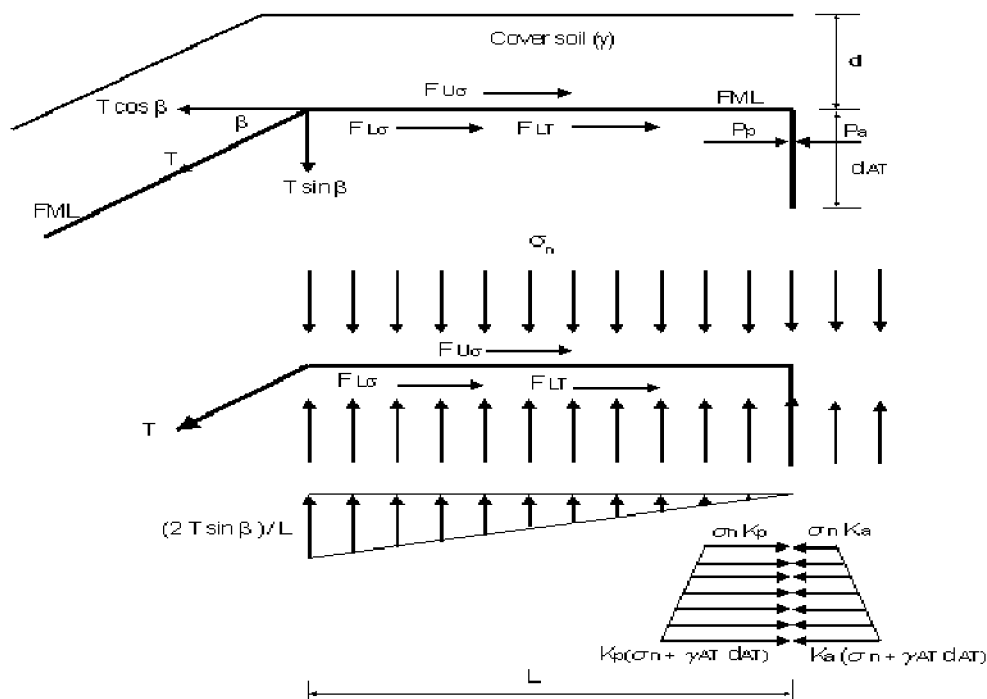
Όπου $T_{\text{επιτρ.}}$: επιτρεπόμενη δύναμη εφελκυσμού της μεμβράνης

F_U : δύναμη τριβής στην πάνω επιφάνεια της μεμβράνης

F_L : δύναμη τριβής στην κάτω επιφάνεια της μεμβράνης

F_{AT} : δύναμη αγκύρωσης μέσα στην τάφρο





Σχήμα 4: Θεωρητικό μοντέλο εκτίμησης απαιτούμενου βάθους πάκτωσης μεμβράνης σε τάφρο αγκύρωσης

Στις περισσότερες περιπτώσεις πρακτικής εφαρμογής, το βάθος της τάφρου γίνεται περίπου 45 – 50 εκ. και το οριζόντιο μήκος αγκύρωσης 90 εκ.

5.5 Κατασκευή γεωμεμβράνης

Η τοποθέτηση της μεμβράνης απαιτεί την κατασκευή υποστρώματος. Με τον όρο υπόστρωμα εννοείται μια στρώση από λεπτόκοκκο υλικό που δεν περιέχει οργανικά, με πάχος (μετά τη συμπύκνωση) 10 – 15 εκ. και που διαστρώνεται στην επιφάνεια των ομαλοποιημένων πρανών και του πυθμένα της λιμνοδεξαμενής. Η βάση του υποστρώματος πρέπει να είναι καλά συμπυκνωμένη χωρίς απότομες αλλαγές κλίσεων. Οι κλίσεις είναι συνήθως 1:3 έως 1:4 και διαμορφώνονται σε συνάρτηση με το εδαφικό υλικό και τον τύπο της γεωμεμβράνης.

Η κλίση των εξωτερικών πρανών του αναχώματος διαμορφώνεται με εδαφομηχανικά κριτήρια, ώστε να ικανοποιεί τις θεωρητικές απαιτήσεις ευστάθειας κάτω από συνθήκες σεισμού και διάτρησης της μεμβράνης (κορεσμένο πρανές).

Το πάχος της μεμβράνης δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο από 0,75 χιλ. για HDPE. Η διάστρωσή της καλό είναι να γίνεται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερες επιφάνειες για να μειώνεται έτσι το μήκος των ραφών συγκόλλησης. Ο έλεγχος των συγκολλήσεων πρέπει να γίνεται παράλληλα με τις εργασίες τοποθέτησης και όχι μετά την ολοκλήρωσή τους.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις θέσεις σύνδεσης της στεγανωτικής μεμβράνης με κατασκευές από σκυρόδεμα, πλαστικούς ή μεταλλικούς αγωγούς, φρεάτια άντλησης και κάθε είδους βοηθητικές κατασκευές για την πλήρωση, εκκένωση και καλή λειτουργία της λιμνοδεξαμενής.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού του υποστρώματος και του επιστρώματος της μεμβράνης πρέπει να είναι τέτοια που να επιτρέπει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη γωνία τριβής στην επιφάνεια της επίστρωσης (λεπτό κοκκώδες υλικό), αλλά και να μη δημιουργεί εκδορές και σχισίματα στη μεμβράνη κατά τη συμπύκνωσή του (για λόγους ευστάθειας). Οι προστατευτικές στρώσεις σε άμεση επαφή με τη γεωμεμβράνη έχουν συνήθως πάχος 0,10 – 0,15 μ. και θα πρέπει να συμπυκνώνονται σε ποσοστό 90% τουλάχιστον της βέλτιστης κατά Proctor ξερής πυκνότητας. Η κοκκομετρία της στρώσης αυτής περιλαμβάνει μέγιστη διάμετρο κόκκου 4 έως 7 χιλ. και ποσοστό διερχόμενων από το κόσκινο Νο 200, 10 – 60%. Συνήθως η επίστρωση της γεωμεμβράνης υπερκαλύπτεται με νέα στρώση πάχους 0,20 μ. με περισσότερο αδρόκοκκο υλικό (επίχωση με μέγιστο κόκκο 7 – 100 χιλ.). Λόγω της διαφοροποίησης της στάθμης του νερού και του αναπόφευκτου κυματισμού, συνηθίζεται η τοποθέτηση λιθορριπής προστασίας της επίστρωσης σε μεγάλο μήκος του πρηνούς.

6. Διαχείριση μετά το τέλος της κατασκευής

Σε όλα τα φράγματα, στο στάδιο της κατασκευής τους, τοποθετούνται γεωτεχνικά όργανα για την παρακολούθηση τόσο των παραμέτρων ευστάθειας του σώματος του φράγματος, όσο και της συμπεριφοράς του σε σχέση με το γύρω σταθερό υπόβαθρο και παρακολουθούν:

- Την πίεση του νερού των πόρων στο σώμα και στη θεμελίωση του φράγματος.
- Τις διαρροές διήθησης στο σώμα και στα αντερείσματα του φράγματος και κάτω από τη θεμελίωση του φράγματος.
- Τις πλευρικές και κατακόρυφες μετατοπίσεις του σώματος του φράγματος και των πρηνών στα αντερείσματά του.
- Τις σεισμικές επιταχύνσεις κατά την διάρκεια σεισμού.
- Την στάθμη των υπογείων υδάτων με πιεζόμετρα τύπου κατακόρυφου σωλήνα ή με πιεζόμετρα φρεάτων παρατήρησης
- Τις διαφορικές καθιζήσεις της επιφάνειας του σώματος του φράγματος με την βοήθεια ακίδων επί βάθρων, τα οποία είναι τοποθετημένα τόσο στο σώμα, όσο και στα αντερείσματα.

Τα όργανα αυτά πρέπει κατά τακτά χρονικά διαστήματα να παρακολουθούνται από κατάλληλο και έμπειρο προσωπικό, να λαμβάνονται οι ενδείξεις, να ταξινομούνται επί χάρτου ή ψηφιακά, να βαθμονομούνται, να αξιολογούνται και να παρουσιάζονται σε διάγραμμα, το οποίο θα παρουσιάζει τις μεταβολές σε σχέση με το χρόνο.

Η Ελλάδα είναι ίσως η μοναδική χώρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία στερείται συγκεκριμένου θεσμικού νόμου ή κανονισμού σχετικού με την παρακολούθηση μετά την κατασκευή, τη λειτουργία των φραγμάτων και γενικότερα των αναχωμάτων ταμιευτήρων νερού, είτε πρόκειται για κλασικού τύπου ταμιευτήρες σε κοίτες υδατορευμάτων, είτε για εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές .

Σύμφωνα με τον ισχύοντα σήμερα Οργανισμό του Υπ. Α. Α. & Τ., προς το παρόν το αντικείμενο αυτό αποτελεί αρμοδιότητα του Τμήματος Τεχνικής Γεωλογίας της Διεύθυνσης Γεωλογίας - Υδρολογίας, σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Τεχνικών Μελετών και Κατασκευών, χωρίς όμως ουσιαστικά να είναι δυνατή η άσκηση αυτής της αρμοδιότητας στο εύρος που απαιτείται. Ο τομέας παρακολούθησης απαιτεί αποκλειστική απασχόληση, ειδική τεχνογνωσία και λογισμικό για την αξιολόγηση των μετρήσεων των οργάνων.

Στους ταμιευτήρες, κυρίως των κλασικών φραγμάτων, που καταλαμβάνουν μεγαλύτερες εκτάσεις, θα πρέπει να γίνονται περιβαλλοντικές παρεμβάσεις με στόχο τη βελτίωση του μικροκλίματος της λεκάνης απορροής, την προστασία από τις διαβρώσεις των εδαφών και την πρόσχωση του ταμιευτήρα, την επαύξηση της επιφανειακής απορροής, τη διατήρηση της ιχθυοπανίδας, την αειφόρο διαβίωση της ορνιθοπανίδας, ακόμα και για την προσέλκυση ήπιων δραστηριοτήτων ανθρώπινης αναψυχής.



ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

7 Γενικά χαρακτηριστικά της νήσου Καλύμνου

7.1 Ιστορικά στοιχεία

Μυθολογία

Σύμφωνα με τη ελληνική μυθολογία, ο Ουρανός και η Γαία είχαν πολλούς απογόνους: τους Τιτάνες, τους Γίγαντες, τους Κύκλωπες και τους Εκατόχειρες. Ο Ουρανός έχοντας πλήρη επίγνωση ότι ένας από τους απογόνους του θα κατακτούσε το πολυπόθητο θρόνο του, αποφάσισε να τους πετάξει στα Τάρταρα, μέρος το οποίο βρίσκεται στα έγκατα της γης. Ο ένας από τους υιούς του, ο Κάλυδνος έπεσε πάνω σε ένα κομμάτι γης, και κατά την προσπάθεια ανάδυσής του στην επιφάνεια σχηματίστηκε ένα νησί που αποκαλέστηκε «το νησί του Κάλυδνου». Στη σημερινή εποχή, το κάθε νησί έχει το προσωπικό του όνομα και όλα περιβάλλουν το μεγαλύτερο νησί το οποίο είναι η γνωστή σε όλους Κάλυμνος. Το νησί της Καλύμνου, με τα πελώρια βουνά του, αποτελείται από δύο μικρές χερσονήσους, όπου παρατηρώντας το από ψηλά παρομοιάζονται με τα δύο πόδια του Κάλυδνου. Σύμφωνα με τη μυθολογία, ο Κάλυδνος που ήταν θεότητα του κάτω κόσμου μετατράπηκε σε θεότητα της θάλασσας, και παρόλα αυτά μέχρι σήμερα δεν έχει αποκαλυφθεί κανένα στοιχείο λατρείας του προς αυτόν.

Η πρώτη ονομασία της λοιπόν, ήταν Κάλυδνα ή Καλύδνα ή Καλύδναι ή Κάλυδναι, ενώ αργότερα, σε περιγραφές περιηγητών και παλιούς χάρτες τη βρίσκουμε και ως Κάλαμο.

Προϊστορία

Η Κάλυμνος έχει μια μακράιωνη και πολυσήμαντη ιστορία στο Δωδεκανησιακό σύμπλεγμα. Κατοικείται από τους χρόνους της νεολιθικής εποχής (4.000 π.Χ.). Ιστορικές πηγές (Στράβων, Διόδωρος, Σικελιώτης) μαρτυρούν ότι οι πρώτοι κάτοικοι της Καλύμνου ήταν οι Κάρες, οι οποίοι προέρχονταν από τη Μικρά Ασία και εγκαταστάθηκαν εκεί από την 2^η χιλιετία π.Χ. (στις αρχές της γεωμετρικής εποχής). Αυτό το αποδεικνύουν τα ερείπια με Καρικά χαρακτηριστικά στην αρχαία μητρόπολη του Κάστελλα, κοντά στα σημερινά Στημένα. Κατόπιν την κατοίκησαν οι Φοίνικες, πράγμα που μαρτυρούν τα ερείπια που υπάρχουν στον Εμπορειό.

Γεωμετρική και αρχαϊκή εποχή

Στην περίοδο 1150 π.Χ. - 800 π.Χ., η Κάλυμνος εποίκιστηκε από τους Αιολείς και αργότερα από τους Δωριείς. όπως αναφέρει ο Ηρόδοτος. Σημαντική απόδειξη είναι τα αξιόλογα ερείπια του Ιερού από το ναό του θεού Απόλλωνα. Ο Απόλλωνας ήταν ο προστάτης θεός της Καλύμνου, ενώ το Ιερό του υπήρξε το πολιτικό και θρησκευτικό κέντρο της, καθ' όλη την αρχαιότητα, από τις αρχές της 1ης π. Χ. χιλιετίας έως και τους πρώτους χριστιανικούς αιώνες. Επιγραφές που σώζονται μέχρι σήμερα μαρτυρούν ότι οι Δωριείς κυριάρχησαν στο νησί με αρχηγό το Θεσσαλό, γιο του Ηρακλή και της Χαλκίόπης. Τότε πολλοί από τους Κάρες εγκατέλειψαν την Κάλυμνο και εγκαταστάθηκαν στις απέναντι ακτές της Μικράς Ασίας, οι οποίες ονομάστηκαν Καρία.

Ο Όμηρος αναφέρει ότι τον 12^ο π.Χ. αιώνα η Κάλυμνος συμμετείχε στον Τρωικό πόλεμο, στέλνοντας μαζί με άλλα νησιά του Νοτιοανατολικού Αιγαίου 30 πλοία, με αρχηγούς τους δύο βασιλείς της, Φείδιππο και Άντιφο. Στη Ραψωδία Β΄ της Ιλιάδας, στον Κατάλογο των Νέων, όπου απαριθμούνται οι πόλεις που έλαβαν μέρος στην εκστρατεία κατά της Τροίας αναφέρονται ως «Καλύδνες νήσοι». Πρόκειται για το νησιωτικό σύμπλεγμα που περιλαμβάνει τα νησιά Κάλυμνο, Κω, Κάσο, Κάρπαθο και Νίσυρο.



Κεραμικό Μυκηναϊκής περιόδου (Μουσείο Καλύμνου)



Πήλινα ειδώλια ταύρου της Γεωμετρικής Περιόδου (Μουσείο Καλύμνου)

Εικόνα 2

Μετά τον Τρωικό πόλεμο (σύμφωνα με τον Διόδωρο), τέσσερα από τα πλοία του Αγαμέμνονα, στο γυρισμό τους, ναυάγησαν έξω από το νησί. Τα πληρώματά τους (Αργείοι και Επιδαύριοι) εγκαταστάθηκαν τότε μόνιμα στο νησί και έχτισαν ένα οικισμό πάνω στο οροπέδιο του νησιού που, σε ανάμνηση της μακρινής τους πατρίδας, ονομάστηκε Άργος. Για πολύ καιρό υπήρξε η πρωτεύουσα του νησιού. Αργότερα εγκαταλείφθηκε και στην ίδια θέση κτίστηκε η νέα πρωτεύουσα, η Ποθαία, η σημερινή Πόθια.

Κλασική εποχή

Στο τέλος της Αρχαϊκής εποχής και στις αρχές των Κλασικών χρόνων η Κάλυμνος είναι μια πολιτεία αυτόνομη. Το πολίτευμά της είναι δημοκρατικό, αφού οι αποφάσεις παίρνονται από την Εκκλησία του λαού -που λέγεται αλλιώς Δάμος- και από τη Βουλή. Όμως η αυτονομία της δεν κράτησε πολύ, γιατί την κατέλαβαν οι Πέρσες, τότε που κυριεύσαν τις Ιωνικές πόλεις της Μικράς Ασίας το 494 π. Χ.. Απελευθερώνεται το 477 π.Χ. με τη βοήθεια του αθηναϊκού στόλου. Γίνεται μέλος της Α΄ Αθηναϊκής Συμμαχίας, μαζί με τη Λέσβο, τη Χίο, τη Σάμο, την Κω και τη Ρόδο και αργότερα (αρχές 4ου αι.) της Β΄ Αθηναϊκής Συμμαχίας. Πληρώνει φόρο στο ταμείο της συμμαχίας που βρίσκεται στη Δήλο.

Παρόλα αυτά δε φαίνεται να παίρνει μέρος στον Πελοποννησιακό πόλεμο (431 π.Χ.) αφού ο Θουκυδίδης δεν την αναφέρει καθόλου ανάμεσα σε άλλα νησιά.

Βρέθηκε για μία ακόμα φορά κάτω από την εξουσία των Περσών, καθώς η Ανταλκίδειος Ειρήνη (386 π.Χ.) άφησε το νησί εκτεθειμένο, από τους οποίους απελευθερώθηκε από το στόλο του Μεγάλου Αλεξάνδρου.



Αμφορείς και κρατήρας
(Μουσείο Καλύμνου)

Κρατήρας του 5ου
π.Χ. αιώνα
(Μουσείο Καλύμνου)

Εικόνα 3

Κατά την κλασική εποχή παρουσίασε αξιόλογη πολιτιστική και οικονομική ακμή. Κατάλοιπο της εποχής εκείνης είναι τα σωζόμενα μέχρι σήμερα ερείπια του ναού του Καλυνδέου Απόλλωνα.

Τον 6ο π. Χ. αιώνα η Κάλυμνος κόβει αργυρά τετράδραχμα και δίδραχμα νομίσματα, στα οποία εικονίζεται κεφάλι γενειοφόρου κρανοφόρου πολεμιστή (πιθανόν του Άντιφου) στον εμπροσθότυπο και η λύρα του θεού Απόλλωνα στον οπισθότυπο. Κατά τον 3ο π.Χ. αιώνα η Κάλυμνος ξανακόβει αργυρά και χάλκινα νομίσματα, τα οποία φέρουν στον εμπροσθότυπο κεφάλι αγένειου κρανοφόρου πολεμιστή και στον οπισθότυπο κιθάρα.



Εικόνα 4

Ελληνιστική εποχή και Ρωμαϊκή κυριαρχία

Οι Ελληνιστικοί χρόνοι αποτέλεσαν περίοδο ακμής, παρά το γεγονός ότι το νησί συχνά εμπλέκεται στους εξοντωτικούς αγώνες ανάμεσα στους διαδόχους του Αλεξάνδρου, λόγω της γεωγραφικής θέσης του. Υποτάχθηκε στους Ρωμαίους το 44 π.Χ. Έχοντας όμως στηρίξει τη Ρώμη στους Μυθριδατικούς πολέμους, είχε κάποια προνόμια. Την εποχή αυτή μάλιστα οικοδομούνται σε διάφορα σημεία της Καλύμνου οχυρά και φυλακεία, για την προστασία των κατοίκων, λόγω των ασταθών κοινωνικοπολιτικών συνθηκών της εποχής.

Ασημένια καλύμνικα νομίσματα 6ου και 3ου
π.Χ. αιώνα.

Στα τέλη του 3ου π. χ. αιώνα η Κάλυμνος και η γειτονική νήσος Κως συνενώνονται υπό το κοινό πολιτειακό καθεστώς της Ομοπολιτείας. Κατά την περίοδο της ρωμαιοκρατίας η Κάλυμνος ανήκει στην Επαρχία των Νήσων.

Βυζαντινά χρόνια

Κατά τη Βυζαντινή Περίοδο (330 - 1204 μ.Χ.), το νησί υπέστη επιδρομές από πειρατές και βρέθηκε υπό την εξουσία των Περσών (615 – 618 μ.Χ.), των Σαρακηνών (653 μ.Χ.), Βενετών (1257 – 1277), Γενοβέζων, Σταυροφόρων και Ιπποτών του Αγ. Ιωάννου (1200). Ο φοβερός σεισμός του έτους 554 μ. Χ., πέρα από τις άλλες επακόλουθες καταστροφές, διαφοροποίησε το σχήμα της Κάλυμνου, βυθίζοντας την παλιά πρωτεύουσα Κελλάρις, και άλλαξε τη γεωμορφολογία του νησιού καθώς προκάλεσε καταβύθιση της περιοχής ανάμεσα στην Κάλυμνο και την Τέλενδο, η οποία και διαμορφώνεται τελικά σε νησί.

Ο Χριστιανισμός διαδίδεται νωρίς στο νησί, λόγω της γειννιάσής του με τις μικρασιατικές ακτές. Στους Βυζαντινούς χρόνους κτίστηκαν στην Κάλυμνο επιβλητικοί χριστιανικοί ναοί, πάνω σε ερείπια αρχαίων ναών, οι οποίοι κοσμούνται με πολύχρωμα ψηφιδωτά. Στη θέση του Ναού του Απόλλωνα και χρησιμοποιώντας τα ίδια μάρμαρα, κατασκευάστηκε ο ναός του "Χριστού της Ιερουσαλήμ". Σύμφωνα με τη τοπική παράδοση ο ναός κτίστηκε από την Αγία Ελένη, κατά την επιστροφή της από τα Ιεροσόλυμα μετά την εύρεση του Τίμου Σταυρού.

Οι επιδρομές των Αράβων, στα μέσα του 7ου αιώνα,, ερημώνουν τους παραθαλάσσιους οικισμούς αναγκάζοντας τους κατοίκους να καταφύγουν σε ορεινές περιοχές, τις οποίες και οχυρώνουν. Το 10^ο αιώνα το νησί καταστράφηκε από τους Τούρκους.

Η Κάλυμνος γνώρισε την κυριαρχία πολλών κατακτητών. Αυτοί όμως που άφησαν τα σημάδια τους στο νησί, τόσο στη φυσιογνωμία του όσο και στην κουλτούρα των κατοίκων του είναι οι Βενετοί, οι Γενοβέζοι και οι Ιππότες του Τάγματος του Αγίου Ιωάννου που κυριάρχησαν στο νησί από το 1306 έως το 1522.

Ιπποτοκρατία

Στις αρχές του 14ου αιώνα η Κάλυμνος, μαζί με τα περισσότερα νησιά της Δωδεκανήσου, περνά στην κυριαρχία των Ιπποτών του Τάγματος του Αγίου Ιωάννη. Κατά την περίοδο της Ιπποτοκρατίας η Κάλυμνος, η Κως, η Νίσυρος και η Λέρος αποτελούν ενιαία διοικητική μονάδα. Τελούν υπό τη διακυβέρνηση ενός Ιππότη, που έχει την έδρα του στη Ρόδο. Οι Ιππότες έκτισαν το Κάστρο του Χωριού και το Πέρα Κάστρο, που σώζονται ως σήμερα. Στα μέσα του 15ου αιώνα, κτίζεται το Κάστρο της Χρυσοχεριάς, ενώ στα τέλη του ίδιου αιώνα επισκευάζεται και επεκτείνεται το Κάστρο της Χώρας. Αντιπροσωπευτικά θρησκευτικά μνημεία της εποχής είναι τα δέκα εκκλησάκια στο εσωτερικό του Κάστρου της Χώρας, με μεταβυζαντινής τεχνοτροπίας τοιχογραφίες.

Οθωμανική κυριαρχία

Στις αρχές του 1523 οι Ιππότες φεύγουν από τα Δωδεκάνησα, τα οποία στη συνέχεια παραδίδονται στα χέρια των Τούρκων του Σουλεϊμάν του Μεγαλοπρεπούς. Η Κάλυμνος μαζί με άλλα δώδεκα νησιά είχαν αυτονομία, που τους επέτρεπε να ζουν ελεύθερα μέσα στα όρια της οθωμανικής Αυτοκρατορίας και να πληρώνουν μονάχα τη «μαχτού», ένα είδος φόρου κατ' αποκοπή. Λόγω του ότι η τουρκική παρουσία στο νησί είναι χαλαρή, κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας δεν οικοδομήθηκαν ποτέ θρησκευτικά ή κοσμικά τουρκικά αρχιτεκτονήματα. Από τις αρχές του 18ου αιώνα αρχίζει σταδιακά να κτίζεται ο οικισμός της Χώρας, στις υπώρειες του Κάστρου της Χώρας. Γύρω στα 1850 οργανώνεται το λιμάνι της Πόθιας, η νέα πρωτεύουσα του νησιού.

Ιστορικά αξίζει να αναφέρουμε ότι τα Δωδεκάνησα ονομάζονταν παλιά Νότιες Σποράδες. Ο όρος "Δωδεκάνησος" επικράτησε από το 16ο αιώνα όταν την κατέλαβαν οι Τούρκοι. Ο σουλτάνος Σουλεϊμάν ο Μεγαλοπρεπής (1494-1566) παραχώρησε στα δώδεκα νησιά, που βρίσκονται γύρω από τη Ρόδο και την Κω, ειδικά προνόμια και στο επίσημο έγγραφο αναφέρθηκαν ως "Προνομιούχα Νησιά του Αιγαίου" ή "Δώδεκα Προνομιούχα Νησιά". Από τότε επικράτησε η περιληπτική ονομασία "Δωδεκάνησα" (Εγκυκλ. Υδρόγειος, 1993).



Εικόνα 5: Τοπιογραφία_ της Καλύμνου σε χαλκογραφία από το βιβλίο του Alessandro Locatelli «Racconto Historico della Veneta Guerra in Levante...», Colonia 1691.

Η Κάλυμνος όπως και όλα τα Δωδεκάνησα συμμετείχε στην Ελληνική Επανάσταση του 1821, αλλά το Πρωτόκολλο του Λονδίνου (1830) δεν την συμπεριέλαβε εντός των ελληνικών συνόρων.

Νεότερα χρόνια

Η Τουρκική κυριαρχία κράτησε ως το 1912, οπότε η Κάλυμνος και όλα τα Δωδεκάνησα πέρασαν στην ιταλική κατοχή, η οποία διαρκεί ως το 1943. Την περίοδο αυτή ήταν εντυπωσιακή η αντίσταση των Καλύμνιων στην απόφαση των Ιταλών να κλείσουν τα ελληνικά σχολεία. Σε ένδειξη διαμαρτυρίας έβαψαν τα σπίτια τους στα χρώματα της γαλανόλευκης. Στις αρχές της δεκαετίας του 1930 κτίζονται τα δύο μεγάλα οικοδομήματα, του Επαρχείου και του Δημαρχείου, που κοσμούν την παραλιακή ζώνη. Κατά την περίοδο 1943 - 1945 το νησί τελεί υπό γερμανική κατοχή. Μετά τη λήξη του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου ενσωματώνεται, μαζί με τα υπόλοιπα νησιά της Δωδεκανήσου, επίσημα και οριστικά στα όρια του ελληνικού κράτους, στις 7 Μαρτίου του 1948.

Το νησί των Σφουγγαράδων

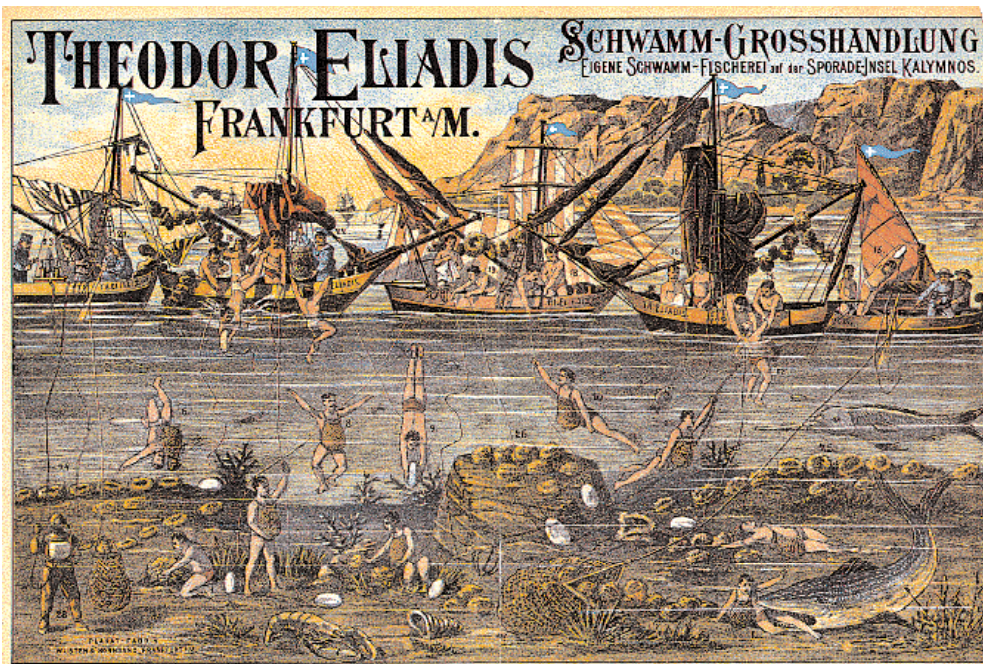
Χάνεται στα βάθη των αιώνων η έναρξη της σπογγαλιευτικής δραστηριότητας στην Κάλυμνο. Η ζωή και ο πολιτισμός της από την αρχαιότητα ως σήμερα ήταν πάντα δεμένη με το σφουγγάρι γι' αυτό και η Κάλυμνος ονομάστηκε «το νησί των σφουγγαράδων».

Η ριζική στροφή της Καλυμνιακής κοινωνίας και οικονομίας προς τη θάλασσα χαρακτηρίζει το 19ο αιώνα (1856). Οι Καλύμνιοι ψάρευαν τα σφουγγάρια στα νερά του Αιγαίου, τις ακτές της Μ. Ασίας και της Συρίας. Χρησιμοποιούσαν τους παραδοσιακούς τρόπους σπογγαλιείας (σκανδαλόπετρα, καμάκι). Οι πρώτοι σφουγγαράδες δεν είχαν στολή ή κανένα τεχνικό μέσο. Έπεφταν γυμνοί στη θάλασσα στηριζόμενοι στην αντοχή της αναπνοής τους.

Η σπογγαλιεία είναι σκληρό και επικίνδυνο επάγγελμα και γι' αυτό είναι «προνόμιο» των άγονων νησιών και των φτωχών περιοχών. Σε αυτήν, όμως, οφείλει την προκοπή το νησί και το πόσο βαθιά ριζωμένη δραστηριότητα ήταν εκεί μαρτυρεί το γεγονός ότι από τα δέκα σπογγαλιευτικά κέντρα που λειτουργούσαν στη χώρα μας, μερικά και μετά τον τελευταίο πόλεμο, (Υδρα, Αίγινα, Σπέτσες, Ερμιόνη, Τρίκερι, Νέα Κούταλη, Λήμνος, Σύμη, Χάλκη, Καστελλόριζο και Κάλυμνος), το μόνο που απέμεινε είναι η Κάλυμνος.

Το σφουγγάρι ήταν γνωστό από τα πανάρχαια χρόνια. Το αναφέρει ο Όμηρος στα έπη του. Αργότερα το αναφέρουν πολλοί άλλοι Έλληνες και Λατίνοι συγγραφείς για ποικίλες χρήσεις. Για την Κάλυμνο στοιχεία υπάρχουν από το 1800. Σύμφωνα με αυτά, στις αρχές του Μαΐου ξεκινούσε μία ομάδα 4-7 ανθρώπων με μία βάρκα 6-8 μέτρων και μερικές προμήθειες, για να ψαρέψουν σφουγγάρια με μοναδικό εφόδιο την αντοχή της αναπνοής τους. Βουτούσαν μέχρι τα 30 μέτρα για να αποσπάσουν σφουγγάρια που επισήμαιναν με γυαλί από τη βάρκα. Στο νησί επέστρεφαν αρχές Σεπτεμβρίου.

Η βιομηχανική επανάσταση στη Δυτική Ευρώπη δημιούργησε μεγάλη ζήτηση σφουγγαριών. Η απογραφή του 1825 αναφέρει 5.000 κατοίκους στην Κάλυμνο, η οποία το 1912, όταν οι Ιταλοί κατέλαβαν τη Δωδεκάνησο, είχε 23.200 πληθυσμό λόγω των πολυάριθμων εποίκων που είχαν εισρεύσει από τα γύρω νησιά, σε αναζήτηση πόρων ζωής από τη σπογγαλιευτική δραστηριότητα. Το 1860 ασχολούνται με τη σπογγαλιεία 300 βάρκες και 72 μεγαλύτερα πλοία, όπου εργάζονται 2.000 άνθρωποι με παραγωγή 75 τόνων σφουγγαριών. Η αξία του σπογγαλιεύματος της χρονιάς εκείνης ανέρχεται σε δύο εκατομμύρια χρυσά φράγκα.



Εικόνα 6: Διαφημιστική χρωμολιθογραφία του 1880, στην οποία αναπαριστούνται οι τρόποι αλιείας των σφουγγαριών και οι κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν οι δύτες.

Το 1869 εμφανίζεται το σκάφανδρο και αναστατώνει τη σπογγαλιεία. Τώρα δεν είναι οι 4 - 7 άνθρωποι της βάρκας, αλλά οι 30-50 δύτες και βοηθητικοί που απαρτίζουν το συγκρότημα. Ο δύτες καταδύεται σε μεγαλύτερα βάθη, προστατεύεται από φόρμα καουτσούκ, παίρνει αέρα από αεραντλία εγκατεστημένη στο σκάφος, μέσω αεροσωλήνα από ενισχυμένο καουτσούκ, παραμένει περισσότερο χρόνο στο βυθό και μαζεύει περισσότερα σφουγγάρια. Όμως, λόγω άγνοιας των κανόνων ανάδυσης σημειώνονται πολλά θανατηφόρα και άλλα ατυχήματα. Δημιουργείται σάλος και καταβάλλεται προσπάθεια κατάργησης του «ψυχοφθόρου» σκάφανδρου. Επιτυγχάνεται προσωρινή αναστολή της εφαρμογής του. Τελικά όμως επιβάλλεται, χρησιμοποιείται για 100 χρόνια ακόμη και καταργείται τη δεκαετία του 1970, όταν αντικαθίσταται από το σύγχρονο σύστημα «Ναργιλέ».

Ο πόλεμος του 1940 κατάστρεψε το σπογγαλιευτικό στόλο ο οποίος όμως άρχισε να ανασυγκροτείται το 1945. Η Αίγυπτος το 1962 και η Λιβύη το 1972 εθνικοποίησαν τον ενάλιο πλούτο τους και έτσι οι σφουγγαράδες της Καλύμνου έχασαν τους πλούσιους τόπους σπογγαλιείας. Περιορίστηκαν στα Ελληνικά νερά και τα διεθνή της κεντρικής Μεσογείου με ετήσιο σπογγαλίευμα γύρω στους 40 τόνους, αντί των 100-120 όταν δούλευαν και στις βορειοαφρικανικές ακτές.

Τον Αύγουστο του 1986 παρουσιάστηκε μια πολύ σοβαρή ασθένεια –πιθανώς μύκητες- που πολύ γρήγορα κατάστρεψε τη μεσογειακή σπογγοπαραγωγή. Τα προβλήματα της Καλύμνιας σπογγαλιείας εκτός από τον αποκλεισμό από τα αφρικάνικα παράλια σχετίζονται και με την υποβάθμιση των ελληνικών σπογγοφόρων βυθών λόγω έντονης εκμετάλλευσης, αλλά και λόγω της απροθυμίας απασχόλησης επειδή το κόστος είναι υψηλό. Σήμερα αρχίζουν να επανεμφανίζονται και να αναβιώνουν καινούρια και υγιή σφουγγάρια.

7.2 Γεωγραφική θέση



Φωτογραφία 1

Η Κάλυμνος, είναι το τέταρτο σε έκταση νησί των Δωδεκανήσων με 110,50 χλμ.² (γεωγραφικό μήκος 26⁰,59' και γεωγραφικό πλάτος 36⁰,57' Βόρειο) και με συνολικό μήκος ακτών 104,59 χλμ. Το μέγιστο μήκος είναι 14 χλμ. Και το μέγιστο πλάτος 13 χλμ., το οποίο γίνεται 1,2 χλμ. Στο ΒΔ άκρο του νησιού. Ο κύριος άξονας προσανατολισμού της νήσου είναι ΒΑ-ΝΑ.

Βρίσκεται στο Νοτιοανατολικό Αιγαίο μεταξύ Λέρου και Κώ, στο Βόρειο ακριβώς τμήμα των Δωδεκανήσων και ανατολικά των Μικρασιατικών ακτών. Στα νότια της απλώνεται το Κρητικό Πέλαγος και στα Δυτικά της το Ικάριο Πέλαγος.

Απέχει 1,5 ναυτικά μίλια από την Λέρο, 6 ναυτικά μίλια από την Κώ, 183 ναυτικά μίλια από τον Πειραιά και 14 ναυτικά μίλια από τα Μικρασιατικά παράλια. Χωρίζεται από την Λέρο με το Στενό της Λέρου που έχει πλάτος 1,3 μίλια και από την Ψέριμο με τον Διάυλο της Ψερίμου που έχει πλάτος 6 μίλια. Στο Βόρειο τμήμα της χωρίζεται από την Λέρο με στενό πορθμό, το Διαπόρι, όπου βρίσκονται το μικρό και το μεγάλο Γλαρονήσι. Πολλοί δύτες που βουτούν εκεί για σφουγγάρια, βεβαιώνουν ότι μέσα στο βυθό του Διαύλου διακρίνουν παλιά κτίσματα, γεγονός που δείχνει ότι κάποτε Κάλυμνος και Λέρος ήταν μια ενωμένη νήσος

7.3 Διοικητική δομή

Από διοικητική άποψη, η Κάλυμνος ανήκει στο Δωδεκανησιακό νησιωτικό συγκρότημα, το οποίο έχει πληθυσμό 190.071 κατοίκους (ΕΣΥΕ, απογραφή 2001) και το οποίο αποτελείται από τρεις (3) Επαρχίες, είκοσι πέντε (25) Δήμους και τρεις (3) Κοινότητες. Συγκεκριμένα, η Κάλυμνος ανήκει στην Περιφέρεια του Νοτίου Αιγαίου στην οποία υπάγονται και τα νησιά Λέρος, Λειψοί, Πάτμος, Αστυπάλαια, Αρκοί, Αγαθονήσι. Είναι έδρα Μητρόπολης και Επαρχίας.

Μετά την ισχύ του Ν. 2539/97 περί “συγκρότησης της Πρωτοβάθμιας Τοπικής Αυτοδιοίκησης” του γνωστού ως “Ι. Καποδίστριας”, οι επαρχίες ως μονάδες διοικητικής διαίρεσης καταργήθηκαν από 1/1/1999 (άρθρο 19 του Ν. 2539/97). Ο Δήμος Καλυμνίων μετά την εφαρμογή του ανωτέρω νόμου δεν έχει υποστεί καμιά αλλαγή και είναι αυτόνομος Καποδιστριακός δήμος.

7.4 Γεωμορφολογική περιγραφή

Η Κάλυμνος είναι ημιορεινό – ορεινό νησί το οποίο παρουσιάζει έντονο οριζόντιο και κατακόρυφο διαμελισμό εξ αιτίας της τεκτονικής δραστηριότητας. Η παρουσία πολυάριθμων και βαθιών χαραδρών και ορεινών όγκων είναι έντονη σε όλη την επιφάνεια της. Μεγαλύτερη κορυφή του νησιού είναι ο Προφήτης Ηλίας (678m) στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Το νησί μπορεί να διαχωριστεί στο βόρειο τμήμα όπου αναπτύσσεται ένας ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης ορεογραφικός άξονας και στο νότιο τμήμα που αναπτύσσονται τρεις παράλληλοι ορεογραφικοί άξονες ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης. Τα μόνα πεδινά τμήματα έκτασης μικρότερης από το 10% της συνολικής βρίσκονται στις εκβολές των κύριων υδατορευμάτων στις περιοχές Πανόρμου, Βαθύ, Καλύμνου.



Εικόνα 7

7.5 Μετεωρολογικά στοιχεία – Κλίμα

Το κλίμα του νησιού χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό υποτροπικό και ανήκει στη ζώνη της λεμονιάς (H8Yw8α). Είναι γενικά θερμό την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, με ήπιο χειμώνα.

Το μέσο ύψος βροχής κυμαίνεται μεταξύ 650-850 mm ετησίως με το 80-90% της βροχόπτωσης να εμφανίζεται στο χρονικό διάστημα Οκτωβρίου – Μαρτίου.

Η ηλιοφάνεια ανέρχεται ετησίως σε 3.000 ώρες. Ο αριθμός των αίθριων ημερών ανέρχεται σε 254 ημέρες που είναι σημαντικά ανώτερος του μέσου όρου της Ελλάδας (121 ημέρες). Σημαντικός ρυθμιστικός παράγοντας του κλίματος της Καλύμνου είναι οι άνεμοι. Επικρατέστεροι για την θερινή περίοδο είναι οι ΒΔ-B-BA, ενώ για την χειμερινή περίοδο οι ΝΔ.

Κατά τη θερινή περίοδο η ξηρασία ανέρχεται σε υψηλό επίπεδο. Η σχετική υγρασία παρουσιάζει μέγιστο από 70 έως 75% περίπου κατά την περίοδο Νοεμβρίου – Μαρτίου και ελάχιστο 60 – 65% τους μήνες Ιούνιο- Ιούλιο.

Τα κυριότερα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της Ε.Μ.Υ. Ρόδου, είναι κατά μήνα τα παρακάτω. Για τα υπόλοιπα νησιά των Δωδεκανήσων, οι τιμές της θερμοκρασίας, της βροχής, της ηλιοφάνειας και της σχετικής υγρασίας, είναι σχεδόν οι ίδιες με αυτές της νήσου Ρόδου + ή - 1 με 2 μονάδες ανάλογα με τη γεωγραφική θέση των νησιών.

Μήνες	Θερμοκρασία(°C)			Ύψοςβροχής (mm)	Ηλιοφάνεια (h)	Σχετική Υγρασία (%)
	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη			
Ιαν.	13,1	15,1	11,0	230	133	74
Φεβ.	11,7	13,8	9,5	68	158	72
Μαρ.	14,6	16,9	11,9	38	218	76
Απρ.	17,1	19,9	14,1	5	274	76
Μάιος	20,9	23,0	17,9	8	331	74
Ιούν.	24,2	26,5	21,0	0	394	65
Ιούλ.	27,2	29,8	24,2	0	390	66
Αυγ.	27,6	29,9	24,8	0	371	70
Σεπτ.	25,3	27,6	22,6	5	305	64
Οκτ.	20,3	22,7	17,9	18	263	67
Νοεμ.	16,0	18,1	13,9	78	166	69
Δεκ.	14,3	16,5	12,1	140	150	72

Πίνακας 2: Μετεωρολογικά στοιχεία της νήσου Ρόδου κατά το έτος 2005

7.6 Στοιχεία Χρήσης γης

Οι χρήσεις γης περιλαμβάνουν γενικά:

- Οικισμούς
- Τουριστική και παραθεριστική κατοικία, που συγκεντρώνεται κυρίως σε παράκτιους οικισμούς του νότιου και δυτικού τμήματος του νησιού.
- Γεωργική γη στην περιοχή Άργους και Βαθύ.
- Δάση και θάμνους – περιοχές μακκίας/φρυγανικής βλάστησης

Η Κάλυμνος αποτελείται από δύο μεγάλους οικισμούς και αρκετούς μικρότερους. Ο πρώτος μεγάλος οικισμός η Χώρα ή Χωριό, η πρώτη πρωτεύουσα του νησιού και η Πόθια , η σημερινή πρωτεύουσα

Ακολουθούν άλλοι μικρότεροι οικισμοί : Βλυχάδια, Άργος, Βαθύ, Πάνορμος , Μυρτιές, Μασούρι, Αργινώντα, Σκάλια, Εμπορειός.

Η οικιστική ανάπτυξη οδήγησε στην ενοποίηση των οικισμών Πόθιας – Χώρας που συνεχίζεται προς Πάνορμο- Μυρτιές-Μασούρι. Μέσα στο πολεοδομικό συγκρότημα υπάρχουν ακόμα περιοχές που καλλιεργούνται (περιοχή «Ελιές» στον Πάνορμο).

Γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας υπάρχει στο Βαθύ, όπου καλλιεργούνται κυρίως εσπεριδοειδή, και στο οροπέδιο του Άργους.

Παραθεριστική κατοικία υπάρχει στα Βλυχάδια, τις Μυρτιές, το Μασούρι και τα Αργινώντα, τα Σκάλια και τον Εμπορειό. Οι παραθεριστικές κατοικίες του Πανόρμου τείνουν να μετατραπούν σε μόνιμες.

Δάση και υψηλό πράσινο υπάρχει στη νότια πλευρά του νησιού(Πόθια) και στη νότια πλευρά της Τελένδου. Όλο το υπόλοιπο νησί καλύπτεται από θάμνους, χλόη, και αρωματικά φυτά , ιδανικά για τη μελισσοκομία.

7.7 Οικονομικές δραστηριότητες

7.7.1 Γενικά

Το 25% περίπου του πληθυσμού μετέχει ενεργά στην οικονομική δραστηριότητα του νησιού. Επί του συνόλου των απασχολούμενων, το 13% δραστηριοποιείται στον πρωτογενή τομέα, το 37% στον δευτερογενή και το 48% στον τριτογενή τομέα. Ο πρωτογενής τομέας απασχόλησης περιλαμβάνει κυρίως την γεωργία, την κτηνοτροφία και την αλιεία-σπογγαλιεία. Ο δευτερογενής τομέας περιλαμβάνει κυρίως τις οικοδομικές εργασίες, την βιοτεχνία, το εργοστάσιο τις ΔΕΗ και τα λατομεία. Ο τριτογενής τομέας περιλαμβάνει κυρίως τον τουρισμό, τις μεταφορές, το λιανικό εμπόριο, διάφορες υπηρεσίες, τράπεζες, ξενοδοχεία, εστιατόρια κ.λ.π.

7.7.2 Κτηνοτροφία

Κάλυμνος είναι κατά την μεγαλύτερη τις έκταση βοσκότοπος. Δυστυχώς όμως, η ανεξέλεγκτη βόσκηση σε συνδυασμό με την σοβαρότατη έλλειψη νερού, δημιουργούν δυσμενείς επιπτώσεις τις βοσκότοπους και γενικώτερα στο περιβάλλον. Οι περισσότερες εκτάσεις είναι ήδη πολύ υποβαθμισμένες, λόγω υπερβόσκησης και υδρολογικών συνθηκών (πρόκειται για μια από τις πιο σοβαρές περιπτώσεις υποβάθμισης δασικών εκτάσεων – βοσκότοπων στην περιοχή των γύρω νήσων). Οι βοσκότοποι, τις αναμένεται έχουν μικρή βοσκοϊκανότητα αλλά είναι και διάσπαρτοι.

Τα ποιμενικά αιγοπρόβατα που ανέρχονταν σε 12400 (ΕΣΥΕ 2000) είναι η κυρίαρχη κτηνοτροφική δραστηριότητα στο νησί. Ωστόσο, η απόδοση από την κτηνοτροφία είναι χαμηλή λόγω τις έλλειψης ζωοτροφών και τις μικρής βοσκοϊκανότητας των βοσκότοπων.

7.7.3 Γεωργία

Η παραγωγικές περιοχές του νησιού περιλαμβάνουν την κοιλάδα στο Βαθύ, που είναι και η πιο αξιόλογη, το οροπέδιο του Άργους και το λεκανοπέδιο τις Πόθιας και σε μικρότερη έκταση κάποιες περιοχές μέσα στον οικισμό τις Πανόρμου και σε αναβαθμούς γύρω από τις οικισμούς Σκάλια και Εμπορειό. Στην μοναδική σημαντική γεωργική έκταση του νησιού, στη κοιλάδα του Βαθέως, υπάρχουν 1500 στρέμματα με εσπεριδοειδή, ακόμη και μέσα στον οικισμό. Το έδαφος είναι εύφορο ιδιαίτερα στα χαμηλότερα μέρη, ενώ υπάρχει υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας που αξιοποιείται με πηγάδια. Το 1993 υπήρχαν 17 στρέμματα με θερμοκήπια κηπευτικών και 100 στρέμματα υπαίθριων κηπευτικών χαμηλών αποδόσεων. Στην περιοχή του Άργους υπάρχουν δυνατότητες για συστηματική καλλιέργεια ελιάς και αμπελιών. Στο νησί θα μπορούσαν να αναπτυχθούν θερμοκήπια σε επιχειρηματική βάση αλλά υπάρχει έλλειψη προσωπικού για μεγάλες μονάδες. Τα κηπευτικά δεν καλύπτουν τις τοπικές ανάγκες.

Γενικά υπάρχει στενότητα εδαφικών πόρων και η τροφοδοσία γίνεται κυρίως από την Κω. Υπάρχουν δυνατότητες ανάπτυξης ορισμένων καλλιεργειών, κυρίως εσπεριδοειδών και κηπευτικών στο Βαθύ, αλλά απαιτείται νερό για άρδευση. Η έλλειψη υδατικών πόρων είναι το κύριο πρόβλημα τις γεωργίας στην Κάλυμνο. Η επίλυση αυτού του προβλήματος θα βοηθούσε στην ανάπτυξη θερμοκηπιακών καλλιεργειών κηπευτικών με στόχο την τοπική αυτάρκεια (ακόμη και την τουριστική περίοδο) αλλά και ανθέων (αν υπήρχε εξασφάλιση μεταφοράς).

Η μορφολογία του εδάφους και η γεωλογική σύσταση δεν ευνοούν την συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων υπόγειων υδάτων. Η άρδευση σήμερα γίνεται με πηγάδια 17 – 20 μέτρων. Το νερό των περισσότερων πηγαδιών είναι ακατάλληλο για άρδευση.

7.7.4 Αλιεία

Η Κάλυμνος κατέχει την πρώτη θέση στην παράκτιο και μέση αλιεία στο νομό Δωδεκανήσων. Η αλιεία του ξιφία κατέχει σημαντική θέση σ' αυτόν τον τομέα. Τα προβλήματα που συναντιούνται σχετίζονται αφενός με ελλείψεις στον εξοπλισμό των σκαφών και σε έργα υποδομής, αφετέρου στην υποβάθμιση του θαλάσσιου πλούτου που προκλήθηκε από την ανεξέλεγκτη αλιευτική δράση και την ελλιπή ενημέρωση για τις καταστροφές προκαλούνται από τη χρήση απαγορευμένων μέσων.

7.7.5 Βιομηχανία

Η Κάλυμνος δεν έχει να επιδείξει ιδιαίτερα αξιόλογες δραστηριότητες στο δευτερογενή τομέα και αντιμετωπίζει προβλήματα. Επιπλέον η οικονομία του νησιού δε στηρίζεται στον τουρισμό, τις στα περισσότερα νησιά, γεγονός που δυσχεραίνει την κατάσταση. Ο αριθμός των βιομηχανικών – βιοτεχνικών μονάδων είναι περίπου 15. Σ' αυτές προστίθεται ένα λατομείο αδρανών υλικών και το εργοστάσιο τις ΔΕΗ. Σαν σημαντικότερες βιοτεχνίες σημειώνονται οι εγκαταστάσεις επισκευής και κατασκευής σκαφών στο καρνάγιο, που εξυπηρετεί και τα γύρω νησιά, η βιοτεχνία επεξεργασίας και συντήρησης φυσικών σπόγγων και μια βιοτεχνία τεμαχισμού πλαστικού σφουγγαριού.

Οι μονάδες αυτές είναι σήμερα εγκατεστημένες στη Δυτική πλευρά του όρμου τις Καλύμνου, σε μικρή απόσταση από τον οικισμό, στον επαρχιακό δρόμο που οδηγεί στο Βαθύ. Ζώνη για βιομηχανία προβλέπεται να αναπτυχθεί στο δυτικό μέρος του όρμου τις Καλύμνου ανατολικότερα από την θέση τις σημερινής ζώνης, μέχρι το ακρωτήριο Πριόνας και θα μπορέσει να φιλοξενήσει τις οχλούσες βιοτεχνίες του εσωτερικού του οικισμού. Ήδη έχει αρχίσει στην ζώνη αυτή η κατασκευή τις σύγχρονου, καινούριου ναυπηγείου που θα καλύψει τις ανάγκες του μεγάλου αλιευτικού στόλου του νησιού.

7.7.6 Τουρισμός

Ο Τουρισμός στην Κάλυμνο δεν είναι τόσο ανεπτυγμένος όσο στα άλλα νησιά του νομού. Ωστόσο λόγω των προβλημάτων τόσο του πρωτογενούς τομέα (γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία) όσο και του δευτερογενούς τομέα (βιομηχανία–βιοτεχνία) αναμένεται να αυξηθεί κατακόρυφα τα επόμενα χρόνια. Η Κάλυμνος δέχεται κυρίως Έλληνες τουρίστες (μόνο το 35% των τουριστών είναι αλλοδαποί). Το νησί, σύμφωνα με την Χωροταξική μελέτη, το 1992 διέθετε 3785 κλίνες σε ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα δωμάτια και κατασκηνώσεις.

7.8 Υποδομές

7.8.1 Ύδρευση-Αποχέτευση

Το νησί υδροδοτείται από γεωτρήσεις που καταλήγουν στο δίκτυο ύδρευσης. Οι γεωτρήσεις αυτές υδρομαστεύουν καρστικούς ασβεστόλιθους. Το νερό του δικτύου είναι υφάλμυρο, εξ αιτίας της υπεράντλησης του υδροφορέα και γι' αυτό χρησιμοποιείται μόνο για βοηθητικές εργασίες.

Οι κάτοικοι προμηθεύονται πόσιμο νερό από γεωτρήσεις και φυσικές πηγές. Παρ' όλα αυτά, τους καλοκαιρινούς μήνες, υπάρχει υπερκατανάλωση, με αποτέλεσμα την διακοπή της υδροδότησης σε ορισμένες περιοχές για μερικές ώρες της ημέρας.

Το δίκτυο ύδρευσης είναι πεπαλαιωμένο. Εξ' αιτίας των σαθρών σωληνώσεων σημειώνονται απώλειες που υπολογίζονται σε 30-35%. Επιπλέον οι σωληνώσεις είναι επικίνδυνες για την δημόσια υγεία, αφού στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι κατασκευασμένες από αμίαντο.

Το κεντρικό δίκτυο αποχέτευσης βρίσκεται υπό κατασκευή. Στο μεγαλύτερο τμήμα του νησιού τα λύματα συγκεντρώνονται σε δεξαμενές (βόθροι).

7.8.2 Πρόσβαση – οδικό δίκτυο

Η πρόσβαση στη νήσο Κάλυμνο γίνεται με ακτοπλοϊκή συγκοινωνία, που τη συνδέει με τον Πειραιά, τη Ραφήνα, τις Κυκλάδες, την Κρήτη, το Βόρειο Αιγαίο (νησιά και Καβάλα), τη Ρόδο και τα άλλα Δωδεκάνησα. Επίσης πρόσφατα απέκτησε αεροδρόμιο και συνδέεται με την Αθήνα και την Αστυπάλαια.

Στο νησί υπάρχει ένας κύριος οδικός άξονας ο οποίος διασχίζει τους δύο μεγάλους οικισμούς Πόθια και Χώρα με προσανατολισμό ΑΝΑ-ΔΝΔ και συνεχίζει παραλιακά μέχρι το βορειότερο άκρο του νησιού. Η κατάσταση του οδικού δικτύου είναι μέτρια.



Χάρτης 1: Κύριος οδικός άξονας νήσου Καλύμνου

7.9 Δημογραφικά στοιχεία

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας (ΕΣΥΕ) που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1, ο πραγματικός πληθυσμός των οικισμών της νήσου Καλύμνου με βάση τις απογραφές του 1991 και του 2001 έχει ως εξής:

ΟΙΚΙΣΜΟΙ ΝΗΣΟΥ ΚΑΛΥΜΝΟΥ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	
	2001	1991
Ν. Καλυμνος(συγκεντρωτικά)	16.235	15.706
Κάλυμνος, η	10.149	10.543
Αργινώντας, ο	18	21
Άργος, το	159	132
Βαθύς, ο	577	591
Βλυχάδια, τα	36	8
Βοθυνός, ο	185	105
Εμπορειός, ο	69	33
Καμάρι, το	87	69
Μυρτέαι, αι	203	138
Πάνορμος, η	1.412	793
Σκαλιά, τα	29	14
Χωρίον, το	3.311	3.259

Πίνακας 3: Πληθυσμός οικισμών νήσου Καλύμνου,(ΕΣΥΕ, απογραφές 1991 και 2001)

Δημογραφική Εξέλιξη Νησιού			
Έτος	Πληθυσμός	Μεταβολή %	Πυκνότητα (άτομα/τμ.)
2001	16235	3,78	148,12
1991	15706	0,00	142,72

Πρωτεύουσα της Καλύμνου είναι η Πόθια (πόλη Καλύμνου), με πληθυσμό 10.200 κατοίκους. Σημαντικός οικισμός είναι η κωμόπολη Χωριό με 3.300 κατοίκους, η Πάνορμος με 1.400 κατοίκους και το Βαθύ με 600 κατοίκους.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας (ΕΣΥΕ) που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4, το 1913 ο πληθυσμός της Καλύμνου έφθανε τους 25.000 κατοίκους ενώ το 1943 είχε μόνο 3.500. Κατά την απογραφή του 1961 ο πληθυσμός ανερχόταν σε 14.249 άτομα, μειώθηκε σε 13.281 το 1971 και επανήλθε στα 14.295 άτομα το 1981. Τη τελευταία δεκαετία παρουσιάζεται αυξητική τάση με μέση ετήσια αύξηση 0,33%. Σύμφωνα με την τελευταία απογραφή (2001), ο πληθυσμός του νησιού ανέρχεται σε 16.235 κατοίκους με το 90% του πληθυσμού να συγκεντρώνεται στους οικισμούς Καλύμνου – Χωριού – Πανόρμου.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΓΡΑΦΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΜΝΟ			
Έτος	Πληθυσμός	Έτος	Πληθυσμός
1821	5.000	1943	3.500
1850	7.600	1947	12.227
1900	19.400	1951	13.712
1910	20.000	1961	14.249
1913	25.000	1971	13.281
1917	14.950	1981	14.295
1922	16.600	1983	15.000
1931	16.600	1991	15.706
1936	15.493	2001	16.235
1941	14.872		

Πίνακας 4: Πληθυσμιακά στοιχεία νήσου Καλύμνου (ΕΣΥΕ)

8 Γεωλογικά Χαρακτηριστικά

8.1 Εισαγωγή

Ένα σύστημα υδατικών πόρων είναι ένα ανοικτό σύστημα προσφοράς – ζήτησης με συνεχείς αλληλεπιδράσεις. Στο σύστημα αυτό η φύση προσφέρει τους πόρους και ο άνθρωπος τους χρησιμοποιεί. Το σύνολο των προσφερόμενων πόρων αποτελεί το φυσικό σύστημα.

Η γνώση της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης είναι απαραίτητη για να μπορέσει κανείς να εκτιμήσει αν το ισοζύγιο προσφοράς – ζήτησης είναι πλεονασματικό ή ελλειμματικό και να δρομολογηθούν προγράμματα και έργα για την ορθολογική διαχείριση του νερού, που είναι ο πολυτιμότερος φυσικός πόρος.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν στους υδατικούς πόρους της Καλύμνου. Κρίνεται απαραίτητη η ειδική αναφορά στα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, επειδή τα υπόγεια νερά είναι αυτά που αποτελούν τη σημαντικότερη συνιστώσα των υδατικών πόρων ενός τόπου.

8.2 Γεωλογία

Στη γεωλογική διαμόρφωση της νήσου Καλύμνου συμβάλλουν τρεις κύριες ενότητες γεωλογικών σχηματισμών. Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις από αλλουβιακές αποθέσεις και πλευρικά κορρήματα, η σειρά του Νεογενούς με μολασσικά ιζήματα και κροκαλοπαγή και η μεσοζωική στρωματογραφική σειρά που αποτελούν και το υπόβαθρο της νήσου.

Σύμφωνα με τον Γεωλογικό Χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο Κάλυμνος κλίμακας 1:50.000 τον οποίο συνέταξαν οι Δούνας, Κακαβάς και Τάσιος το 1983, η γεωλογική διάρθρωση της νήσου. Καλύμνου περιλαμβάνει τους παρακάτω μεταλπικούς και αλπικούς σχηματισμούς :

Μεταλπικοί σχηματισμοί

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί που αναπτύσσονται στο νησί διακρίνονται σε Νεογενείς και Τεταρτογενείς ενώ αξιοσημείωτη είναι και η παρουσία των ηφαιστειακών τόφφων.

Τεταρτογενείς:

Οι Τεταρτογενείς σχηματισμοί, ανάλογα με τη σύστασή τους, τον τρόπο σχηματισμού τους και την ηλικία τους έχουν ταξινομηθεί (Δούνας κ.α, 1972, Δούνας κ.α, 1983) σε διάφορες ενότητες όπως:

- **Κατολισθήσεις και αποσπάσεις βράχων (Is)**
- **Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (cs.sc):** Αναπτύσσονται στις πλαγιές ασβεστολιθικών κυρίως λόφων και αποτελούν από ασβεστολιθικές λατύπες ποικίλου μεγέθους και ανάλογης σύστασης.
- **Προσχώσεις κοιλάδων (al):** Αναπτύσσονται σε περιορισμένες εκτάσεις στις χαμηλές επίπεδες περιοχές και αποτελούνται από αργιλοαμμώδη υλικά με ποικίλα ποσοστά λατυπών και αδρομερέστερων υλικών. Το πάχος τους είναι γενικά μικρό.
- **Τεταρτογενής ψαμμίτης θαλάσσιας απόθεσης – Πύρος (Pt.st):** Απαντά σε αρκετά περιορισμένες εμφανίσεις ιδιαίτερα νότια της πόλεως της Καλύμνου. Επικάθεται σε Νεογενή ιζήματα και απαντά σε ερυθρά συμπαγή μορφή.
- **Ηφαιστειογενείς σχηματισμοί (Pt.tf):** Αποτελούνται βασικά από ηφαιστειακούς τόφφους (θηραϊκή γη, κίσηρις) με κατά τόπους παρουσία αναβλημάτων. Τη μεγαλύτερη ανάπτυξη οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν στην περιοχή Χωριού – Χριστού στην κοιλάδα της Πόθιας και στην περιοχή Αγίου Γεωργίου στην κοιλάδα Βαθέος. Το πάχος τους είναι γενικά μικρό ενώ στις παραπάνω θέσεις υπερβαίνει τα 40 m. Οι σχηματισμοί αυτοί εδράζονται πάνω σε παλαιά συνεκτικά κορήματα ενώ πάνω τους έχουν επίσης μεταγενέστερα αποτεθεί νεότερα κορήματα.
- **Παλαιά συνεκτικά κορήματα και ριπίδια χειμάρρων (Pt.sc):** Αποτελούνται γενικά από ασβεστολιθικές λατύπες με αργιλοασβεστιτικό συνδετικό υλικό. Συνήθως αποτελούν επικλινείς πάγκους και αναπτύσσονται στις κλιείς των λόφων. Συχνά (Μασούρι, Εμπορειό, Σκάλια, κλπ.) περιέχουν ογκώδη ασβεστολιθικά ολισθοτεμάχη (sc) σημαντικών διαστάσεων.

Νεογενείς:

- **Το Νεογενές (Ng),** αποτελείται λιθολογικά από **κροκαλοπαγή, μαργαϊκούς ασβεστολίθους, μάργες και ψαμμίτες.** Απαντά σε πολυάριθμες εμφανίσεις μικρών διαστάσεων που εντοπίζονται γενικά σε ταπεινωμένες τεκτονικά περιοχές ή μέσα σε καρστικά έγκοιλα των μεσοζωικών ασβεστολίθων (κοιλάδα Βαθέος, περιοχή Αγίου Νικολάου χερσονήσου "Άνθρωπος", περιοχή Βοθυνών, Κεφάλια, Άργους κλπ). Το μέγιστο πάχος είναι 70 μέτρα περίπου και το περιβάλλον απόθεσής τους πιθανότατα λιμναίο. Η ηλικία τους είναι ενδεχομένως Άνω – Πλειοκαινική.

Αλπικοί σχηματισμοί

Μεσοζωικά ιζήματα:

Αποτελούνται ως επί το πλείστον από ανθρακικά υλικά και διακρίνονται σε δύο διαφορετικές ενότητες την κατώτερη ασβεστολιθική – δολομιτική σειρά και την ανώτερη ασβεστολιθική σειρά. Τα επιμέρους λιθολογικά και στρωματογραφικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- **Λευκοί έως λευκόφαιοι Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι (Κι.κ):** Είναι γενικά άστρωτοι έως παχυπλακώδεις και κρυσταλλικοί δίνοντας την υφή μαρμάρου. Στη βάση τους γίνονται ανοιχτότεφροι και διασχίζονται από φλεβίδια ασβεσίτη. Η επαφή με τους υποκείμενους δολομιτικούς ασβεστόλιθους, είναι πιθανότατα τεκτονική ενώ το μέγιστο πάχος τους εκτιμάται ότι είναι της τάξης των 750m. Η ηλικία τους σύμφωνα με τους μέχρι τώρα προσδιορισμούς, είναι Κάτω-Κρητιδική.
- **Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες (T-Js-k.d):** Διακρίνονται, από κάτω προς τα πάνω, τρεις διαφορετικές ενότητες: α) Ανοιχτότεφροι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι με ζαχαρώδη υφή που τοπικά μεταβαίνουν σε μελανότεφρους κρυσταλλικούς ή σε τυπικούς δολομίτες β) τεφροί ασβεστόλιθοι, λίγο δολομιτικοί, τοπικά πλακώδεις, στιφροί έως μικροκρυσταλλικοί με σπανίους κονδύλους κερατολίθου και γ) Τεφροί ασβεστόλιθοι έως σκοτεινότεφροι, λεπτοπλακώδεις έως φυλλώδεις, λεπτοκρυσταλλικοί με πυκνές εναλλαγές με ενστρώσεις κερατολίθων ή με κερατολιθικούς κονδύλους. Η ηλικία τους προσδιορίστηκε ως Άνω Ιουραϊκή. Το πάχος τους ποικίλει σημαντικά από θέση σε θέση ενώ το μέγιστο ορατό τους πάχος στο δυτικό τμήμα του νησιού είναι της τάξης των 750 m.

Νέο-παλαιοζωικό:

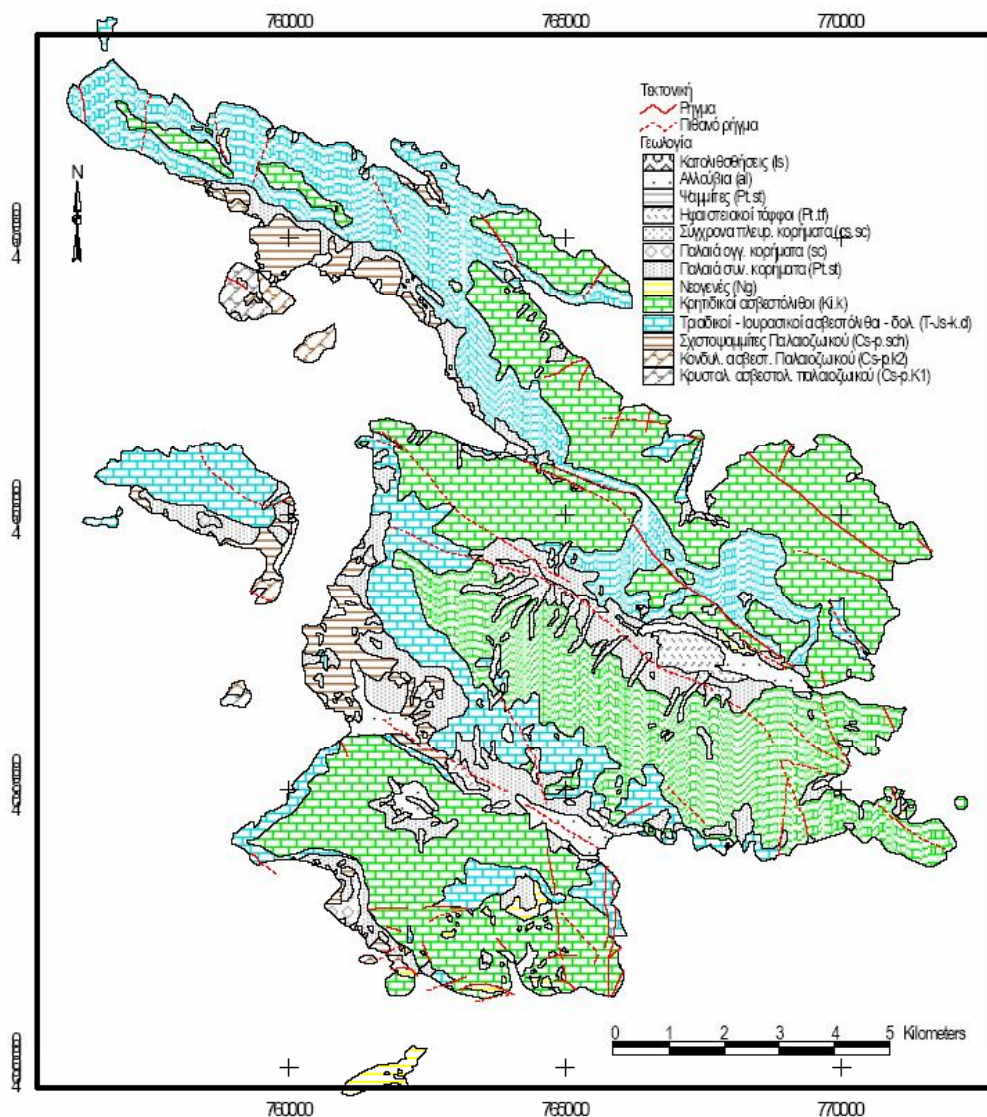
Αποτελούνται ως επί το πλείστον από ασβεστόλιθους (C_s -P.K) και σχιστοψαμμίτες (C_s -P.sch). Διακρίνεται σε τρεις διαφορετικές λιθολογικές ενότητες, την κατώτερη ασβεστολιθική σειρά την ενδιάμεση ασβεστολιθική σειρά και την ανώτερη σχιστοψαμμιτική σειρά. Η ηλικία της Νέο-παλαιοζωικής σειρά έχει προσδιοριστεί ως Άνω-παλαιοζωική (Αν. Λιθανθρακοφόρο – Πέρμιο) ενώ το μέγιστο ορατό της πάχος είναι της τάξης των 300m. Αντίστοιχοι σχηματισμοί αναπτύσσονται και στη γειτονική Λέρο.

- **Σειρά σχιστοψαμμιτικών στρωμάτων (C_s -P.sch):** Περιλαμβάνει σχιστοψαμμιτικά στρώματα τα οποία εναλλάσσονται με αμφιβολιτικούς σχιστολίθους και φυλλίτες. Περικλείουν φακοειδείς ενστρώσεις μελανότεφρου κυρίως ασβεστολίθου ισχυρώς κρυσταλλωμένου και πυριτιωμένου. Στους ανώτερους ορίζοντες απαντούν βυσινόχροοι λεπτοκοκκώδεις ψαμμίτες και αργιλικοί σχιστόλιθοι, ανοιχτόφαιοι σκληροί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι.

Αναπτύσσονται στο δυτικό παράκτιο τμήμα της νήσου με κύριες εμφανίσεις στις περιοχές των οικισμών Εμπορειό, Σκάλια, Αργυνώντα και του όρμου Συκάτης στο βόρειο τμήμα της νήσου, στο δυτικό τμήμα στην περιοχή Μασούρι – Μυρτιές – Πάνορμος καθώς και στο νοτιοδυτικό τμήμα στην περιοχή Πιθάρια – Λινός.

- **Η ενδιάμεση ασβεστολιθική σειρά ($C_s-P.K_2$):** Περιλαμβάνει μελανότεφρους απολιθματοφόρους ασβεστόλιθους, κονδυλώδεις, λεπτοπλακώδεις έως φυλλώδεις που εναλλάσσονται συχνά με σχιστόλιθους και φυλλίτες. Αναπτύσσονται επιφανειακά στη χερσόνησο "Κεφάλα" της περιοχής Εμπορίου, στις νησίδες Καλαβρό και Αγ. Κυριακή, καθώς και στο νότιο τμήμα της Ν. Τελένδου, νότια του ομωνύμου οικισμού.
- **Η κατώτερη ασβεστολιθική σειρά ($C_s-P.K_1$):** Περιλαμβάνει λευκούς κρυσταλλικούς μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθους με ασαφή απολιθώματα που εναλλάσσονται τοπικά με λεπτά στρώματα σχιστόλιθων. Η στρώση τους είναι συνήθως ασαφής. Εμφανίζονται επιφανειακά στη χερσόνησο "Κεφάλα" της περιοχής Εμπορίου και στη νησίδα Αγ. Κυριακή έναντι του όρμου Λιναριάς (Μπροστά).

Στο Χάρτη 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο Γεωλογικός χάρτης της Καλύμνου (ΙΓΜΕ, φύλλο Κάλυμνος, κλίμακα 1:50.000).



Χάρτης 2: Γεωλογία νήσου Καλύμνου (Πηγή: ΙΓΜΕ)

8.3 Τεκτονική

Η τεκτονική της νήσου καθώς και η ορογενετική της εξέλιξη περιγράφεται αναλυτικά από τους Δούνα κ.α (1972). Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι βασικό χαρακτηριστικό της τεκτονικής δομής είναι η παρουσία ρηγμάτων ενώ ο ρόλος των πτυχών στη διαμόρφωση της τελικής δομής είναι δευτερεύων.

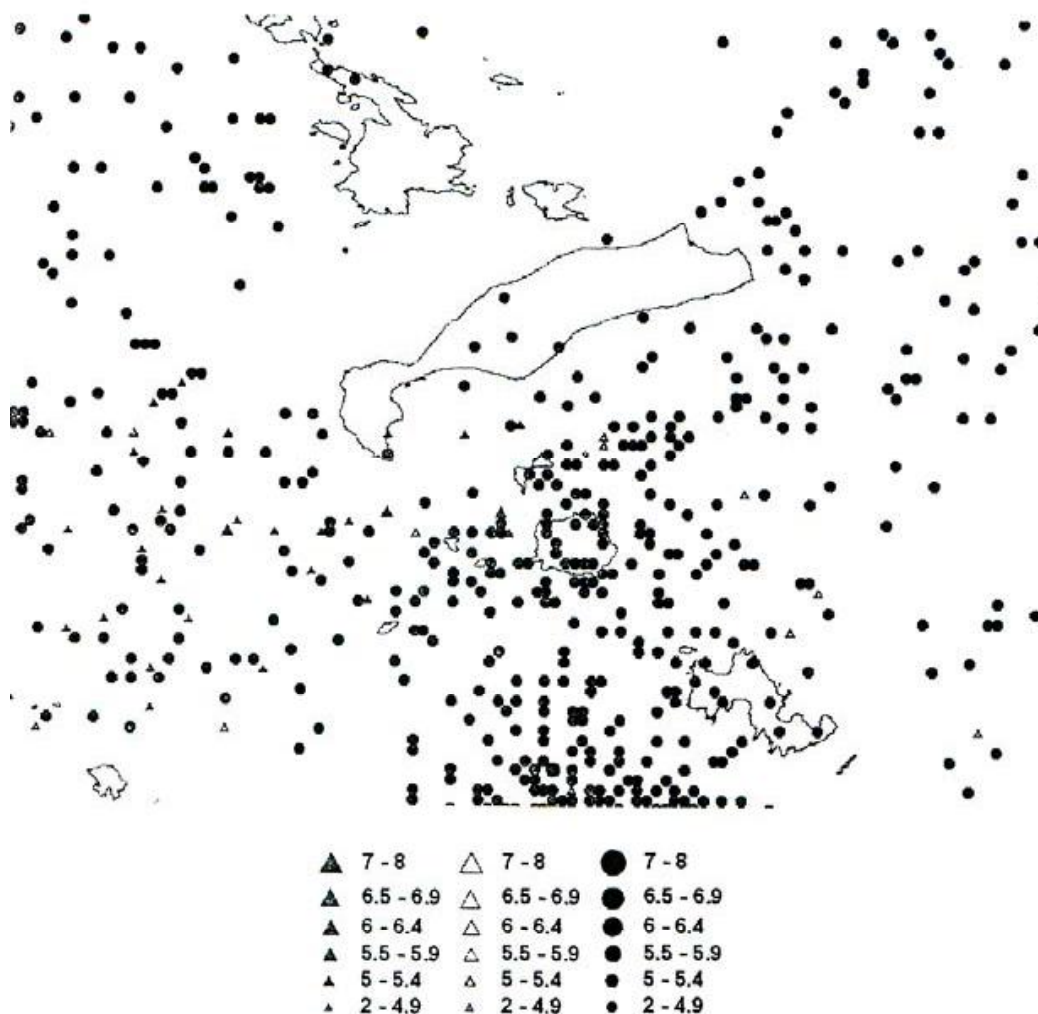
Σαφής και χαρακτηριστική είναι η παρουσία ρηγμάτων και μεταπτώσεων, το άλμα των οποίων σε πολλές περιπτώσεις είναι σημαντικό, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, η οποία συμπίπτει με τη διεύθυνση των κυρίων αξόνων του νησιού. Στα ρήγματα αυτά αποδίδεται ως επί το πλείστον ο κατακόρυφος και οριζόντιος διαμελισμός του νησιού σε τεμάχια που βρίσκονται σε κλιμακωτή μεταξύ τους θέση και πιθανότατα δημιουργούν τεκτονικά κέρατα και τάφρους (Horst and Graben) ειδικά στην κοιλάδα του Βαθέως. Τόσο οι ορεογραφικοί άγονες όσο και οι άξονες των κοιλάδων είναι σχεδόν παράλληλοι με τις διευθύνσεις των παραπάνω ρηγμάτων. Συνήθως παρατηρούνται μονοκλινικές μορφές λόφων οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους με κλιμακωτά ρήγματα ενώ σπάνια απαντώνται σαφείς πτυχωσιγενείς δομές οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στα στρώματα του Παλαιοζωικού.

Οι οριζόντιες τεκτονικές κινήσεις εντοπίζονται στην επαφή των δύο διαφορετικών ασβεστολιθικών μαζών δηλαδή των σκούρων δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων του Τριαδικού - Ιουρασικού και των υπερκείμενων λευκών ασβεστολίθων του Ιουρασικού - Κ. Κρητιδικού. Ανάλογες οριζόντιες κινήσεις αναμένονται και στην επαφή των ανθρακικών σχηματισμών με τους υποκείμενους σχιστολίθους του Παλαιοζωικού.

Αποτέλεσμα της ρηξιγενούς τεκτονικής που κυριαρχεί στο νησί είναι η δημιουργία δύο επιμέρους λεκανών, της λεκάνης του Βαθέως και αυτής της Πόθιας – Πανόρμου οι οποίες δημιουργήθηκαν κατά την περίοδο της ταφρογένεσης. Ανάλογη παράκτια λεκάνη αλλά μικρότερης έκτασης είναι και αυτή του Αργινώντα – Εμπορίου.

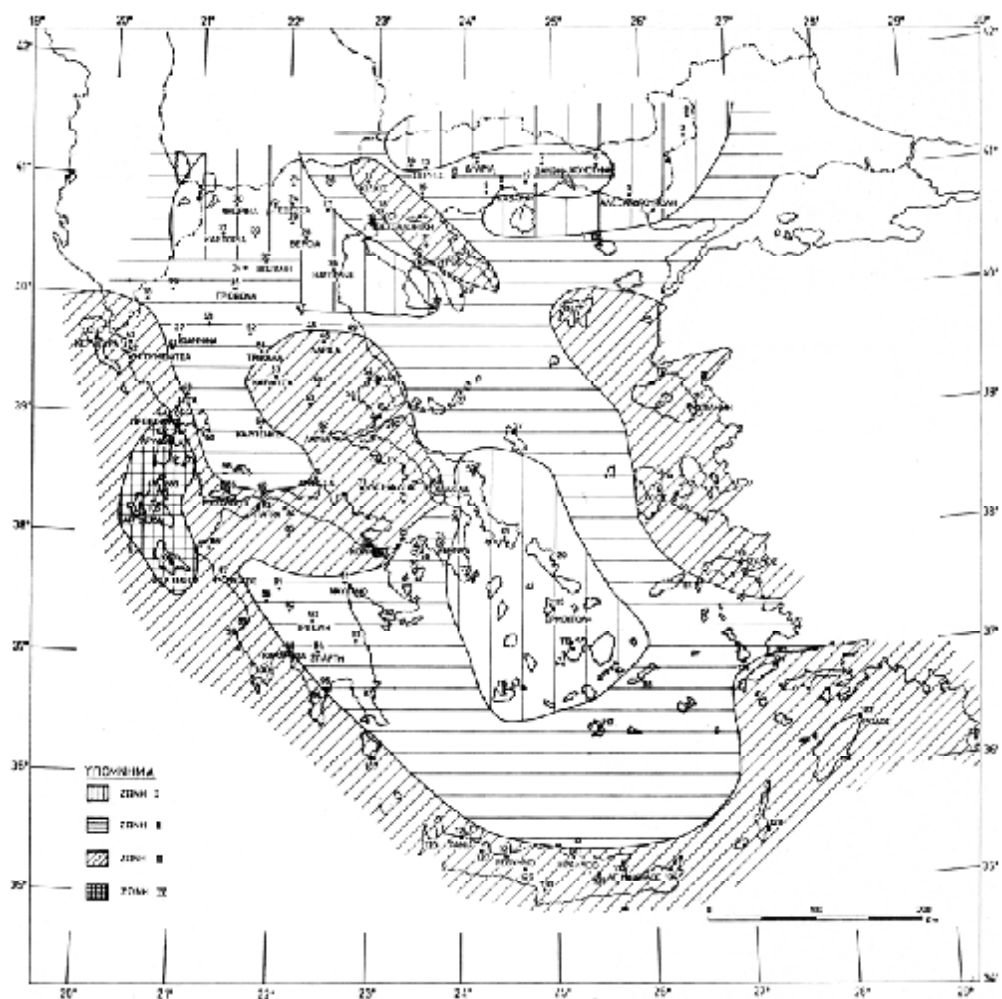
8.4 Σεισμικότητα - Σεισμική επικινδυνότητα

Από ιστορικά στοιχεία γνωρίζουμε ότι η περιοχή της Καλύμνου έχει πληγεί από σεισμούς. Με βάση τις καταγραφές του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου στον ελληνικό χώρο, φαίνεται ότι σχεδόν όλη η σεισμικότητα συγκεντρώνεται στη θαλάσσια περιοχή που βρίσκεται στα νότια, στον δίαυλο Κω - Νισύρου. Η συντριπτική πλειοψηφία των σεισμικών γεγονότων αποτελείται από μικρούς σχετικά σεισμούς ($M < 5.0$) μικρού βάθους που πιθανότατα οφείλονται στην ηφαιστειότητα της περιοχής



Σχήμα 5: Η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής της νήσου Καλύμνου κατά την περίοδο 1964-2003.

Από πλευράς σεισμικότητας και σύμφωνα με τον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό, η Κάλυμνος κατατάσσεται στην ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II. Στο σχήμα που παρατίθεται στη συνέχεια, διακρίνονται οι τρεις κατηγορίες σεισμικής επικινδυνότητας στις οποίες χωρίζεται ο Ελλαδικός χώρος, σύμφωνα με τις πρόσφατες τροποποιήσεις του Ε.Α.Κ. το 2003.



Σχήμα 6: Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας του Ελληνικού χώρου

9 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

9.1 Υδρογεωλογία

Στην Κάλυμνο, τα χαρακτηριστικά του υδροσυστήματος, δεν διαφέρουν από αυτά των άλλων ασβεστολιθικών νησιών του Αιγαίου. Η ανάπτυξη τεκτονικής τάφρου στην θέση του Βαθέως, σε συνδυασμό με την ύπαρξη σχετικά στεγανού υποβάθρου, ανθρακικών επικαθήμενων πετρωμάτων και προσχωσιγενών σχηματισμών ως υλικών πληρώσεως της τάφρου, δημιουργούν συνθήκες ανάπτυξης ικανής υδροφορίας. Η υδροφορία αυτή, ανοιχτή προς την θάλασσα, παρουσιάζει φαινόμενα υπαλμύρυνσης από άναρχες υπεραντλήσεις.

Στην Κάλυμνο αναπτύσσονται διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί που ανάλογα με την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Υδροπερατοί σχηματισμοί:** Είναι οι πάσης φύσεως ασβεστόλιθοι, τα πλευρικά κορήματα και οι αδρομερείς προσχώσεις. Οι ασβεστόλιθοι του Παλαιοζωικού είναι υδροπερατοί σχηματισμοί αλλά παρουσιάζουν περιορισμένη ανάπτυξη στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού.

Λόγω της περιορισμένης εμφάνισης τους και της γειννιάσής τους με τη θάλασσα, σε όλες τις θέσεις που αναπτύσσονται, δεν μπορούν να φιλοξενήσουν εκμεταλλεύσιμες ποσότητες πόσιμου νερού. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε πιθανή φακοειδή ανάπτυξης τους μέσα στο σχιστολιθικό περιβάλλον. Σε τέτοια περίπτωση ο σχηματισμός του παλαιοζωικού θα μπορούσε να δώσει κάποιες περιορισμένες ποσότητες νερού τοπικής όμως σημασίας. Οι ασβεστόλιθοι του Μεσοζωικού καλύπτουν στο σύνολό τους το 80% περίπου του νησιού. Η υψηλή περατότητά τους αποδίδεται στο υψηλό δευτερογενές τους πορώδες το οποίο είναι αποτέλεσμα ασυνεχειών στρώσης και κάθε είδους δευτερογενών ασυνεχειών καθώς και στην καρστικοποίησή τους. Αποτελούν περιβάλλον τροφοδοσίας και ανάπτυξης των σημαντικότερων υδροφόρων σχηματισμών του νησιού (Βαθύ, Πόθεια κλπ). Οι Δούνας κ.ά. (1972) αναφέρουν ότι η κατώτερη σειρά των δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων παρουσιάζει σχετικά χαμηλότερη περατότητα σε σχέση με την υπερκείμενή της λόγω της δολομιτικής της σύστασης. Η ρηγματώση όμως και ο τεκτονισμός είναι τόσο έντονα φαινόμενα που επιτρέπουν τον ενιαίο χαρακτηρισμό των σχηματισμών αυτών ως υδροπερατών.

- **Ημιπερατοί σχηματισμοί:** Περιλαμβάνουν τους αδρομερείς σχηματισμούς των Νεογενών ιζημάτων (μάργες, μαργαίικούς ασβεστολίθους, ψηφιδωπαγή, κλπ.), τα αποσαθρωμένα τμήματα των ηφαιστειακών σχηματισμών και τους μεσόκοκκους αλλουβιακούς σχηματισμούς. Οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί στην υγιή τους δομή χαρακτηρίζονται ως πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Παρ' όλα αυτά σχηματίζουν μεγάλου πάχους αποσαθρωμένη ζώνη στην οποία αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας ο οποίος υφίσταται εκμετάλλευση από πληθώρα φρεάτων. Συνεπώς χαρακτηρίζεται ως *μετρίου έως χαμηλής περατότητας* σχηματισμός. Οι αλλουβιακοί σχηματισμοί περιλαμβάνουν αργιλοαμμώδη υλικά με ποικίλη συμμετοχή αργιλικών υλικών. Η περατότητά τους κυμαίνεται ανάλογα με το περιεχόμενό τους σε άργιλο και χαρακτηρίζονται ως *μέσης περατότητας* υλικά.
- **Πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί:** Στην ενότητα αυτή εντάσσονται κυρίως οι Παλαιοζωικοί σχιστο-ψαμμιτικοί σχηματισμοί, τα λεπτομερή αργιλικά κλάσματα των αλλουβιακών και Νεογενών ιζημάτων, καθώς και τα συμπαγή τμήματα των ηφαιστειακών σχηματισμών. Αποτελούν σε γενικές γραμμές το αδιαπέρατο υπόβαθρο του νησιού. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επαφής τους με τους υπερκείμενους ανθρακικούς σχηματισμούς καθορίζουν ουσιαστικά την κίνηση σημαντικών ποσοτήτων υπογείου νερού και τη διαμόρφωση υδροφόρων οριζόντων. Στην επιφανειακή αποσαθρωμένη ζώνη του, ο σχηματισμός αυτός παρουσιάζει αυξημένη περατότητα και σε μερικές θέσεις ευνοεί την ανάπτυξη φρεάτιας υδροφορίας τοπικής όμως σημασίας.

Ως προς την υδροπερατότητα τους οι στρωματογραφικοί σχηματισμοί κατατάσσονται σε:

- **Σχηματισμούς με περατότητα ελάχιστη έως πολύ χαμηλή (Συντελεστής Κατείδυσης $\leq 3\%$)**

Χριστοψαμμίτες (Cs-P.sch): Αφορά τα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού του παλαιοζωικού που αποτελούνται από φυλλίτες.

- **Σχηματισμοί με περατότητα πολύ χαμηλή έως χαμηλή ($3\% < \text{Συντελεστής Κατείδυσης} \leq 8\%$)**

Ηφαιστειακοί τόφφοι και αναβλήματα (Pt.tf), κροκαλοπαγή, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, μάργες και ψαμμίτες (Ng) και παλαιά συνεκτικά κορήματα και ριπίδια χειμάρρων (Pt.sc).

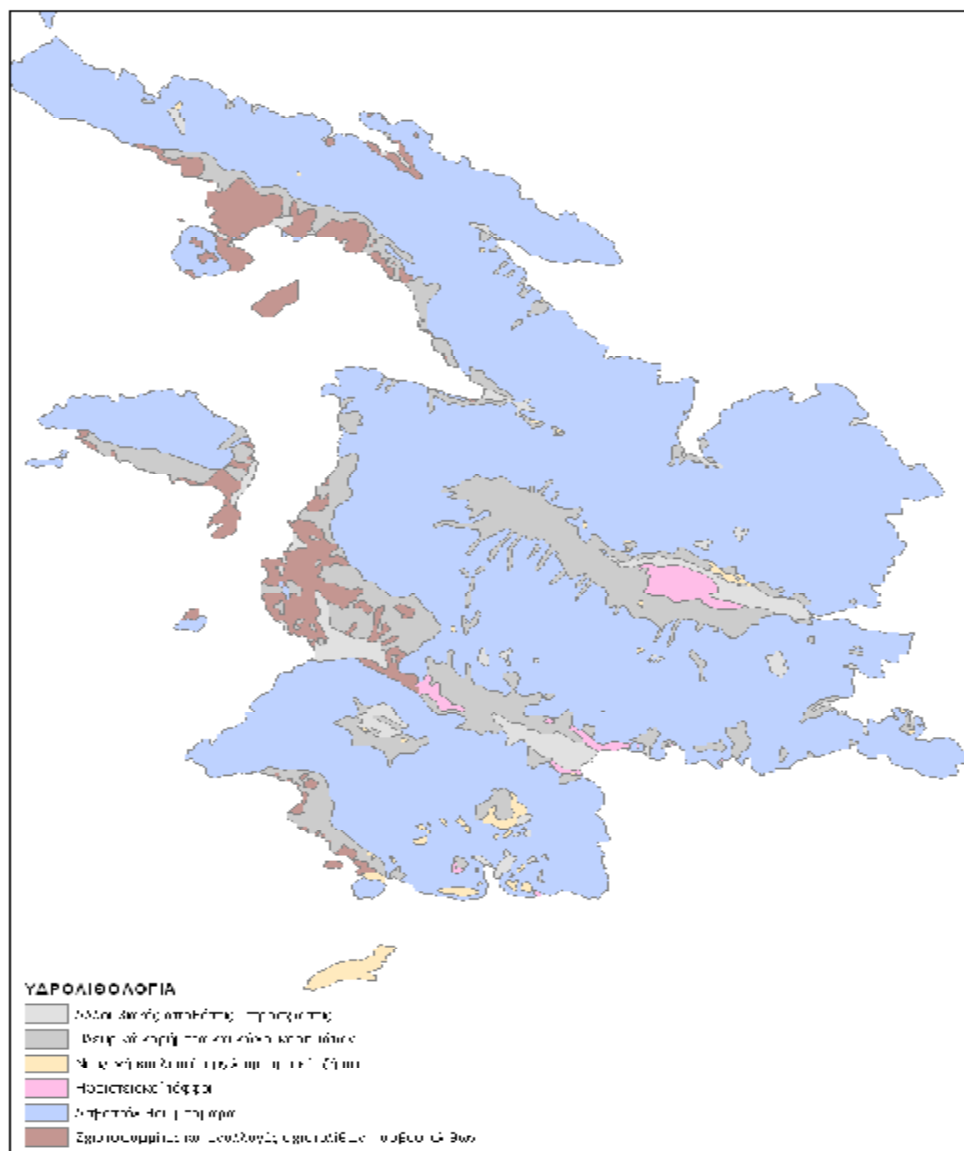
- **Σχηματισμοί με περατότητα χαμηλή έως μέτρια ($8\% < \text{Συντελεστής Κατείδυσης} \leq 20\%$)**

Κατολισθήσεις και αποσπάσεις βράχων (Is), προσχώσεις κοιλάδων και κλειστών λεκανών (al), ψαμμίτης "Πώρος" (Pt.st) και ασβεστόλιθοι (Cs-P.k1), (Cs-P.k2).

- **Σχηματισμοί με περατότητα μέτρια έως υψηλή (Συντελεστής Κατείδυσης $> 20\%$)**

Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (cs-sc) και κρητιδικοί ασβεστόλιθοι (Ki.k).

Στο Χάρτη 3 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο Υδρολιθολογικός χάρτης της Καλύμνου.



Χάρτης 3: Υδρολιθολογικός χάρτης νήσου Καλύμνου (Πηγή: ΥΠΑΝ, 2005)

9.2 Υδροφόροι σχηματισμοί

Οι βασικοί υδροφορείς της νήσου είναι:

- **Προσχωματικός υδροφορέας κοιλάδος Βαθέως:** Η υδρομάστευση των υδάτων του φρεατίου αυτού ορίζοντος καλύπτει ένα μέρος των αρδευτικών αναγκών της περιοχής. Ο φρεάτιος υδροφόρος σχηματισμός αναπτύσσεται σε δύο διαφορετικά υδρογεωλογικά περιβάλλοντα, στα αλουβιακά ιζήματα της χαμηλής περιοχής, καθώς και στην επιφανειακή αποσαθρωμένη ζώνη των ηφαιστειακών πετρωμάτων. Στο μεγαλύτερο τμήμα του είναι υποβαθμισμένος ποιοτικά από διάφορες αστικές ή αγροτικές πηγές ρύπανσης.
- **Καρστικός υδροφορέας περιοχής Βαθέως:** Υφίσταται και αυτός έντονη εκμετάλλευση με αποτέλεσμα την υπαλμύρωση των υδάτων των υδρογεωτρήσεων που βρίσκονται πλησιέστερα στην ακτογραμμή. Αποτελεί το σημαντικότερο υδροφόρο ορίζοντα της Καλύμνου. Αναπτύσσεται υδροστρωματογραφικά κάτω από τους προηγούμενους αλλουβιακούς υδροφόρους και εκτείνεται γεωγραφικά σε όλη την περιοχή της κοιλάδας. Η ιδιαίτερη γεωλογική δομή της κοιλάδας σε συνδυασμό με τις μειωμένες σχετικά αντλήσεις διατηρούν μέχρι τώρα τα ποσοτικά και ποιοτικά του χαρακτηριστικά σε ικανοποιητικά επίπεδα με αποτέλεσμα να αποτελεί την πιο σημαντική πηγή γλυκού νερού στο νησί. Στην περιοχή έχουν διανοιγεί αρκετές γεωτρήσεις οι οποίες καλύπτουν τις υδρευτικές κυρίως ανάγκες της κοιλάδας Βαθέως ενώ προγραμματίζεται και εκτέλεση έργων για τη μεταφορά νερού από τον υδροφόρο αυτό σε άλλα σημεία του νησιού.
- **Προσχωματικός υδροφορέας κοιλάδος Πόθιας:** Η υδρομάστευση των υδάτων του φρεατίου αυτού ορίζοντος καλύπτει ένα μέρος των αρδευτικών αναγκών της περιοχής. Ο αλλουβιακός υδροφόρος ορίζοντας καλύπτει στοιχειώδεις ανάγκες της περιοχής αλλά στο μεγαλύτερο του μέρος δέχεται πιέσεις από διάφορες πηγές αστικής ρύπανσης.
- **Καρστικός υδροφορέας περιοχής Πόθιας:** Υφίσταται έντονη εκμετάλλευση με αποτέλεσμα την υπαλμύρωση των υδάτων σε πολλές υδρογεωτρήσεις οι οποίες έχουν εγκαταληφθεί. Ο βαθύτερος καρστικός υδροφόρος σχηματισμός υπόκειται στρωματογραφικά των αλλουβιακών ιζημάτων της κοιλάδας της Πόθιας και παρουσιάζει σχετικά μεγαλύτερη έκταση. Ο υδροφόρος αυτός καλύπτει, διαμέσου διαφόρων γεωτρήσεων, τις περισσότερες υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες της Πόθιας και της ευρύτερης περιοχής.
- **Προσχωματικός υδροφορέας κοιλάδος Πανόρμου:** Λόγω της μικρής του εκτάσεως έχει περιορισμένη υδρογεωλογική σημασία. Περιλαμβάνει τα αλλουβιακά ιζήματα της περιοχής του Πανόρμου όπου αναπτύσσεται ένας παράκτιος αλλουβιακός υδροφόρος σχηματισμός. Υφίσταται εκμετάλλευση διαμέσου φρεάτων για αρδευτικές κυρίως χρήσεις

Στο υπόλοιπο νησί σε διάφορες περιοχές (Αργινώντας, Εμπορειό, Βοθυνός) αναπτύσσονται φρεάτιοι υδροφόροι τοπικής σημασίας οι οποίοι καλύπτουν στοιχειώδεις ανάγκες των κατοίκων ή των παρακείμενων οικισμών. Σε όλους τους παραπάνω υδροφορείς υπάρχουν διάσπαρτες γεωτρήσεις (καταγεγραμμένες ή μη) εκτιμώμενης συνολικής δυναμικότητας περί τα 2,5 hm³ ετησίως. Επίσης πηγαίες αναβλύσεις, οι παροχές των οποίων κυμαίνονται μικρότερες από 0,5-1,0m³/h αναβλύζουν σε διάφορα σημεία του νησιού.

Η παρουσία των πηγών αυτών αποδίδεται στην επαφή υπερκείμενων ανθρακικών σχηματισμών ή πλευρικών κορημάτων με υποκείμενα πρακτικά αδιαπέρατα σχιστολιθικά στρώματα.

10 Υδρολογικά χαρακτηριστικά

10.1 Μετεωρολογικοί – Υδρομετρικοί σταθμοί

Στη νήσο Κάλυμνο δεν υπάρχουν μετεωρολογικοί και υδρομετρικοί σταθμοί και συνεπώς η παραγωγή ιστορικών χρονοσειρών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας επιτεύχθηκε με την αξιοποίηση των μετρήσεων των μετεωρολογικών σταθμών των γειτονικών της νήσων.

Για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας στην Κάλυμνο αρχικά προσδιορίστηκαν η βροχοβαθμίδα και θερμοβαθμίδα της ευρύτερης περιοχής.

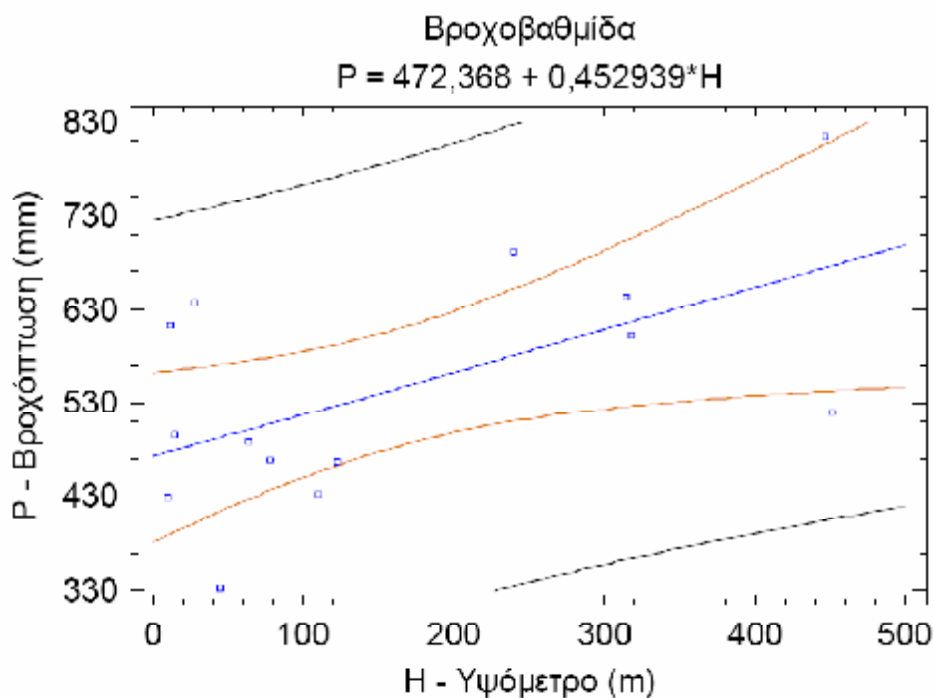
10.2 Βροχοβαθμίδα

Για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας, δηλαδή της μέσης αύξησης του ετήσιου ύψους βροχής ανά μονάδα υψομέτρου, χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις ενός συνόλου βροχομετρικών σταθμών (14) για την κοινή περίοδο 1981-1993 που υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα. Οι σταθμοί αυτοί ανήκουν σε περιοχές άλλων σταθμών της Δωδεκανήσου, αλλά με συναφή κλιματολογικά χαρακτηριστικά με τη νήσο Κάλυμνο. Οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

α/ α	Βροχομετρικός σταθμός	Υψόμετρο (μ)	Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (χιλ.) για τη χρονική περίοδο 1981 - 1993
1	Αστυπάλαια	45	332,8
2	Κάρπαθος	10	428,6
3	Κάσος	15	496,1
4	Κως (Ασφένδιο)	240	691,9
5	Κως (Κέφαλος)	110	432,0
6	Κως (Αντιμάχεια)	122	466,8
7	Ρόδος (Απολλάκια)	64	488,7
8	Ρόδος (Απόλλωνα)	314	642,8
9	Ρόδος (Βάρη)	28	636,6
10	Ρόδος (Έμπωνας)	447	814,8
11	Ρόρος (Καταβιά)	78	468,5
12	Ρόδος (Λαέρμα)	318,5	601,9
13	Ρόδος (Ρόδος)	12	612,6
14	Ρόδος (Σιανα)	451	520,2

Πίνακας 5: Βροχομετρικοί σταθμοί για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας

Η γραφική απεικόνιση καθώς και η εξίσωση της ευθείας της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των υψόμετρων και των υπερετήσιων υψών βροχής στους 14 βροχομετρικούς σταθμούς για την κοινή χρονική περίοδο 1981-1993 όπου υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα, παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 7:

Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ βροχόπτωσης και υψόμετρου

Από αυτή την συσχέτιση προκύπτει η σχέση:

$$P \text{ (ύψος βροχόπτωσης σε mm)} = 472,37 + 0,452 * H \text{ (υψόμετρο σε m)}.$$

Η γραμμική συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική καθώς ο συντελεστής συσχέτισης $|R| = 0.58 > R_{c=2/140,5} = 0.53$. Η κλίση της ευθείας (βροχοβαθμίδα) που σχηματίζεται είναι 0,452, δηλαδή αύξηση του υψόμετρου κατά 100m. συνεπάγεται αύξηση του υπερετήσιου ύψους βροχής κατά 45,2mm. Συνήθως η βροχοβαθμίδα εκφράζεται σε mm ύψους βροχής ανά 100m μεταβολής του υψόμετρου, δηλαδή εδώ είναι ίση με 45,2mm.

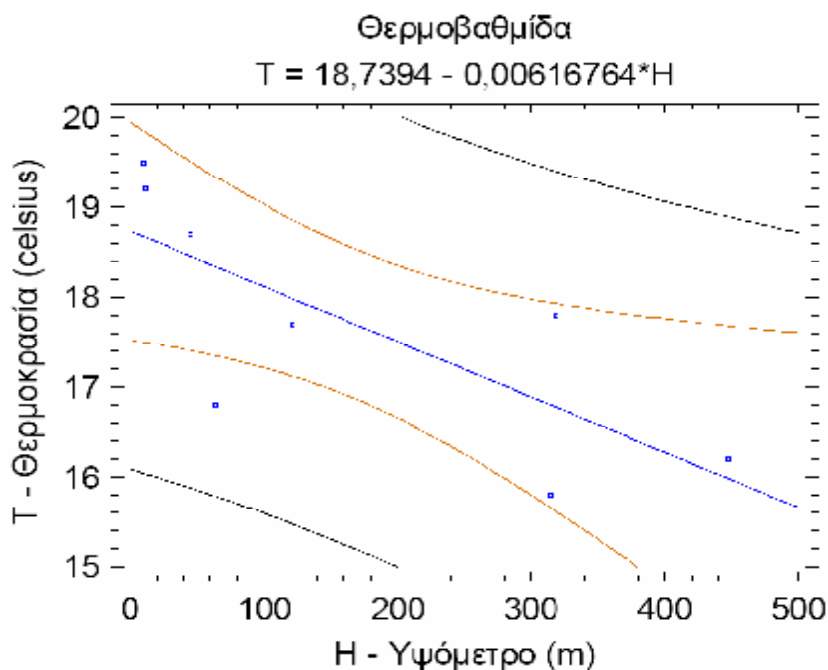
10.3 Θερμοβαθμίδα

Αντίστοιχα, για τον υπολογισμό της θερμοβαθμίδας, δηλαδή της μέσης αύξησης της ετήσιας θερμοκρασίας ανά μονάδα υψόμετρου, για την ίδια κοινή περίοδο 1981-1993 χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις ενός συνόλου βροχομετρικών σταθμών οι οποίοι ανήκουν σε περιοχές με συναφή κλιματολογικά χαρακτηριστικά με τη νήσο Κάλυμνο. Οι σταθμοί οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στον πίνακα 6 που ακολουθεί:

α/α	Σταθμός μέτρησης Θερμοκρασίας	Υψόμετρο (μ)	Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C) για τη χρονική περίοδο 1981 - 1993
1	Αστυπάλαια	45	18,7
2	Κάρπαθος	10	19,5
3	Κως (Αντιμάχεια)	122	17,7
4	Ρόδος (Απολλάκια)	64	16,8
5	Ρόδος (Απόλλωνα)	314	15,8
6	Ρόδος (Έμπωνας)	447	16,2
7	Ρόδος (Λαέρμα)	318,5	17,8
8	Ρόδος (Ρόδος)	12	19,2

Πίνακας 6: Μετεωρολογικοί σταθμοί για τον υπολογισμό της θερμοβαθμίδα

Η γραφική απεικόνιση καθώς και η εξίσωση της ευθείας της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των υψόμετρων υπερετήσιων θερμοκρασιών στους 8 βροχομετρικούς σταθμούς για την κοινή χρονική περίοδο 1981-1993 όπου υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα παρουσιάζεται στο σχήμα 8.



Σχήμα 8: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ θερμοκρασίας και υψόμετρου

Από αυτή τη συσχέτιση προκύπτει η σχέση:

$$T \text{ (θερμοκρασία σε } ^\circ\text{C)} = 18.74 - 0,0062 \times H \text{ (υψόμετρο σε μέτρα)}$$

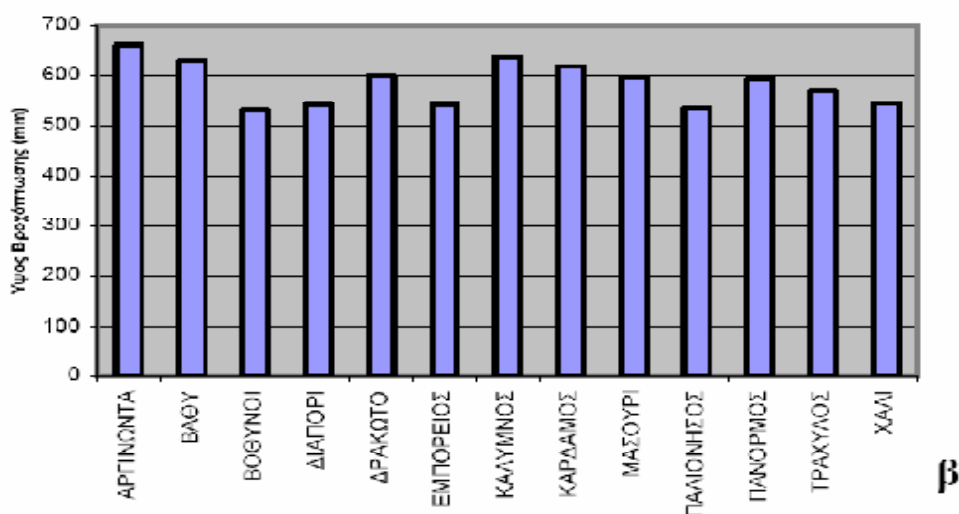
Η γραμμική συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική καθώς ο συντελεστής συσχέτισης $|R| = 0.76 > R_c = 2/80,5 = 0.7$. Η κλίση της ευθείας (θερμοβαθμίδα) που σχηματίζεται είναι $-0,0062$, δηλαδή αύξηση του υψομέτρου κατά 1000 μ. συνεπάγεται μείωση της υπερετήσιας θερμοκρασίας κατά $6,2 ^\circ\text{C}$.

10.4 Λεκάνες απορροής

Οι υδρολογικές λεκάνες αποτελούν το φυσικό υποδοχέα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και δρουν, με όλα τα μορφολογικά, εδαφολογικά και τα λοιπά φυσικά χαρακτηριστικά τους, σαν ένα σύστημα μετασχηματισμού. Το σύστημα αυτό δέχεται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και δίνει την απορροή.

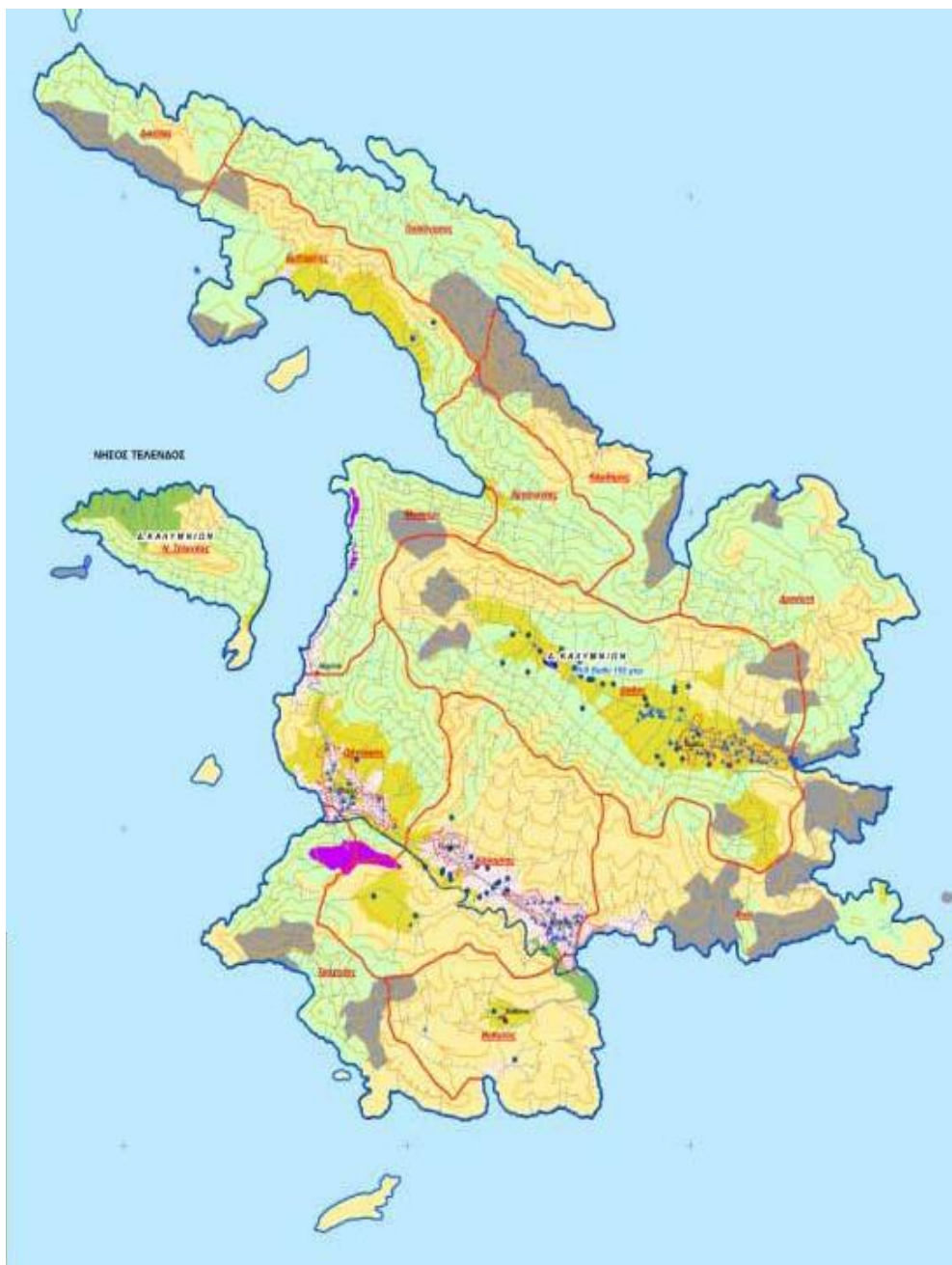
Η νήσος Κάλυμνος χωρίζεται σε 13 λεκάνες απορροής, που παρουσιάζουν ορισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά (μέγεθος, μέσο υψόμετρο, μέση κλίση εδάφους) τα οποία έχουν σχέση με τις διεργασίες που παρατηρούνται σ' αυτές. Οι σπουδαιότερες διεργασίες είναι η δημιουργία της απορροής από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (και οι μεταβολές της χρονικά και τοπικά), η διάβρωση του εδάφους, οι γεωλισθήσεις και γεωκατακρημνήσεις, η στερεομεταφορά των υδατορευμάτων κ.α.

Η επιφανειακή βροχόπτωση και θερμοκρασία σε κάθε μία από τις 13 λεκάνες απορροής υπολογίστηκαν με χρήση των παραπάνω τιμών βροχοβαθμίδας - θερμοβαθμίδας και των αντίστοιχων παράγωγων συντελεστών υψομετρικής αναγωγής με σταθμό αναφοράς την Κω. Οι χρονοσειρές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας (1981 - 1993) που παρήχθησαν για κάθε λεκάνη και συνολικά για την Κάλυμνο επεκτάθηκαν μέχρι και το 2001, έτος μέχρι το οποίο ήταν διαθέσιμα τα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για το σταθμό αναφοράς της Κω. Η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιόδου 1981-2001 ανά λεκάνη απορροής παρουσιάζεται στο σχήμα 9 που ακολουθεί.



Σχήμα 9: Μέση ετήσια βροχόπτωση ανά λεκάνη απορροής για την περίοδο 1981 – 2001

Οι λεκάνες απορροής της νήσου Καλύμνου παρουσιάζονται στους παρακάτω χάρτες 4 και 5:



Χάρτης 4: Χρήσεις γης και λεκάνες απορροής νήσου Καλύμνου (πηγή ΥΠΑΝ 2005)



Χάρτης 5: Λεκάνες απορροής νήσου Καλύμνου

Η έκταση και το μέσο υψόμετρο των λεκανών απορροής δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Λεκάνη	Υψόμετρο (μ)	Έκταση (Χλμ. ²)
Αργινώντας	142,5	5,22
Βαθύς	136,2	21,02
Βόθυνος	142,9	7,38
Διαπόρι	221,2	4,38
Δρακωτό	267,3	9,69
Εμπορειός	197,4	6,74
Κάλυμνος	202,7	13,17
Κάρδαμος	234,2	5,78
Μασούρι	195,8	4,47
Παλιόνησος	242,1	8,83
Πάνορμος	143,8	7,12
Τράχυλος	170,8	6,97
Χαλί	132	10,03
Σύνολο Νήσου	193,3	110,8

Πίνακας 7: Γενικά στοιχεία λεκανών απορροής νήσου Καλύμνου

10.5 Επιφανειακή Βροχόπτωση - Θερμοκρασία

Για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας των επιμέρους λεκανών και συνολικά της νήσου Καλύμνου χρησιμοποιήθηκε η υπολογισθείσα βροχοβαθμίδα και θερμοβαθμίδα αντίστοιχα της περιόδου 1981-1993 και οι παράγωγοί τους συντελεστές υψομετρικής αναγωγής με σταθμό αναφοράς την Κω (Αντιμάχεια). Παρότι η εκτίμηση της βροχοβαθμίδας και της θερμοβαθμίδας έγινε με βάση τις ετήσιες τιμές, στην πράξη έχει υιοθετηθεί οι ίδιοι συντελεστές υψομετρικής αναγωγής να εφαρμόζονται και για τις επιμέρους ετήσιες αλλά και για τις μηνιαίες τιμές καθώς η προσέγγιση αυτή θεωρείται αρκετά ικανοποιητική. Στη συνέχεια οι χρονοσειρές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας (1981 – 1993) που παρήχθησαν για τις λεκάνες της Καλύμνου επεκτάθηκαν μέχρι και το έτος 2001, (έτος μέχρι το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για το σταθμό αφοράς της Αντιμάχειας της Κω). Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται η μέση ετήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία που προέκυψε για κάθε λεκάνη απορροής για την χρονική περίοδο 1991 - 2001 μετά την προαναφερθείσα επεξεργασία και επέκταση.

Λεκάνη	Υψόμετρο	Σταθμός αναφοράς	Συντελεστής Υψομετρικής αναγωγής	Μέση Ετήσια Βροχόπτωση
ΑΡΓΙΝΩΝΤΑΣ	267,3	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,141	596,6
ΒΑΘΥΣ	234,2	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,109	579,9
ΒΟΘΥΝΟΣ	132,0	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,010	528,1
ΔΙΑΠΟΡΙ	142,5	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,020	533,3
ΔΡΑΚΩΤΟ	202,7	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,078	563,7
ΕΜΠΟΡΕΙΟΣ	142,9	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,020	533,3
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	242,1	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,117	584,1
ΚΑΡΔΑΜΟΣ	221,2	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,096	573
ΜΑΣΟΥΡΙ	197,4	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,073	561,1
ΠΑΛΙΟΝΗΣΟΣ	136,2	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,014	530,3
ΠΑΝΟΡΜΟΣ	195,8	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,072	560,5
ΤΡΑΧΥΛΟΣ	170,8	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,047	547,5
ΧΑΛΙ	143,8	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,021	533,9
ΣΥΝΟΛΟ ΝΗΣΙΟΥ	193,9	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	1,069	559,0

Πίνακας 8: Μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση για κάθε λεκάνη και συνολικά για τη νήσο Κάλυμνο

Λεκάνη	Υψόμετρο	Σταθμός αναφοράς	Συντελεστής Υψομετρικής αναγωγής	Μέση Ετήσια Βροχόπτωση
ΑΡΓΙΝΩΝΤΑΣ	267,3	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,949	17,07
ΒΑΘΥΣ	234,2	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,961	17,27
ΒΟΘΥΝΟΣ	132,0	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,997	17,91
ΔΙΑΠΟΡΙ	142,5	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,993	17,84
ΔΡΑΚΩΤΟ	202,7	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,972	17,47
ΕΜΠΟΡΕΙΟΣ	142,9	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,993	17,84
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	242,1	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,958	17,21
ΚΑΡΔΑΜΟΣ	221,2	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,965	17,34
ΜΑΣΟΥΡΙ	197,4	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,974	17,50
ΠΑΛΙΟΝΗΣΟΣ	136,2	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,995	17,88
ΠΑΝΟΡΜΟΣ	195,8	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,974	17,5
ΤΡΑΧΥΛΟΣ	170,8	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,983	17,66
ΧΑΛΙ	143,8	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,992	17,82
ΣΥΝΟΛΟ ΝΗΣΙΟΥ	193,9	ΚΩΣ (ΑΝΤΙΜΑΧΕΙΑ)	0,975	17,52

Πίνακας 9: Μέση ετήσια επιφανειακή θερμοκρασία για κάθε λεκάνη και συνολικά για τη νήσο Κάλυμνο

10.6 Επιφανειακή Δυνητική Εξατμοδιαπνοή

Ο όρος εξάτμιση χρησιμοποιείται στην υδρολογία για να περιγράψει, τόσο φαινομενολογικά όσο και ποσοτικά, τη μετατροπή του νερού από την υγρή στην αέρια φάση (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1999). Ο φυσικός ρυθμός εξάτμισης καθορίζεται από τρεις θεμελιώδεις παράγοντες:

- Τη φυσική παρουσία του νερού σε υγρή φάση
- Τη διαθεσιμότητα ενέργειας στην επιφάνεια του νερού και
- Την ευκολία με την οποία διαχέονται οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα

Η μετατροπή του νερού σε υδρατμούς που πραγματοποιείται στους πόρους της χλωρίδας, είναι γνωστή ως διαπνοή. Η βασική διαφορά της διαπνοής από την εξάτμιση, έγκειται στο γεγονός ότι τα κύτταρα των φυτών ελέγχουν το ρυθμό της διαπνοής μέσω των πόρων των φυλλωμάτων τους.

Το σύνολο των πραγματικών απωλειών νερού από την εξάτμιση των εδαφών και την διαπνοή της χλωρίδας αποδίδεται με τον όρο εξατμοδιαπνοή ή εξατμισοδιαπνοή. Η εξατμοδιαπνοή από εδαφικές επιφάνειες φυτοκαλυμμένες ή όχι, εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος, ενώ δε συμβαίνει το ίδιο με την εξάτμιση από υδάτινες επιφάνειες, όπως στις λιμνοδεξαμενές π.χ. όπου η διαθεσιμότητα του νερού είναι δεδομένη και δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα.

Η ποσότητα της εξατμοδιαπνοής που πραγματοποιείται από εδαφικές επιφάνειες πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες από αναπτυσσόμενη χλωρίδα, κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού (σε αντιστοιχία δηλαδή με την εξάτμιση υδάτινων επιφανειών) ονομάζεται δυνητική εξατμοδιαπνοή (E_{tp} ή E_o).

Η μέση ετήσια επιφανειακή δυνητική εξατμοδιαπνοή για κάθε λεκάνη η οποία υπολογίστηκε από τον ΥΔΡΟΓΝΩΜΟΝΑ με την εμπειρική μέθοδο Thornthwaite δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Λεκάνη	Μέση ετήσια δυνητική εξατμοδιαπνοή (χιλ)
ΑΡΓΙΝΩΝΤΑΣ	861,2
ΒΑΘΥΣ	869,8
ΒΟΘΥΝΟΣ	898,2
ΔΙΑΠΟΡΙ	895,4
ΔΡΑΚΩΤΟ	878,5
ΕΜΠΟΡΕΙΟΣ	895,3
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	867,4
ΚΑΡΔΑΜΟΣ	872,9
ΜΑΣΟΥΡΙ	880,1
ΠΑΛΙΟΝΗΣΟΣ	897,0
ΠΑΝΟΡΜΟΣ	880,1
ΤΡΑΧΥΛΟΣ	887,3
ΧΑΛΙ	894,5
ΣΥΝΟΛΟ ΝΗΣΙΟΥ	881

Πίνακας 10: Μέση ετήσια επιφανειακή δυνητική εξατμοδιαπνοή για κάθε λεκάνη και συνολικά για τη νήσο Κάλυμνο

11 Εκτίμηση Πληθυσμιακής Εξέλιξης

11.1 Εκτίμηση μόνιμου πληθυσμού

Η εκτίμηση της εξέλιξης του μόνιμου πληθυσμού πραγματοποιείται για τα έτη 2001 έως 2020, χρησιμοποιώντας τη γεωμετρική μέθοδο. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας στοιχεία της ΕΣΥΕ από τις απογραφές των ετών 1991 και 2001. Από τον πίνακα 6.1 βάσει των στοιχείων των τελευταίων απογραφών της ΕΣΥΕ ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης εκτιμήθηκε 0,50% για την πρόβλεψη του πληθυσμού μετά το 2001, αρκετά επαυξημένος σε σχέση με αυτόν (0,33%) της δεκαετίας 1991-2001. Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για τα έτη 2001 – 2020.

Πληθυσμός		Μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής πληθυσμού	
1991	2001	1991-2001	Εκτίμηση
15.706	16.235	0,33 %	0,50 %

Πίνακας 11: Εκτίμηση Μέσου Ετήσιου Ρυθμού Μεταβολής Μόνιμου Πληθυσμού της νήσου Καλύμνου

11.2 Εκτίμηση εποχιακού πληθυσμού

Για την εκτίμηση της εξέλιξης του εποχιακού πληθυσμού χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα στοιχεία που αφορούν τις καταγεγραμμένες διανυκτερεύσεις από τον ΕΟΤ για τα έτη 1995-2001 (Κεχαγιάς και Κατσιφαράκης, 2004). Τα στοιχεία αυτά και ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής (ΜΕΡΜ) των διανυκτερεύσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12: Διανυκτερεύσεις ΕΟΤ και ΜΕΡΜ για την νήσο Κάλυμνο

ΕΤΟΣ	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
ΔΙΑΝΥΚΤΕΡΕΥΣΕΙΣ	67.936	72.100	83.641	75.776	68.507	66.404	98.637
Μ.Ε.Ρ.Μ.	-6%	-14%	10%	11%	3%	-33%	

Σύμφωνα με εκτιμήσεις των τοπικών αρχών της Καλύμνου και λαμβάνοντας υπόψη την πολύ σημαντική αυξητική τάση του τουρισμού στο νησί και την Ελλάδα γενικότερα την τελευταία τετραετία ο ΜΕΡΜ των διανυκτερεύσεων λαμβάνεται ίσος με 5%. Επίσης οι διανυκτερεύσεις λαμβάνονται επαυξημένες κατά 50% προκειμένου να συμπεριληφθούν και οι μη καταγεγραμμένες από τον ΕΟΤ (ενοικιαζόμενα δωμάτια, φιλοξενίες κ.λ.π.). Αναλυτικά η εκτίμηση των διανυκτερεύσεων ανά έτος ως το 2020 παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΕΤΟΣ	ΔΙΑΝΥΚΤΕΡΕΥΣΕΙΣ
2010	158.904
2011	165.991
2012	174.290
2013	183.005
2014	192.155
2015	201.763
2016	211.851
2017	222.444
2018	233.566
2019	245.244
2020	257.506

Πίνακας 13: Εκτίμηση εξέλιξης του αριθμού των διανυκτερεύσεων για την νήσο Κάλυμνο έως το 2020

12 Εκτίμηση Υδατικών αναγκών

Ο προσδιορισμός της ζήτησης των υδατικών αναγκών, γίνεται με υπολογισμό των απαιτήσεων του μόνιμου πληθυσμού και των παραθεριστών για την ύδρευση, με βάση το είδος και την έκταση των αρδευόμενων εκτάσεων για την άρδευση, με το πλήθος και το είδος των ζώων για την κτηνοτροφία, με το είδος και τη δυναμικότητα των μονάδων όσον αφορά τη βιομηχανία. Ο παραπάνω υπολογισμός πρέπει να επιβεβαιώνεται από συστηματικές μετρήσεις απολήψεων.

Οι υδρευτικές ανάγκες της νήσου Καλύμνου εκτιμήθηκαν για την περίοδο 2001-2020 σε μηνιαία κλίμακα και αφορούν τον μόνιμο και εποχιακό πληθυσμό, τη βιομηχανία και την κτηνοτροφία σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Το σύνολο των υδρευτικών απαιτήσεων βάσει των στοιχείων της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας (ΕΣΥΕ) εντοπίζεται στις λεκάνες Καλύμνου, Βαθέος, Πανόρμου, Αργινώντα, Εμπορείου και Βοθυνών.

12.1 Υδρευτικές ανάγκες μόνιμου πληθυσμού

Οι υδατικές ανάγκες του μόνιμου πληθυσμού υπολογίστηκαν βάσει της πληθυσμιακής εξέλιξης. Οι βασικές παραδοχές είναι οι εξής:

- Η μέση ημερήσια κατανάλωση θεωρήθηκε ίση με 150 λ/κατ/ημέρα και με εποχική μεταβολή κατά +10% για τους καλοκαιρινούς μήνες (165 λ/κατ/ημέρα) και -10% για τους χειμερινούς μήνες (135 λ/κατ/ημέρα).
- Η κατανάλωση νερού για δημοτικές χρήσεις θεωρήθηκε ίση με το 10% των υδρευτικών αναγκών του μόνιμου πληθυσμού.
- Οι απώλειες νερού του δικτύου ενσωματώθηκαν στους υπολογισμούς ως ποσοστό των υδρευτικών αναγκών του μόνιμου πληθυσμού και συγκεκριμένα:
 - 30% για την περίοδο 2001 έως 2006
 - 30% - 23,5 για την περίοδο 2007 έως 2020 (σταθερή μείωση 0,5% των απωλειών ανά έτος).

Ο συγκεντρωτικός πίνακας των υδρευτικών αναγκών του μόνιμου πληθυσμού παρουσιάζεται σε πίνακα του παραρτήματος.

12.2 Υδρευτικές ανάγκες εποχιακού πληθυσμού

Οι υδρευτικές ανάγκες του εποχιακού πληθυσμού υπολογίστηκαν βάσει της πρόβλεψης του αριθμού των διανυκτερεύσεων ανά έτος και της μηνιαίας κατανομής τους που προέκυψε από το προηγούμενο κεφάλαιο. Οι βασικές παραδοχές είναι οι εξής:

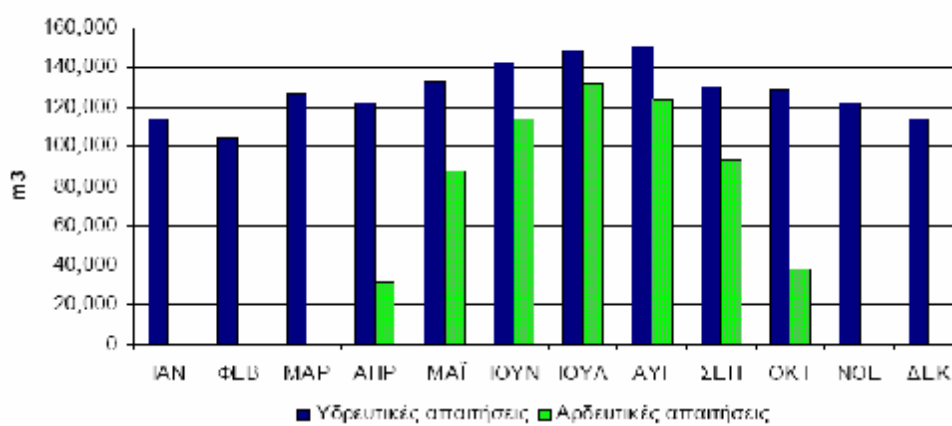
- Η μηνιαία κατανομή των διανυκτερεύσεων ανά έτος εκτιμήθηκε βάσει των διαθέσιμων στοιχείων της ΕΣΥΕ.
- Η ημερήσια κατανάλωση θεωρήθηκε ίση με 165 λίτρα/κάτοικο/ημέρα
- Οι απώλειες νερού του δικτύου ενσωματώθηκαν (όπως και στο μόνιμο πληθυσμό) στους υπολογισμούς ως ποσοστό των υδρευτικών αναγκών του εποχιακού πληθυσμού και συγκεκριμένα:
 - 30% για την περίοδο 2001 έως 2006
 - 30% - 23,5 για την περίοδο 2007 έως 2020 (σταθερή μείωση 0,5% των απωλειών ανά έτος).

Ο συγκεντρωτικός πίνακας των υδρευτικών αναγκών του εποχιακού πληθυσμού παρουσιάζεται σε πίνακα του παραρτήματος.

12.3 Αρδευτικές ανάγκες

Από τα στοιχεία της ΕΣΥΕ για το έτος 2004 στο νησί αρδεύονται 1126 στρ., εκ των οποίων 850 στρ. με εσπεριδοειδή και 276 στρ. με κηπευτικά. Οι αρδευόμενες εκτάσεις κατά είδος καλλιέργειας κατανεμήθηκαν σε επίπεδο λεκάνης απορροής και εντοπίζονται πρωτίστως στη λεκάνη του Βαθέος (87%) και δευτερευόντως στις λεκάνες του Πανόρμου (9%) και της Καλύμνου (4%).

Οι αρδευτικές ανάγκες υπολογίστηκαν με την απλή μέθοδο Blaney-Criddle κατά λεκάνη απορροής λαμβάνοντας τις ιστορικές μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας-βροχόπτωσης και τους μηνιαίους φυτικούς συντελεστές για παραθαλάσσιες περιοχές για τα δυο είδη των καλλιεργειών. Οι απώλειες δικτύου θεωρήθηκαν ίσες με 10% κατά τη διανομή και 10% κατά την εφαρμογή του νερού στο χωράφι. Οι συνολικές αρδευτικές απαιτήσεις για το 2020 φαίνονται στο σχήμα 10.



Σχήμα 10: Συνολικές υδροτικές και αρδευτικές απαιτήσεις της νήσου Καλύμνου για το έτος 2020

Οι απαιτήσεις νερού των καλλιεργειών υπολογίστηκαν βάσει της μεθόδου Blaney-Criddle καθώς αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο που εφαρμόζεται στις γεωργοτεχνικές μελέτες. Οι αρδευόμενες καλλιέργειες στο νησί βάσει της ΕΣΥΕ αποτελούνται από :

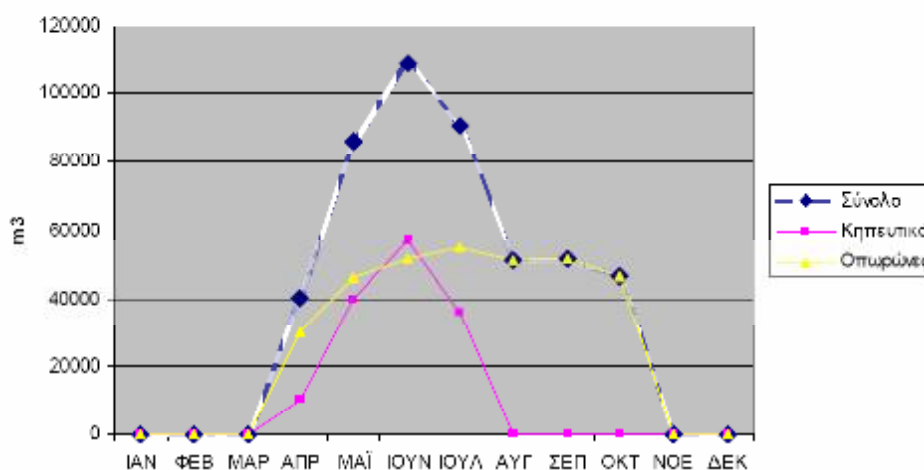
- 620 στρέμματα οπωρώνες και
- 400 στρέμματα κηπευτικά
-

Βάσει στοιχείων προηγούμενων μελετών και του χάρτη των χρήσεων γης της νήσου Καλύμνου προσεγγίστηκε η παρακάτω κατανομή των αρδευόμενων εκτάσεων ανά λεκάνη απορροής ως εξής:

Λεκάνη	Ποσοστό αρδευόμενης έκτασης	Οπωρώνες	Κηπευτικά
Βαθύ	50%	300στρ. (από λιμνοδεξαμενή) 10 στρ. (από γεωτρήσεις)	200 στρ.
Κάλυμνος	12%	75 στρ.	48 στρ.
Αργινώντα	3%	19 στρ.	12 στρ.
Πάνορμος	18%	111 στρ.	72 στρ.
Βοθυνός	3%	19 στρ.	12 στρ.
Επμορειός	14%	86 στρ.	56 στρ.
ΣΥΝΟΛΟ	100%	620 στρ.	400 στρ.

Πίνακας 14: Κατανομή των αρδευόμενων εκτάσεων ανά λεκάνη απορροής

Κατά την άρδευση των εδαφών με τοπικές μεθόδους (στάγδην και μικρό-σπρέυ) οι οποίες συνεχώς κερδίζουν έδαφος τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, οι απώλειες κατά την εφαρμογή του νερού στον αγρό είναι ίσες με 5% περίπου του ολικού βάθους άρδευσης. Επίσης υπολογίζονται απώλειες 5% νερού κατά την μεταφορά και διανομή του στο αγροτεμάχιο με κλειστούς αγωγούς ενώ λαμβάνεται υπόψη και το ποσοστό ύγρανσης του εδάφους. Στο παρακάτω σχήμα 11 παρουσιάζονται διαγραμματικά οι αρδευτικές απαιτήσεις νερού (με απώλειες) των κηπευτικών και των οπωρώνων καθώς και οι συνολικές απαιτήσεις αρδευτικού νερού της νήσου Καλύμνου οι οποίες θεωρούνται σταθερές μέχρι το έτος 2020. Στο παράρτημα Β παρουσιάζονται αναλυτικά οι απαιτήσεις του νερού ανά μήνα, είδος καλλιέργειας και περιοχή.



Σχήμα 11: Απαιτήσεις σε αρδευτικό (με απώλειες) ανά είδος καλλιέργειας και αθροιστικά για το σύνολο των αρδευόμενων εκτάσεων του νησιού

12.4 Υδατικές ανάγκες βιομηχανίας

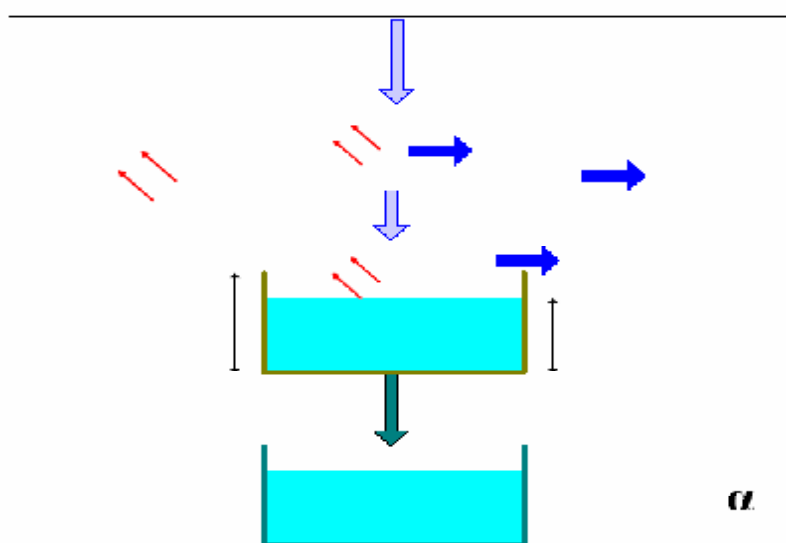
Οι συνολικές απαιτήσεις νερού για τη βιομηχανία επικεντρώνονται στη λεκάνη της Καλύμνου και είναι περιορισμένες, καθώς πρόκειται κυρίως για οικογενειακές επιχειρήσεις. Ανέρχονται σε 32.318 μ.³/έτος, οι οποίες θεωρούνται ότι κατανέμονται ισομερώς σε μηνιαία κλίμακα, ήτοι 2.700 μ.³/μήνα. Οι απαιτήσεις αυτές λαμβάνονται σταθερές έως το 2020.

12.5 Υδατικές ανάγκες κτηνοτροφίας

Οι απαιτήσεις σε νερό της κτηνοτροφίας εκτιμήθηκαν βάσει της πληθυσμιακής απογραφής των ζώων, λαμβάνοντας ως Μέση Ημερήσια Κατανάλωση ανά κατηγορία ζώου αυτές που προτείνονται από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ). Η γεωγραφική κατανομή έγινε αναλογικά με την έκταση των λεκανών απορροής καθώς η κτηνοτροφία παρατηρείται διάσπαρτη στο νησί. Οι συνολικές απαιτήσεις νερού για την κτηνοτροφία ανέρχονται σε 35.387 μ.³/έτος, οι οποίες θεωρούνται ότι κατανέμονται ισομερώς σε μηνιαία κλίμακα, ήτοι 2.949 μ.³/μήνα. Για τις απαιτήσεις αυτές δεν προβλέπεται αύξηση για τα επόμενα χρόνια.

13 Υδρολογικό Ισοζύγιο

Για την εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου έγινε προσομοίωση των υδρολογικών διεργασιών της κάθε λεκάνης της νήσου, η οποία αποσκοπούσε στον επιμερισμό της βροχόπτωσης σε απορροή, κατείδυση και απώλειες λόγω εξατμοδιαπνοής. Η προσομοίωση υλοποιήθηκε μέσω εφαρμογής του μοντέλου ισοζυγίου εδαφικής υγρασίας «Ζυγός» που αποτελεί μια τροποποιημένη έκδοση του μοντέλου Thornthwaite-Mather. Στο μοντέλο εισήχθησαν ως δεδομένα οι ιστορικές χρονοσειρές επιφανειακής βροχόπτωσης (1981-2001) καθώς και οι χρονοσειρές δυναμικής εξατμοδιαπνοής (1981-2001), οι οποίες υπολογίστηκαν με την μέθοδο Thornthwaite με χρήση των χρονοσειρών θερμοκρασίας. Η υπολογιστική διαδικασία υλοποιήθηκε σε μηνιαίο βήμα. Η αρχική εκτίμηση της τιμής της εδαφικής υγρασίας θεωρήθηκε ίση με μηδέν με την αιτιολογία ότι η εκκίνηση της προσομοίωσης συμπίπτει με την έναρξη του υδρολογικού έτους.



Σχήμα 12: Λειτουργική δομή του μοντέλου υδρολογικού ισοζυγίου Ζυγός. Η λειτουργική δομή του μοντέλου επιτρέπει την προσομοίωση των υδρολογικών διεργασιών μέσω ενός περιορισμένου αριθμού παραμέτρων

Οι τιμές των παραμέτρων K (χωρητικότητα εδαφους), k (άμεση επιφανειακή απορροή) και μ (συντελεστής κατείσδυσης) που απαιτούνται από το μοντέλο, ελήφθησαν όπως έχουν προσδιοριστεί για τη νήσο Κάλυμνο από τη Μελέτη «Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων υδατικού διαμερίσματος νήσων Αιγαίου» του ΥΠΑΝ (2005) και παρουσιάζονται στον πίνακα 15 που ακολουθεί:

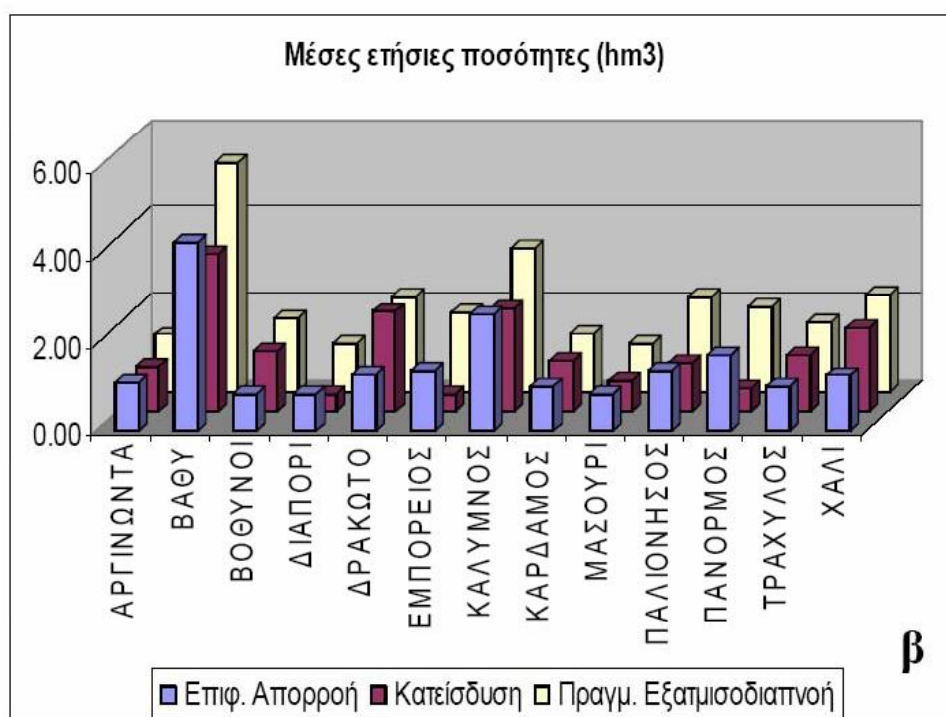
ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	K	k	M
ΑΡΓΙΝΩΝΤΑΣ	120	0,007	0,032
ΒΑΘΥΣ	111	0,027	0,031
ΒΟΘΥΝΟΣ	121	0,011	0,036
ΔΙΑΠΟΡΙ	107	0,005	0,017
ΔΡΑΚΩΤΟ	117	0,001	0,046
ΕΜΠΟΡΕΙΟΣ	114	0,042	0,01
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	116	0,027	0,031
ΚΑΡΔΑΜΟΣ	104	0,004	0,041
ΜΑΣΟΥΡΙ	117	0,026	0,027
ΠΑΛΙΟΝΗΣΟΣ	116	0,004	0,023
ΠΑΝΟΡΜΟΣ	111	0,053	0,012
ΤΡΑΧΥΛΟΣ	112	0,014	0,036
ΧΑΛΙ	105	0,015	0,042

Πίνακας 15: Τιμές παραμέτρων μοντέλου προσομοίωσης υδρολογικού ισοζυγίου

Από την εφαρμογή του μοντέλου προέκυψαν χρονοσειρές επιφανειακής απορροής, πραγματικής εξατμοδιαπνοής και κατείσδυσης σε μηνιαία βήμα για κάθε λεκάνη απορροής. Συνολικά για τη νήσο Κάλυμνο, για την περίοδο 1981-2001 προέκυψε ότι η ενεργή βροχόπτωση (μετά από αφαίρεση των απωλειών της εξατμοδιαπνοής) περίπου ισοκατανέμεται στις συνιστώσες της κατείσδυσης και επιφανειακής απορροής.

Ο μέσος ετήσιος όγκος της κατείσδυσης ανέρχεται σε $18,3 \text{ hm}^3$. Το μεγαλύτερο ποσοστό όμως των κατεισδυόντων υδάτων διαφεύγει προς τη θάλασσα με ταχεία εκφόρτιση των καρστικών ασβεστόλιθων.

Οι μέσες ετήσιες ποσότητες κατείδυσης, επιφανειακής απορροής και πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ανά λεκάνη απορροής παρουσιάζονται στο σχήμα 13.



Σχήμα 13: Οι μέσες ετήσιες ποσότητες (σε hm³) που υπολογίστηκαν για την περίοδο 1981-2001

Στο Παράρτημα παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του υδρολογικού ισοζυγίου ανά λεκάνη απορροής καθώς και οι χρονοσειρές βροχόπτωσης, θερμοκρασίας, δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, απορροής και κατείδυσης που προέκυψαν, σε μηνιαία κλίμακα για την περίοδο 1981-2001.



14 Εξωποτάμια Λιμνοδεξαμενή (Λ/Δ) στον οικισμό «Βαθύ» της νήσου Καλύμνου



Φωτογραφία 2: Δέκα χιλιόμετρα από την Πόθια, στο ορεινό άγουνδρο τοπίο εμφανίζεται ο Βαθύς. Τα σπίτια απλώνονται αραιά μέσα στον κάμφο και πυκνώνουν προς το μυχό του κλειστού όρμου. Η κοιλάδα φτάνει ως τα Στημένια.

14.1 Θέση – μορφολογία του έργου

Η λιμνοδεξαμενή που υπάρχει στο νησί της Καλύμνου βρίσκεται στη λεκάνη απορροής του Βαθέως, 1,5 χλμ. περίπου ανάντη του ομώνυμου οικισμού και σε απόσταση 15,0 χλμ. από την πρωτεύουσα της Καλύμνου, Πόθια. Το έργο χωροθετείται δεξιά του χειμάρρου που αποστραγγίζει τη λεκάνη, μεταξύ αυτού και υφιστάμενης αγροτικής οδού, σε υψόμετρο 325 μ.. Κατατάσσεται στην κατηγορία των μικρών φραγμάτων με ωφέλιμο όγκο μικρότερο των 200.000 μ³. και έχει ύψος 11,5 μ.



Φωτογραφία 3:

Οριοθετείται από τις υψομετρικές καμπύλες +80.0 μ. και +100.0 μ., όπως φαίνεται και στο σχέδιο 1. Η λιμνοδεξαμενή έχει χωρητικότητα 156.000 μ³. και στεγανοποιείται με πλαστική γεωμεμβράνη. Συνοδεύεται με τα συναφή έργα υδροληψίας, εκκένωσης και υπερχειλίσης.

14.2 Γενική διάταξη και βασικά χαρακτηριστικά των έργων

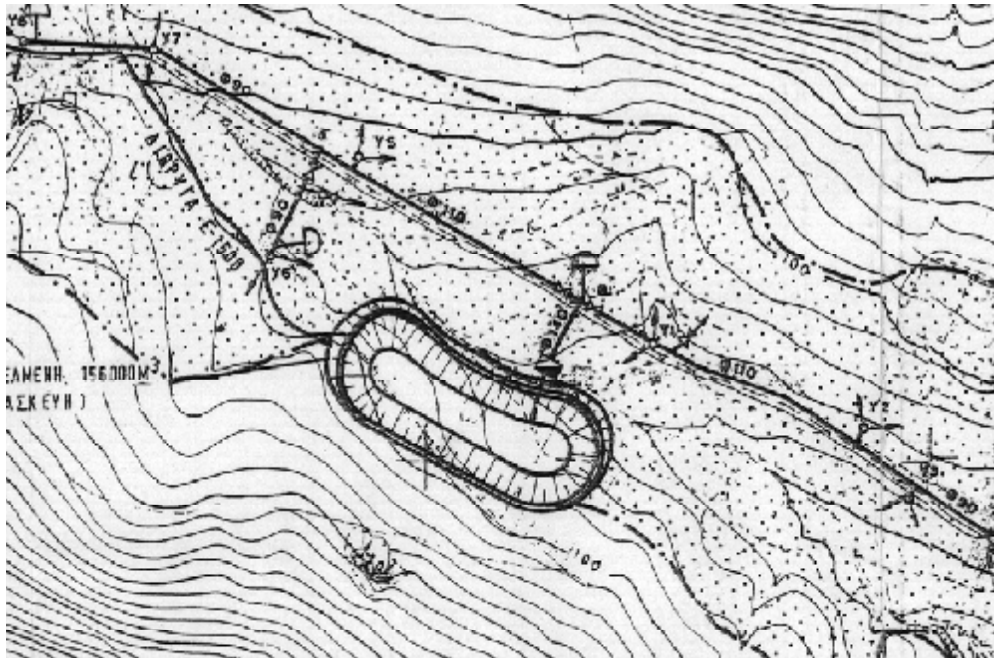
Πρόκειται για τυπική διάταξη έργου λιμνοδεξαμενής. Τα έργα περιλαμβάνουν:

1. Έργο υδροληψίας επί του χειμάρρου, αποτελούμενο από φράγμα εκτροπής και διάταξη υδροληψίας ελεγχόμενη με χειροκίνητο θυρόφραγμα
2. Διώρυγα προσαγωγής μήκους 525 μ. με παράλληλη οδό εξυπηρέτησης
3. Λιμνοδεξαμενή ωφέλιμης χωρητικότητας 156.000 μ³, στεγανοποιημένης με πλαστική μεμβράνη, με τα συναφή έργα υδροληψίας, εκκενώσης και υπερχειλίσης.

Η λιμνοδεξαμενή χρησιμοποιείται για την άρδευση 300 περίπου στρεμμάτων οπωρών στη λεκάνη του Βαθέως.



Φωτογραφία 4



Σχέδιο 1: Γενική διάταξη των έργων

Τύπος: Εξωποτάμια με ακάλυπτη μεμβράνη

Τροφοδοσία: Όμβρια ύδατα 4 χειμάρρων της περιοχής

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Ύψος αναχώματος: 11,5 μ.

Ωφέλιμος όγκος: 156.000 μ³

Μήκος στέψης: 447 μ.

Επιφάνεια ταμιευτήρα: 20.000 μ²

Πλάτος στέψης: 4 μ.

Στεγανοποίηση ταμιευτήρα: Γεωμεμβράνη HDPE πάχους 1 χιλ.

Όγκος αναχώματος: 130.000 μ³

Χρήση νερού: Άρδευση – Ύδρευση

Έτος μελέτης: 1992

Έτος περάτωσης: 2002

15 Υδρολογικά δεδομένα

15.1 Λεκάνη απορροής

Η λεκάνη απορροής στη θέση της υδροληψίας έχει επιφάνεια 6,8 χλμ² και εκτείνεται μεταξύ των υψομέτρων +100,0 και +676,0 μ. Το μέσο υψόμετρο είναι +325,0 μ.

Η λεκάνη μπορεί να περιοριστεί από 6,8 χλμ² σε 4,1 χλμ², στην περίπτωση κατά την οποία κατασκευαστεί και δεύτερη λιμνοδεξαμενή στην ανάντη θέση «Στημένια». Για το λόγο αυτό, η συγκεκριμένη μελέτη έχει λάβει υπόψη της δύο παραμέτρους:

- Τη συνολική λεκάνη (6,8 χλμ²) προκειμένου να εκτιμηθεί η πλημμυρική παροχή σχεδιασμού των έργων υδροληψίας, και
- Η μειωμένη λεκάνη (4,1 χλμ²) προκειμένου να εκτιμηθούν οι εισροές στην λιμνοδεξαμενή στον Βαθύ.

15.2 Απορροές – αποθηκευόμενη ποσότητα νερού

Οι απορροές της λεκάνης, για το κατάντη της υδροληψίας «Στημένια» τμήμα της, έχουν υπολογιστεί σε μηνιαία βάση, με τη βοήθεια μαθηματικού ομοιώματος. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις μέσω μηνιαίων βροχοπτώσεων του σταθμού Ασφενδονίου στην Κω και οι μετρήσεις μέσω μηνιαίων θερμοκρασιών του σταθμού αεροδρομίου της νήσου Κω της Ε.Μ.Υ.

Οι ετήσιες απορροές που προέκυψαν είναι:

- για το «μέσο» υδρολογικό έτος (περίοδος 1983 – 89) 762.000 μ³ και
- για το ξηρό έτος (περίοδος 1986 – 87) 363.000 μ³

Η αποθήκευση που δημιουργείται στη λιμνοδεξαμενή ανέρχεται σε 156.000 μ³. Αφού υπολογίστηκαν οι ετήσιες απώλειες λόγω εξάτμισης σε 15.000 μ³, η ποσότητα του νερού που αξιοποιείται είναι 141.000 μ³.

Στην περίπτωση που κατασκευαστεί και η δεύτερη λιμνοδεξαμενή ανάντη και επομένως η επιφάνεια της λεκάνης απορροής θα περιοριστεί στα 4,1 χλμ², η ποσότητα του νερού που θα αξιοποιηθεί αντιστοιχεί στο 18% της μέσης ετήσιας απορροής και στο 38 % της ετήσιας απορροής του ξηρού υδρολογικού έτους.

15.3 Παροχή σχεδιασμού της διώρυγας προσαγωγής

Η παροχή σχεδιασμού της διώρυγας προσαγωγής έχει υπολογιστεί σε 1,50 μ³/δλ. Ο υπολογισμός αυτός έχει βασιστεί:

1. Στο μέσο αριθμό ημερών βροχής / μήνα
2. Στην ποσότητα νερού που μπορεί να συλλεχθεί από την απορροή κάθε βροχερής ημέρας και
3. Στην ποσότητα νερού που πρέπει να συγκεντρωθεί για την πλήρωση της λιμνοδεξαμενής (156.000 μ³)

15.4 Πλημμυρική παροχή σχεδιασμού του φράγματος υδροληψίας

Οι διαστάσεις του εκχειλιστή και της λεκάνης ηρεμίσσεως έχουν υπολογιστεί με βάση την πλημμυρική παροχή που έχει συχνότητα εμφάνισης 1:20.

Η παροχή αυτή έχει υπολογιστεί με την ορθολογική μέθοδο λαμβάνοντας υπόψη τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης. Η μέση ένταση κρίσιμης βροχής έχει ληφθεί από το διάγραμμα σχέσεων έντασης – διάρκειας βροχής που δίνεται για τη Δωδεκάνησο στην υδρολογική μελέτη του φράγματος Απολακκιάς Ρόδου (Δ. Κωνσταντινίδης 1970).

Για επιφάνεια λεκάνης 6,8 χλμ² με μήκος μισγάγγειας 3,1 χλμ., μέσο υψόμετρο 325 μ. και ελάχιστο υψόμετρο +100 μ. προκύπτουν τα εξής:

- Η διάρκεια της κρίσιμης βροχής $t_c = 1,25$ ώρες
- Η μέση ένταση της βροχής $i_m = 42$ χλμ./ώρα
- Η παροχή αιχμής για $\psi = 0,40$ $Q_{max} = 30$ μ³/δλ

16 Γεωλογικά και γεωτεχνικά δεδομένα

16.1 Γεωλογικές συνθήκες στη θέση κατασκευής του έργου

Σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη η περιοχή στη θέση της λιμνοδεξαμενής δομείται από ασβεστολιθικά κορήματα, που αποτελούνται κυρίως από ασβεστολιθικούς λάτυπες, χάλικες και κροκάλες, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ασβεστιτικό – αργιλικό υλικό. Πολλές φορές στο σχηματισμό υπάρχουν και ογκόλιθοι, που προέρχονται από κατακρημνήσεις. Το πάχος του σχηματισμού είναι 20 – 25 μέτρα.

Το έδαφος είχε πολλή πυκνή και στεγνή απόθεση, αλλά η εκσκαφή έγινε με συνήθη χωματοουργικά μηχανήματα.

Ο ίδιος σχηματισμός (συνεκτικά κορήματα) υπήρχε τόσο στη θέση κατασκευής του φράγματος υδροληψίας όσο και κατά μήκος της διώρυγας προσαγωγής.

16.2 Γεωτεχνική έρευνα των εδαφών στη θέση κατασκευής της λιμνοδεξαμενής

Έγινε έρευνα στα εδαφικά υλικά που συναντήθηκαν κατά την εκσκαφή της λιμνοδεξαμενής και τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή των αναχωμάτων. Η έρευνα αυτή είχε δύο στόχους:

- α) να προσδιορίσει τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των εδαφικών σχηματισμών που συναντήθηκαν κατά την εκτέλεση των εκσκαφών και την έδραση των αναχωμάτων και
- β) να διερευνήσει την καταλληλότητα των υλικών αυτών για την κατασκευή των αναχωμάτων.

Στο χώρο της λιμνοδεξαμενής και σε χώρο δανειοθαλάμων διανοίχτηκαν 16 ερευνητικά φρέατα, βάθους μέχρι 3,50 μ. Επιπλέον έγινε εκσκαφή ενός φρέατος σε απόσταση 1,5 χλμ. κατόπιν της λιμνοδεξαμενής σε περιοχή ηφαιστιακών τόφων, προκειμένου να ελεγχθεί η καταλληλότητα του υλικού για την κατασκευή του υποστρώματος και του επιστρώματος της στεγανοποιητικής μεμβράνης.

Από όλα τα φρέατα λήφθηκαν δείγματα και εκτελέστηκαν προγράμματα εργαστηριακών δοκιμών για να προσδιορισθούν τα φυσικά, χημικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Η περιοχή της λιμνοδεξαμενής που ερευνήθηκε, χαρακτηρίζεται σύμφωνα με τα εδαφοτεχνικά κριτήρια «ομοιόμορφη». Το έδαφος χαρακτηρίζεται ως «αμμοχάλικο με κροκάλες, λάτυπες και αραιούς ογκόλιθους, ασβεστολιθικής φύσης, με λίγη καστανέρυθρη άργιλο, μέσης κυρίως πλαστικότητας σε σφιγρή έως σκληρή κατάσταση». Επίσης το έδαφος δεν έχει τάσεις διασποράς, ούτε περιέχει οργανικές προσμίξεις.

16.3 Τυπική διατομή του αναχώματος

Η διατομή του αναχώματος της λιμνοδεξαμενής είναι ομοιογενούς τύπου, με μέγιστο ύψος 14,50 μ. Η κλίση των πρανών είναι 1:3 προς το εσωτερικό τμήμα της λιμνοδεξαμενής (στεγανοποιείται με μεμβράνη) και 1:2 προς το εξωτερικό της. Το πλάτος της στέψης είναι 3,0 μ.

Στη βάση του αναχώματος και προς την κατόπιν πλευρά τοποθετήθηκε στραγγιστική στρώση πάχους 0,60 μ. από κοκκώδες υλικό, που καταλήγει σε στραγγιστήριο από διάτρητους τσιμεντοσωλήνες στο πόδι του αναχώματος.

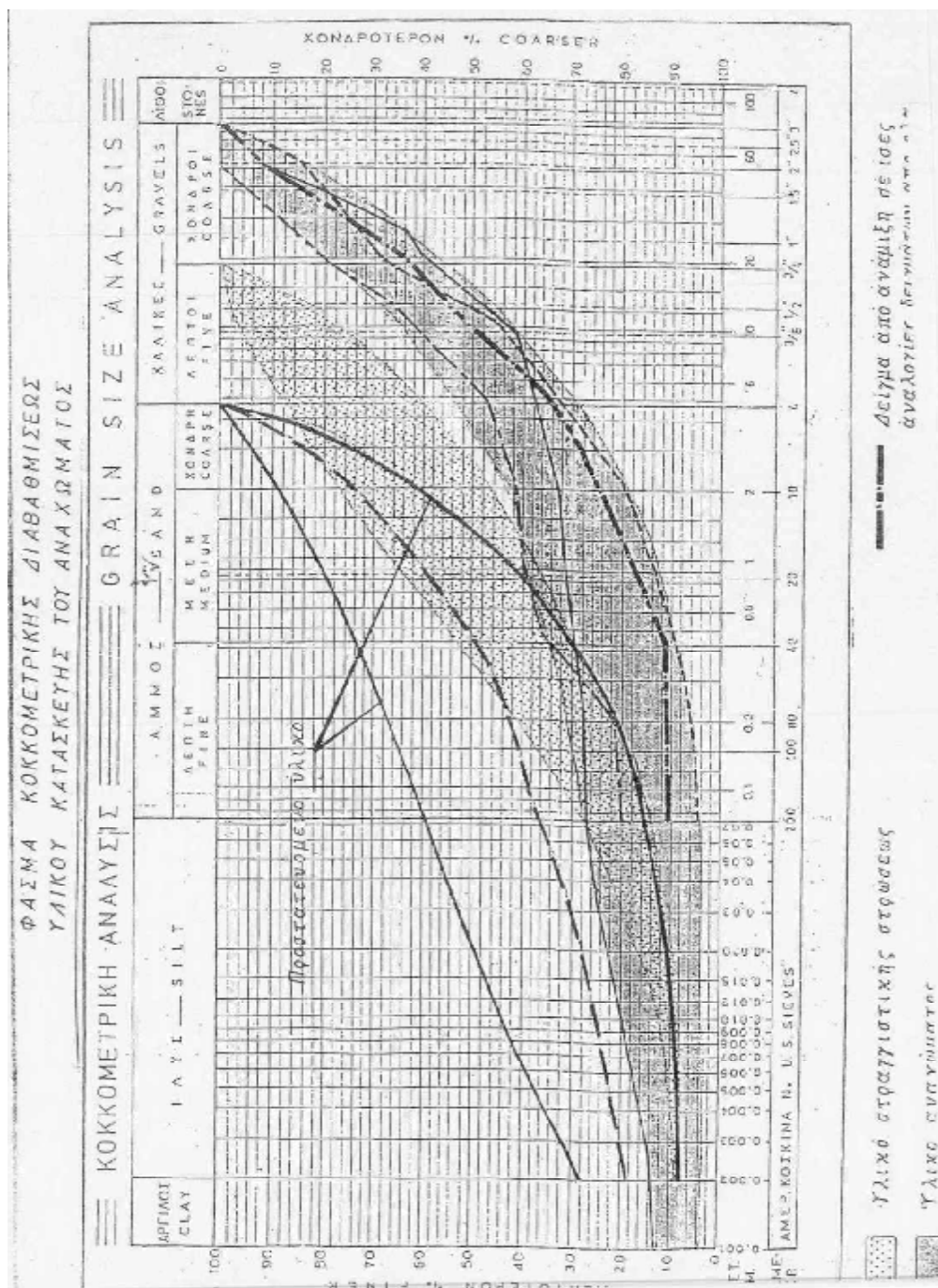
Ο συνολικός όγκος των αναχωμάτων είναι περίπου 130.000 μ³, ενώ το υλικό της στραγγιστικής στρώσης είναι 2.000 μ³.

16.4 Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής των αναχωμάτων

Για την κατασκευή των αναχωμάτων χρησιμοποιήθηκε το υλικό των εκσκαφών αφού απομακρύνθηκαν οι λίθοι που είχαν διάσταση μεγαλύτερη από 30 εκ.

Η κοκκομετρική του σύνθεση βρέθηκε ικανοποιητική. Το ποσοστό του λεπτόκοκκου υλικού που διήλθε από το κόσκινο Νο 200 κυμάνθηκε μεταξύ 28 και 8 %, με μέση τιμή το 15 %.

Το φάσμα της κοκκομετρικής διαβάθμισης των υλικών φαίνεται στο διάγραμμα 1, στο οποίο δίνεται και η κοκκομετρική διαβάθμιση δείγματος από ανάμειξη δειγμάτων σε ίσες αναλογίες από όλα τα ερευνητικά φρέατα του χώρου της λιμνοδεξαμενής.



Διάγραμμα 1: Φάσμα κοκκομετρικής διαβάθμισης των υλικών

Το υλικό είναι ασβεστολιθικής φύσης. Η ορυκτολογική σύσταση των λεπτόκοκκων ήταν η ίδια σε όλα τα δείγματα, επειδή προέρχονταν από γειτονικά κορήματα και όχι από απομακρυσμένα φερτά υλικά. Το υλικό αυτό βρισκόταν σε στιφρή κατάσταση, αλλά υποσκάφθηκε με τα συνήθη μηχανικά μέσα.

Το έδαφος δεν είχε τάσεις διασποράς, ούτε περιείχε οργανικές προσμίξεις. Επίσης δεν παρουσίαζε τάσεις διόγκωσης ή συρρίκνωσης.

Το ξηρό φαινόμενο βάρος προέκυψε 2,20 τον/μ³ για συμπύκνωση στη βέλτιστη υγρασία. Παρόλο που η μέση φυσική υγρασία (4,5%) ήταν κοντά στη βέλτιστη (6,0%), κατά την κατασκευή έγινε διαβροχή του εδάφους, με το σύστημα ψεκασμού σε στρώσεις.

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά, ερευνήθηκαν με τριαξονικές δοκιμές σε δοκίμια μεγάλων διαστάσεων (15X30 εκ.). Οι δοκιμές έγιναν σε

- δοκίμια που συμπυκνώθηκαν με τη μέγιστη πυκνότητα και τη βέλτιστη υγρασία, προκειμένου να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά του υλικού κατασκευής των αναχωμάτων.
- δοκίμια που συμπυκνώθηκαν σε πυκνότητα περίπου 95% της μέγιστης, (2,05 τον/μ³) και με τη μέση φυσική υγρασία περίπου, προκειμένου να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά του φυσικού εδάφους.

Από την εργαστηριακή έρευνα προέκυψε ότι

- η συμπύκνωση που μπόρεσε να επιτευχθεί ήταν ικανοποιητική. Η μέγιστη πυκνότητα σε συμπύκνωση κατά Standard Proctor είναι 2,2 τον./μ³.
- σε πυκνότητα 2,20 τον/μ³ και υγρασία 6%:
 - $c = c' = 2,0 \text{ χγρ/εκ.}^2$
 - $\phi = \phi' = 29^\circ$
- σε πυκνότητα 2,05 τον/μ³ και υγρασία 5%:
 - $c = 0,7 \text{ χγρ/εκ.}^2$
 - $\phi = 27^\circ$
 - $c' = 0,6 \text{ χγρ/εκ.}^2$
 - $\phi' = 28^\circ$

Η τιμή της συνοχής $c = 2,0 \text{ χγρ/εκ.}^2$ θεωρήθηκε αναπαισιολόγητα υψηλή, παρά τη χαμηλή υγρασία και τη υψηλή πυκνότητα των δοκιμίων. Έτσι, στους υπολογισμούς ευστάθειας για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας, η τιμή συνοχής υπολογίστηκε μειωμένη. Ο τιμές που εφαρμόστηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Συμπυκνωμένο ανάχωμα	Έδαφος θεμελίωσης
Φαινόμενο βάρος (τον/μ ³)	2,20	2,05
Συνοχή (χγρ./εκ ²)	0,8	0,6
Γωνία τριβής ϕ' (°)	29	28

Πίνακας 16

Ο συντελεστής διαπερατότητας προέκυψε $K = 0,3 \times 10^{-6}$ έως $2,1 \times 10^{-6}$, γεγονός που αποδεικνύει ότι το υλικό είναι χαμηλής διαπερατότητας. Όμως, λόγω της φύσης του υλικού, η εξασφάλιση της στεγανοποίησης της λιμνοδεξαμενής με χρήση πλαστικής μεμβράνης, θεωρήθηκε αναγκαία.

16.5 Υλικό στραγγιστικής στρώσης

Το υλικό της στραγγιστικής στρώσης στη βάση του αναχώματος προέρχεται είτε από ορυκτή φυσική άμμο είτε από θραυστό ασβεστολιθικό υλικό. Ο συνολικός όγκος υλικού που απαιτήθηκε είναι $2.000 \mu^3$.

Σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται από το U.S.Bureau of reclamation (Earth Manual, 1974), επειδή το υλικό του αναχώματος που θα προστατευτεί περιέχει χάλικες σε ποσοστό μεγαλύτερο του 10%, η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού της στραγγιστικής στρώσης πρέπει να προσδιοριστεί με βάση τη διαβάθμιση του υλικού του αναχώματος που περνάει από το κόσκινο με αριθμό 4.

Τα όρια στα οποία βρίσκεται το υλικό αυτό φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Αριθμός κόσκινου	Διάμετρος D (σε χιλιοστά)	Διερχόμενο Ποσοστό % (σε βάθος)
4	4,75	100
10	2,00	87 – 62
40	0,425	73 – 28
200	0.075	58 – 16
0,002 χιλ.	75	29 - 10

Πίνακας 17

Το παραπάνω φάσμα της κοκκομετρικής διαβάθμισης, καθώς και η αντίστοιχη μέση κοκκομετρική διαβάθμιση, φαίνονται στο διάγραμμα 1.

Τα όρια της κοκκομετρικής διαβάθμισης του υλικού της στραγγιστικής στρώσης προσδιορίστηκαν από τις σχέσεις:

$$\underline{d_{15} \text{ στραγγιστικής στρώσης}} = 5 - 40$$

d_{15} προστατευτικού υλικού

$$\underline{d_{15} \text{ στραγγιστικής στρώσης}} < 5 - 40$$

d_{15} προστατευτικού υλικού

$$\underline{d_{15} \text{ στραγγιστικής στρώσης}} = 9 - 30$$

d_{15} προστατευτικού υλικού

Για τις χαρακτηριστικές διαμέτρους του υλικού που προστατεύεται προκύπτουν:

$$d_{15} = 0,002 \text{ χιλ.}, \quad d_{50} = 0,4 \text{ χιλ.} \quad d_{85} = 3,0 \text{ χιλ.}$$

Τα όρια της διαβάθμισης της στραγγιστικής στρώσης προκύπτουν:

$$d_{15} = 0,01 \text{ χιλ.} - 0,08 \text{ χιλ.}$$

$$d_{85} = 3,5 \text{ χιλ.} - 12,0 \text{ χιλ.}$$

Καθορίζονται ακόμη τα εξής όρια:

- Λεπτόκοκκο υλικό ($< 0,002$ χιλ.) : $< 5 \%$
- Μέγιστη διάμετρος χαλικιών : $\frac{3}{4}$ "

Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς καθορίστηκε το φάσμα της κοκκομετρικής διαβάθμισης της στραγγιστικής στρώσης. Αυτό καθώς και η κοκκομετρική διαβάθμιση δείγματος από ανάμειξη σε ίσες αναλογίες δειγμάτων από όλα τα ερευνητικά φρέατα του χώρου της λιμνοδεξαμενής δίνονται στο διάγραμμα 1.

16.6 Έλεγχοι ευστάθειας

Οι έλεγχοι ευστάθειας του αναχώματος έγιναν με τη μέθοδο Bishop, με χρήση προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η μέθοδος Bishop τις επιφάνειες ολίσθησης τις θεωρεί κυκλικές και τις αναλύει με τη μέθοδο της οριακής ισορροπίας, χωρίζοντας τη μάζα που ολισθαίνει σε κατακόρυφα τεμάχια.

Επειδή προβλεπόταν η στεγανοποίηση του ανάντη πρανού με πλαστική μεμβράνη, εξετάστηκε η ευστάθεια μόνο του κατόντη πρανού, για την περίπτωση πλήρους λιμνοδεξαμενής, χωρίς ροή μέσω του αναχώματος. Οι ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας που προέκυψαν είναι οι ακόλουθοι:

- Χωρίς σεισμό: $F_s = 2,87$
- Με σεισμό: $F_s = 1,68$

Εξετάστηκε επίσης και η ακραία περίπτωση κατά την οποία, εξ' αιτίας διαρροής της μεμβράνης, θα παρουσιαστεί ροή μέσα στο ανάχωμα, ενώ η στάθμη στη λιμνοδεξαμενή θα παραμείνει στο μέγιστο υψόμετρο. Οι ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας που προέκυψαν είναι οι ακόλουθοι:

- Χωρίς σεισμό: $F_s = 2,49$
- Με σεισμό: $F_s = 1,45$

	Υλικό	Υγρό ειδικό βάρος (KN/m ³)	c' (KN/m ²)	φ' (°)
1	Θεμελίωση	20,50	60	30
2	Στραγγιστήρι α	20,00	0	37
3	Συμπυκνωμέ νο ανάχωμα	22,00	80	28
Συντελεστής σεισμικής επιβάρυνσης $\varepsilon = 0,30$				

Πίνακας 18: Έλεγχος ευστάθειας αναχώματος

16.7 Σεισμικότητα της περιοχής

Από πλευράς σεισμικότητας, σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία και σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό που ίσχυε κατά τη χρονική στιγμή που γινόταν η μελέτη, η περιοχή του έργου κατατάσσόταν στην κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας III (ισχυρά σεισμόπληκτες περιοχές).

Οι εδαφικοί σχηματισμοί στους οποίους θα θεμελιωνόταν η λιμνοδεξαμενή και οι λοιπές κατασκευές, κατατάχθηκαν στην κατηγορία εδαφών μέτριας σεισμικής επικινδυνότητας ($\varepsilon = 0,12$).

Όμως λόγω της φύσης και της ιδιαιτερότητας του έργου, που μεταφέρει άμεσα τη σεισμική ενέργεια στην κατασκευή, αλλά και λόγω των σοβαρών συνεπειών που θα είχε μια ενδεχόμενη αστοχία του αναχώματος, για τους υπολογισμούς ευστάθειας επιλέχθηκε συντελεστής σεισμικής επιβάρυνσης $\varepsilon = 0,30$. Η τιμή αυτή ήταν σε συμφωνία με τις οδηγίες της εγκυκλίου '93 του ΥΠΕΧΩΔΕ για τον αντισεισμικό υπολογισμό των γεφυρών.

17. Περιγραφή και τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων

17.1 Φράγμα υδροληψίας

17.1.1 Θέση – Γενική διάταξη

Η υδροληψία πραγματοποιείται με φράγμα εκτροπής κλασσικού τύπου, που έχει κατασκευαστεί επί του χειμάρρου στην περιοχή «Στημένια», 30 μέτρα περίπου κατάντη μικρής γέφυρας της υπάρχουσας οδού.

Το φράγμα έχει μήκος στέψης 18,0 μέτρα, όσο δηλαδή επιτρέπει η μορφολογία της κοίτης και συνδυάζεται σε ενιαίο έργο με λεκάνη καταστροφής της ενέργειας. Το ύψος πτώσης είναι 1,50 μέτρα.

Η υδροληψία έχει κατασκευαστεί στο δεξί πρηνές, το οποίο ακολουθεί τη διώρυγα προσαγωγής και ελέγχεται με χειροκίνητο μεταλλικό θυρόφραγμα. Προβλέφθηκε διάταξη καθαρισμού από τις φερτές ύλες που συγκεντρώνονται μπροστά στην υδροληψία, που ελέγχεται και αυτή επίσης με χειροκίνητο θυρόφραγμα και εκβάλλει στη λεκάνη καταστροφής της ενέργειας.

Το υψόμετρο στέψης του εκχειλιστή προσδιορίστηκε με βάση τα υψόμετρα του υφιστάμενου δρόμου και της γέφυρας και βρίσκεται στα +100,20 μ. Το υψόμετρο του κατωφλιού της υδροληψίας βρίσκεται στα +99,60 μ. εξασφαλίζοντας το απαιτούμενο φορτίο για τη λειτουργία της διώρυγας.



Σχέδιο 2: Γενική οριζοντιογραφία διάταξης υδροληψίας

17.1.2 Υδραυλικός υπολογισμός

Οι διαστάσεις του εκχειλιστή και της λεκάνης καταστροφής της ενέργειας, έχουν επιλεγεί με βάση την πλημμυρική παροχή συχνότητας 1:20, που έχει εκτιμηθεί σε 30,0 μ³/δλ, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 13.3. Η παροχή αυτή διοχετεύεται με ύψος υπερχείλισης 0,94 μ., ενώ το ύψος των πτερυγότοιχων είναι 1,0 μ. πάνω από τη στέψη του εκχειλιστή. Με βάση αυτό το ύψος υπερχείλισης έχει διαμορφωθεί η διατομή του εκχειλιστή κατά Creager.

Η διαμόρφωση της λεκάνης καταστροφής της ενέργειας, έγινε για την ίδια παροχή των 30,0 μ³/δλ, σύμφωνα με τη μέθοδο που δίνεται από το U.S. Bureau of Reclamation.

17.1.3 Κατασκευαστικά στοιχεία

Το έδαφος στο οποίο θεμελιώθηκε το έργο είναι αμμοχάλικο με κροκάλες και άργιλο, σε στιφρή κατάσταση, χωρίς την παρουσία υπόγειων νερών. Για την κατασκευή του έγινε γενική εκσκαφή στη στάθμη των +97,30 μ. με μέσο βάθος 1,80 μ. Συνολικά έγινε εκσκαφή 1.100 μ³ περίπου, τα προϊόντα των οποίων χρησιμοποιήθηκαν για την επανεπίχωση των σκαμμάτων, ενώ τα πλεονάσματα διαστρώθηκαν πίσω από το φράγμα μέχρι τη στάθμη υδροληψίας (+99,60 μ.)

Το έργο κατασκευάστηκε από οπλισμένο σκυρόδεμα B225 με οπλισμό κατηγορίας III και εδράζεται σε στρώση απλού σκυροδέματος B 120, πάχους 10 εκ. Ο συνολικός όγκος των σκυροδεμάτων είναι 400 μ³.

Κατασκευάστηκαν επίσης δύο χειροκίνητα μεταλλικά θυροφράγματα: ένα θυρόφραγμα απομόνωσης, διαστάσεων 1,20 X 0,90 μ. και ένα θυρόφραγμα καθαρισμού, διαστάσεων 0,60 X 0,60 μ.

17.2 Διώρυγα προσαγωγής

17.2.1 Χάραξη – Κατά μήκος τομή

Η χάραξη της διώρυγας έχει συνολικό μήκος 525 μ. και ενιαία κατά μήκος κλίση. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ της υδροληψίας και της εκβολής στη λιμνοδεξαμενή είναι 3,10 μ. που αντιστοιχεί σε μέση κατά μήκος κλίση 0,6%. Για να περιοριστεί η κλίση αυτή που δίνει υψηλές ταχύτητες ροής, κατασκευάζονται δύο αναβαθμοί, στις Χ.Θ. 0+149 και 0+420, με ύψος πτώσης 0,60 και 0,65 μ. αντίστοιχα, σε θέσεις που προσφέρονται από πλευράς μορφολογίας του εδάφους. Έτσι η κλίση που επιτυγχάνεται κατά μήκος είναι 0,0035, ενιαία σε όλο το μήκος της διώρυγας. Η οριζοντιογραφία της φαίνεται στο σχέδιο 2.

17.2.2 Παροχετευτικότητα – τυπική διατομή

Σύμφωνα με τον υδραυλικό υπολογισμό η απαιτούμενη παροχετευτικότητα της διώρυγας προσαγωγής είναι 1,50 μ³/δλ. Η διατομή είναι τραπεζοειδής, σταθερή σε όλο το μήκος της διώρυγας, με πλάτος πυθμένα 0,60 μ., ύψος 1,00 μ. και κλίσεις πρανών 1:1 και έχει επενδυθεί με άοπλο σκυρόδεμα.

Για την κατά μήκος κλίση των 0,0035 προκύπτει βάθος ροής 0,70 μ. και ταχύτητα 1,85 μ/δλ. Ανάντη της διώρυγας και σε όλο το μήκος της, υπάρχει οδός εξυπηρέτησης με πλάτος καταστρώματος 4,00 μ. με οδόστρωμα από αμμοχάλικο.

17.2.3 Κατασκευαστικά στοιχεία

Η εκσκαφή για την κατασκευή της διώρυγας και την οδό εξυπηρέτησης πραγματοποιήθηκε στο σύνολό της σε αργιλώδες αμμοχάλικο με κροκάλες, σε στιφρή έως σκληρή κατάσταση, το οποίο εκσκάφθηκε με συνήθη μηχανικά μέσα. Συνολικά εκσκάφτηκαν 7.000 μ³, που κατά το μεγαλύτερο μέρος τους χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του αναχώματος της λιμνοδεξαμενής.

Η διώρυγα επενδύθηκε με άοπλο σκυρόδεμα κατηγορίας B160, πάχους 15 εκ. Έγιναν αρμοί διαστολής ανά 15 μ. και στεγανοποιήθηκαν με ελαστομερές υλικό.

17.2.4 Τεχνικά έργα και εξοπλισμός της διώρυγας

Τα τεχνικά έργα της διώρυγας περιλαμβάνουν:

1. Δύο αναβαθμούς, ύψους πτώσης 0,60 και 0,65 μ. αντίστοιχα και
2. Το έργο εκβολής της διώρυγας στη λιμνοδεξαμενή, εφοδιασμένο με θυρόφραγμα απομόνωσης και συνδυασμένο με εκχειλιστή ασφαλείας και διάταξη καθαρισμού.

Οι δύο αναβαθμοί είναι πανομοιότυποι. Διαθέτουν μικρή λεκάνη καταστροφής της ενέργειας και είναι κατασκευασμένοι από άοπλο σκυρόδεμα B225.

Το έργο εκβολής της διώρυγας στη λιμνοδεξαμενή περιλαμβάνει:

1. Κεκλιμένη διώρυγα, ορθογωνικής διατομής, εσωτερικών διαστάσεων 1,20 X 0,50 μ. από οπλισμένο σκυρόδεμα κατά μήκος του πρानούς της λιμνοδεξαμενής
2. Κιβωτοειδή οχετό, διαστάσεων 1,20 X 1,00 μ. στη διασταύρωση της διώρυγας με τη στέψη της λιμνοδεξαμενής
3. υποδομή για την εγκατάσταση δύο θυροφραγμάτων, απομόνωσης και καθαρισμού, διαστάσεων 1,00 X 1,20 και 0,60 X 1, 00 μ. αντίστοιχα και
4. Πλευρικό εκχειλιστή ασφαλείας, μήκους στέψης 4,70 μ., παροχетеυτικότητας 1,50 μ³/δλ, όση είναι και η παροχетеυτικότητα της διώρυγας προσαγωγής.

17.3 Λιμνοδεξαμενή

17.3.1 Γενική διάταξη – χαρακτηριστικά στοιχεία

Η λιμνοδεξαμενή είναι προσαρμοσμένη στο ανάγλυφο του εδάφους και στη μορφολογία του χώρου. Ένα μέρος της διαμορφώνεται με ανασκαφή και ένα μέρος της με κατασκευή αναχώματος. Η έκταση που καταλαμβάνει είναι 45 στρέμματα περίπου.

Το βάθος της έχει ληφθεί 11.50 μ., με ελεύθερο ύψος πάνω από την ανώτατη στάθμη του νερού 0.50 μ. Η κλίση των πρानών της εκσκαφής και των αναχωμάτων προς το εσωτερικό της λιμνοδεξαμενής είναι 1:3. Αυτή η κλίση θεωρείται κατάλληλη για την καλή τοποθέτηση της μεμβράνης. Για τα εξωτερικά πρανή των αναχωμάτων έχει ληφθεί κλίση 1:2.

Χαρακτηριστικά στοιχεία λιμνοδεξαμενής:

- Ωφέλιμη χωρητικότητα : 156.000 μ³.
- Υψόμετρο στέψης: + 99,50 μ.
- Υψόμετρο Α.Σ.Υ.: + 99,00 μ.
- Υψόμετρο υδροληψίας: + 88,50 μ.

17.3.2 Χωματοουργικές εργασίες

Για την κατασκευή της λιμνοδεξαμενής απαιτήθηκαν 110.000 μ³ εκσκαφών γενικού χώρου και 4.500 μ³ αφαίρεσης επιφανειακού στρώματος για την έδραση των αναχωμάτων. Ο συνολικός όγκος των αναχωμάτων ήταν 130.000 μ³ περίπου.

Οι εκσκαφές πραγματοποιήθηκαν στο σύνολό τους σε αμμοχάλικο σε σφιγρή κατάσταση, με κροκάλες, λατύπες και λίγη άργιλο μέσης πλαστικότητας και έφτασαν μέχρι βάθους 7,50 μ. Στα μεγαλύτερα βάθη συναντήθηκαν ασβεστολιθικοί ογκόλιθοι, σε ποσοστό 15% του συνολικού όγκου της εκσκαφής.

Τα προϊόντα εκσκαφής της λιμνοδεξαμενής, όπως και τα προϊόντα εκσκαφής της διώρυγας προσαγωγής και της οδού εξυπηρέτησης (7.000 μ³) απορροφήθηκαν, ύστερα από διαλογή, στην κατασκευή του αναχώματος. Από τα προϊόντα εκσκαφής κατασκευάστηκαν 90.000 μ³ αναχώματος περίπου.

Υπήρξε επομένως έλλειμμα 40.000 μ³ τα οποία λήφθηκαν από δανειοθαλάμους στην άμεση περιοχή του έργου. Απαιτήθηκε η εκσκαφή 50.000 μ³ δανείων χωμάτων. Για τις εκσκαφές αυτές η απόσταση μεταφοράς ήταν 250 μ.

17. 3.3 Κατασκευή του αναχώματος

Είναι ομοιογενές ανάχωμα, με στραγγιστική στρώση στη βάση του κατόντη πρανούς. Το πλάτος στέψης είναι 3,00 μ. ενώ οι κλίσεις πρανών είναι 1:3 προς το εσωτερικό της λιμνοδεξαμενής και 1:2 προς το εξωτερικό. Το μέγιστο ύψος του αναχώματος είναι 14,50 μ.

Η στραγγιστική στρώση έχει πάχος 0,60 μ. και χρησιμεύει τόσο για την απαγωγή των νερών που διηθούνται πίσω από τη μεμβράνη, όσο και για τη στράγγιση της θεμελιώσεως. Στο κατόντη όριο έχει προβλεφθεί στραγγιστήριο από διάτρητους τσιμεντοσωλήνες διαμέτρου 15 εκ. εγκιβωτισμένους σε κοκκώδες υλικό. Οι τσιμεντοσωλήνες χαμηλά καταλήγουν σε φρεάτια, απ' όπου τα διηθούμενα νερά αποχετεύονται με τσιμεντοσωλήνες διαμέτρου 20 εκ. στην κοίτη του ρέματος.

Το υλικό κατασκευής του προέρχεται από τα προϊόντα εκσκαφής, αφού απομακρύνθηκαν ογκόλιθοι και κροκάλες διαστάσεων μεγαλύτερων των 30 εκατοστών. Η απομάκρυνση έγινε κατά την εκσκαφή με τα δόντια (rippers) του εκσκαφέα τα οποία ισαπέιχαν 0,40 εκ. περίπου.

Το υλικό κατασκευής της στραγγιστικής στρώσης στο μεγαλύτερο μέρος του προέρχεται από φυσικό αμμώδες υλικό και όταν αυτό δεν επαρκεί παράχθηκε από θραυστό ασβεστολιθικό υλικό.

Η διάστρωση του υλικού έγινε πριν από τη συμπύκνωση, σε στρώσεις πάχους μέχρι 30 εκ. Παρόλο που η μέση φυσική υγρασία ήταν κοντά στη βέλτιστη, κατά την κατασκευή έγινε διαβροχή του εδάφους με το σύστημα ψεκασμού σε στρώσεις.

17.3.4 Στεγανοποίηση της λιμνοδεξαμενής

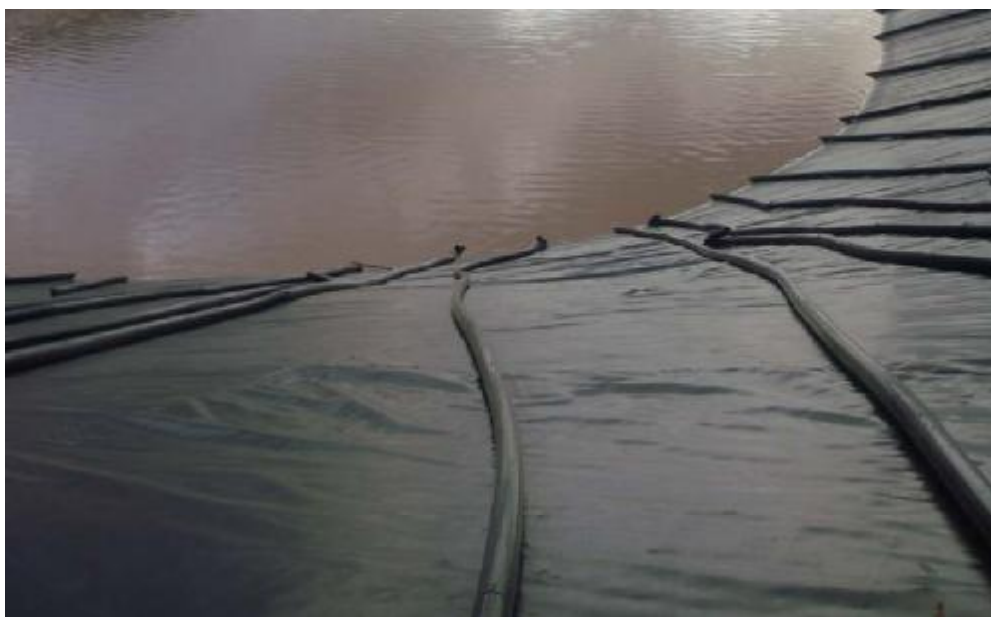
Η εξασφάλιση της στεγανότητας, τόσο της λεκάνης κατάκλισης, όσο και της θέσης κατασκευής της λιμνοδεξαμενής παίζει βαρύνοντα ρόλο. Ιδιαίτερη σημασία έχει η απομάκρυνση τυχόν πηγαίων εμφανίσεων νερού στη θέση του άξονα της λιμνοδεξαμενής.

Επειδή το εδαφικό υλικό των πρανών και του πυθμένα της εκσκαφής καθώς και το υλικό κατασκευής των αναχωμάτων δεν εξασφαλίζουν τη στεγανότητα της λιμνοδεξαμενής, αυτή στεγανοποιείται με κατάλληλη εύκαμπτη πλαστική μεμβράνη, η οποία προστατεύεται με γαιώδη υλικά.

Η μεμβράνη είναι απόλυτα στεγανή, με μεγάλο βαθμό ευκαμψίας και επιμήκυνσης, ανθεκτική σε ψηλές θερμοκρασίες, χωρίς να προσβάλλεται από μικροοργανισμούς. Στην παρασκευή της δεν χρησιμοποιήθηκαν πλαστικοποιητές που αποβάλλονται με την πάροδο του χρόνου και συντελούν στη γήρανση του υλικού.

Τα φύλλα της μεμβράνης τοποθετούνται στα πρανή με κλίση 1:3, όπως συνιστάται από τους περισσότερους κατασκευαστές και εδράζονται σε στρώση λεπτόκοκκου γαιώδους υλικού, πάχους 10 εκατοστών. Το υλικό αυτό έχει ληφθεί από δανειοθάλαμο στους περιφερειακούς τόφφους που υπάρχουν στην περιοχή «Πλάτανος», περίπου 1,5 χλμ. κατάντη του έργου, όπου έχει ανοιχτεί ερευνητικό φρέαρ. Με το ίδιο υλικό έχει γίνει και η προστατευτική επίστρωση, πάχους 10 εκατοστών, πάνω από τη μεμβράνη. Στη στέψη της λιμνοδεξαμενής τα φύλλα της μεμβράνης αγκυρώνονται σε όρυγμα, το οποίο γεμίζεται με συμπυκνωμένο γαιώδες υλικό.

Η σύνδεση των φύλλων μεταξύ τους, που αποτελεί το κρίσιμο σημείο για την επιτυχία της στεγανοποίησης, πραγματοποιείται με θερμοκόλληση. Έγινε προσπάθεια η σύνδεση να είναι πλήρης και ομοιογενής και να επιτρέπει τη δοκιμή σε στεγανότητα χωρίς να καταστρέφονται οι συνδέσεις. Η σύνδεση των φύλλων με τις κατασκευές από σκυρόδεμα έγινε με κοχλίωση στο σκυρόδεμα, με παρεμβολή φύλλου neoprene.



Φωτογραφία 5

Οι γεωμεμβράνες χρησιμοποιούνται ευρέως ως φραγμός υγρασίας σε τέτοιου είδους έργα. Η σπουδαιότητα και η απαιτούμενη ασφάλεια αυτών των κατασκευών, καθιστούν απαραίτητη την προστασία των γεωμεμβρανών επειδή οι μηχανικές καταπονήσεις που μπορεί να ασκηθούν κατά την κατασκευή ή λειτουργία του έργου είναι δυνατό να οδηγήσουν στην αστοχία τους (σχίσσιμο ή διάτρηση). Συνήθως η προστασία αυτή παρέχεται με την τοποθέτηση λεπτής στρώσης άμμου πάνω από τη γεωμεμβράνη ή με τη χρήση γεωϋφασμάτων.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η προστατευτική επίστρωση καλύπτεται από γαιώδη υλικά πάχους 20 εκατοστών, με τα οποία εξασφαλίζεται:

1. η προστασία της μεμβράνης από ακραίες θερμοκρασίες και την υπεριώδη ακτινοβολία και
2. η αντιστήριξη της στις ωθήσεις του νερού ή του αέρα που συγκεντρώνεται πίσω από τα φύλλα

Στο ανώτερο τμήμα των πρανών της λιμνοδεξαμενής η προστασία επιτυγχάνεται με λιθορριπή, από λίθους διαστάσεων μέχρι 15 εκατοστών. Το υλικό αυτό έχει παραχθεί από τη θραύση των ασβεστολιθικών ογκόλιθων και κροκαλών που προήλθαν από την εκσκαφή.

17.3.5 Τεχνικά έργα της λιμνοδεξαμενής

Τα τεχνικά έργα της λιμνοδεξαμενής περιλαμβάνουν:

1. Έργο υδροληψίας
2. Διάταξη εκκένωσης
3. Εκχειλιστή ασφαλείας

Το έργο υδροληψίας αποτελείται από έναν σωληνωτό αγωγό από χαλυβδοσωλήνα διαμέτρου 200 χιλιοστών, που είναι εγκιβωτισμένος σε σκυρόδεμα και στο άκρο του φέρει πολύτρητο υδροληψίας. Το μήκος του είναι 60 μ. Στην έξοδό του από τη λιμνοδεξαμενή ο αγωγός είναι εφοδιασμένος με ρυθμιστική δικλείδα και μετρητή παροχής, τοποθετημένους σε φρεάτιο από σκυρόδεμα.

Η διάταξη εκκένωσης αποτελείται παρομοίως από σωληνωτό αγωγό από χαλυβδοσωλήνα διαμέτρου 400 χιλιοστών, εγκιβωτισμένο σε σκυρόδεμα. Έχει μήκος 60 μέτρα και καταλήγει σε φρεάτιο καταστροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Απ' αυτό οι εκροές καταλήγουν στην κοίτη του ρέματος με ανοιχτή τάφρο.

Τέλος ο εκχειλιστής ασφαλείας είναι μετωπικού τύπου, από οπλισμένο σκυρόδεμα, με μήκος στέψης 6,00 μέτρων (δύο ανοίγματα των 3,00 μ.). Οι υπερχειλίσεις καταλήγουν στην κοίτη του ρέματος μαζί με τις απορροές της εκκένωσης, με ανοιχτή τάφρο.

Στην περιοχή της εκβολής οι όχθες του ρέματος προστατεύονται με συρματοκυλίνδρους.

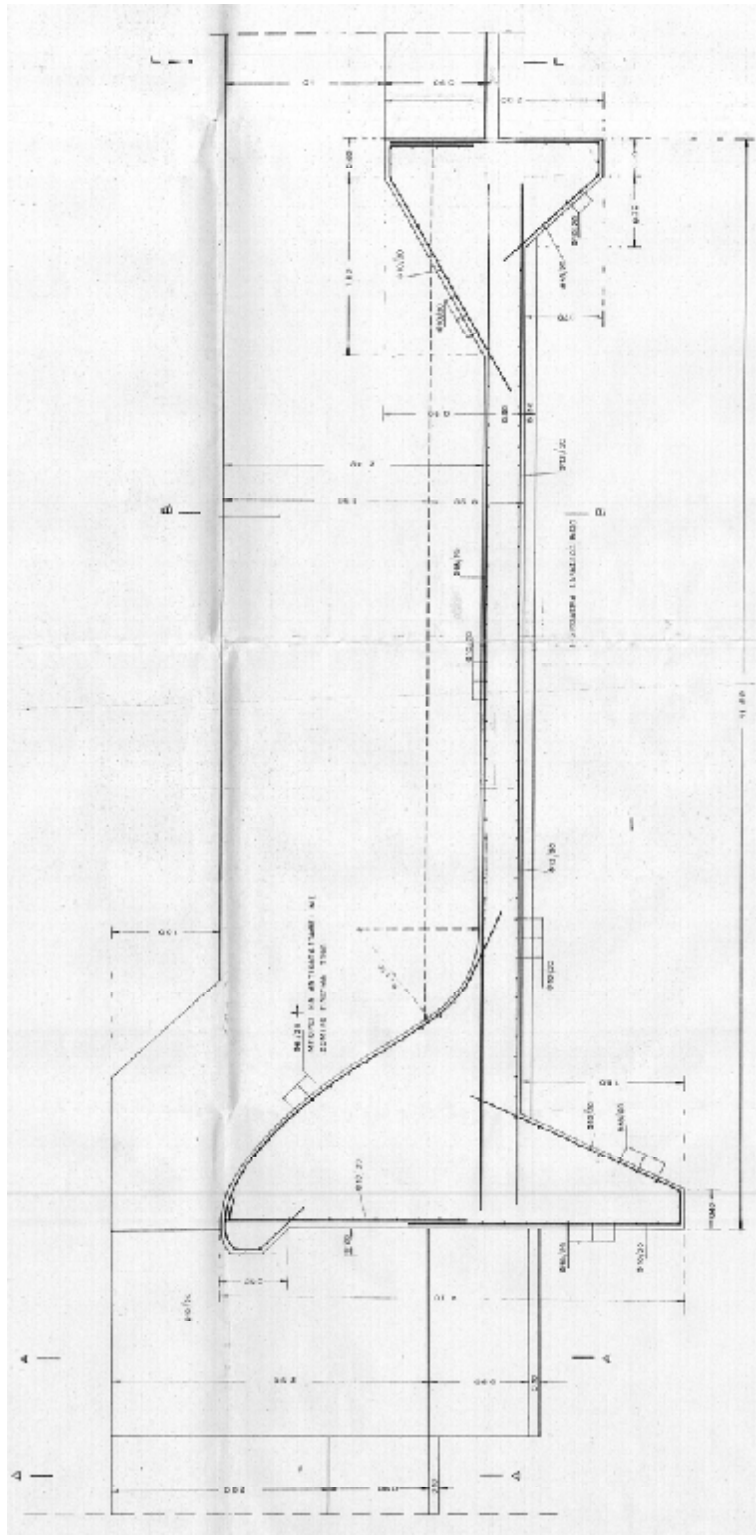
18 Στατικοί υπολογισμοί

18.1 Τοίχοι αντιστήριξης στην περιοχή του φράγματος υδροληψίας

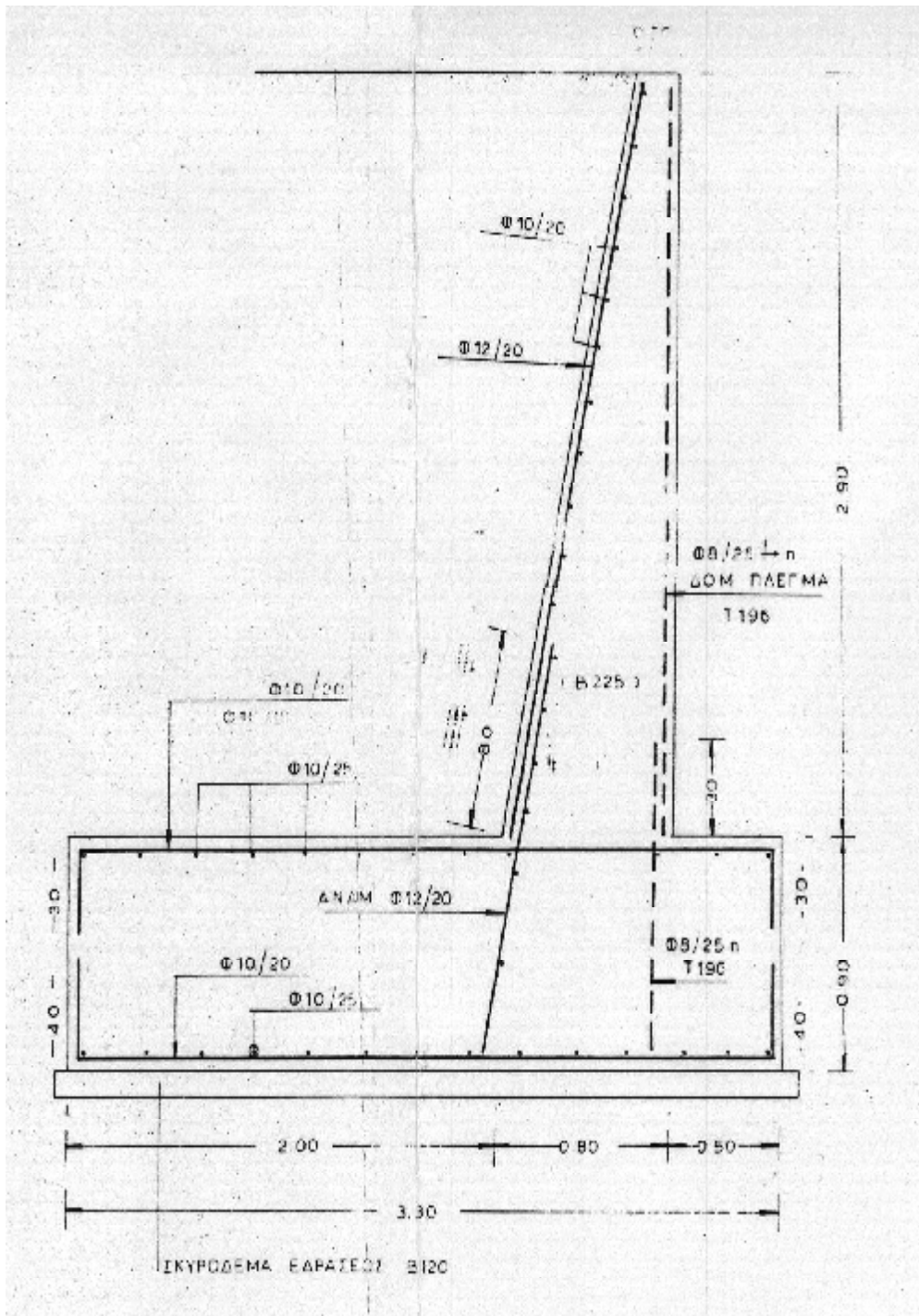
Οι παραδοχές αυτής της μελέτης είναι οι εξής:

1. Υλικά: Σκυρόδεμα κατηγορίας B225, Χάλυβας οπλισμού St III
2. Μηχανικά χαρακτηριστικά εδάφους επιχώματος: $\varphi = 30^\circ$, $\gamma = 2,05 \text{ Mr/m}^3$ $c = 0 \text{ Mr/m}^2$, $\delta\alpha$ (γωνία τριβής τοίχου – γαιών) = 0
3. Κινητό φορτίο λόγω κυκλοφορίας βαρέων μηχανημάτων: $P = 33,3 \text{ Mr/m}^2$ (ομοιόμορφο). Κατά την επενέργεια του σεισμού το κινητό φορτίο λαμβάνεται μειωμένο κατά 50%.
4. Σεισμικά φορτία: μέγιστη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους $\alpha = 2\varepsilon = 2 \times 0,12$. Η τιμή του ε προκύπτει από τον Ε.Α.Κ., για σεισμικότητα III και κατηγορία εδάφους B.
5. Επιτρεπόμενη τάση εδάφους: $\sigma_{\varepsilon\delta} = 2\text{Kp/cm}^2$

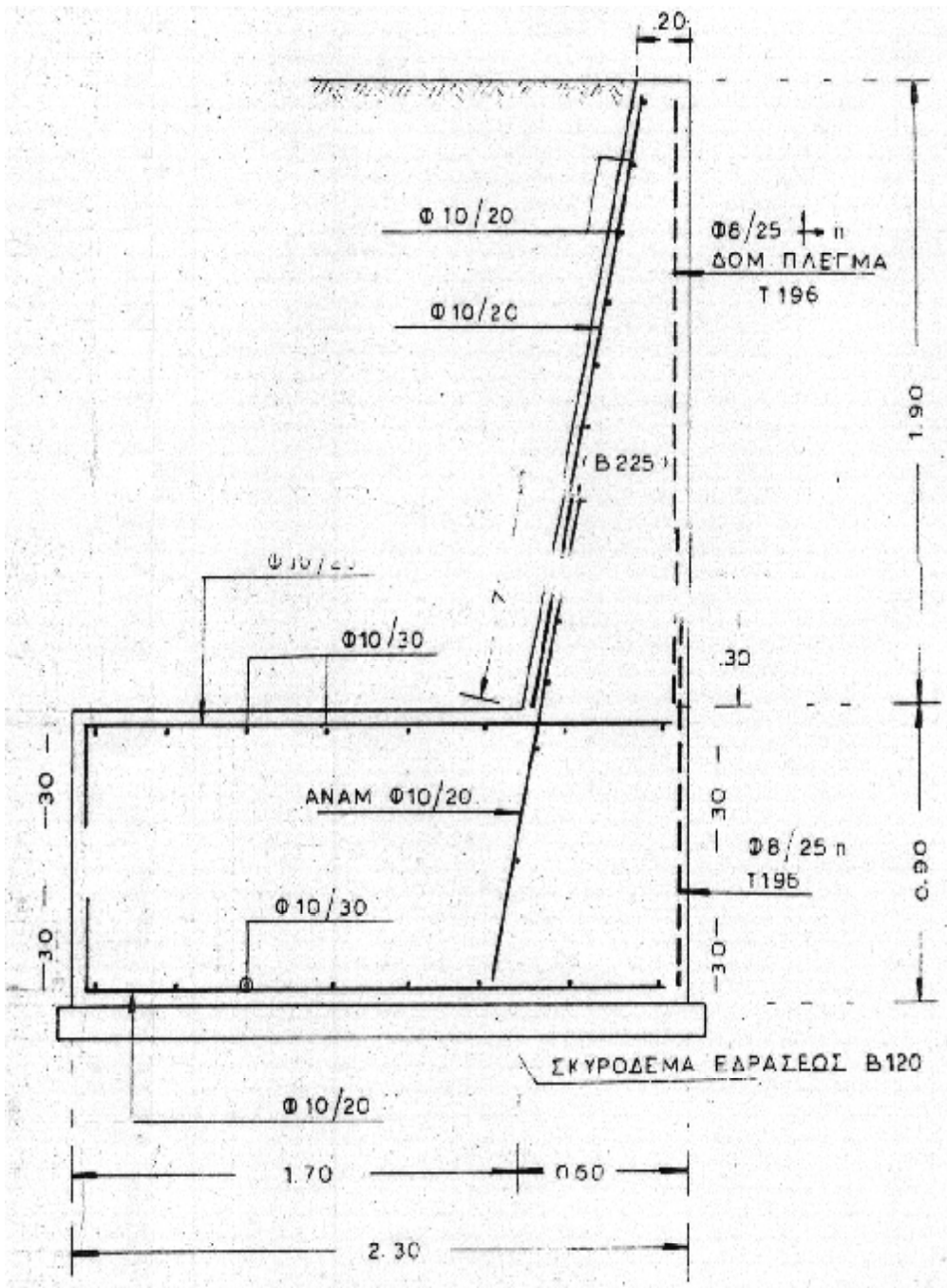
Οι διατομές των τοίχων αντιστήριξης φαίνονται στα σχέδια 3, 4, 5, 6 και 7



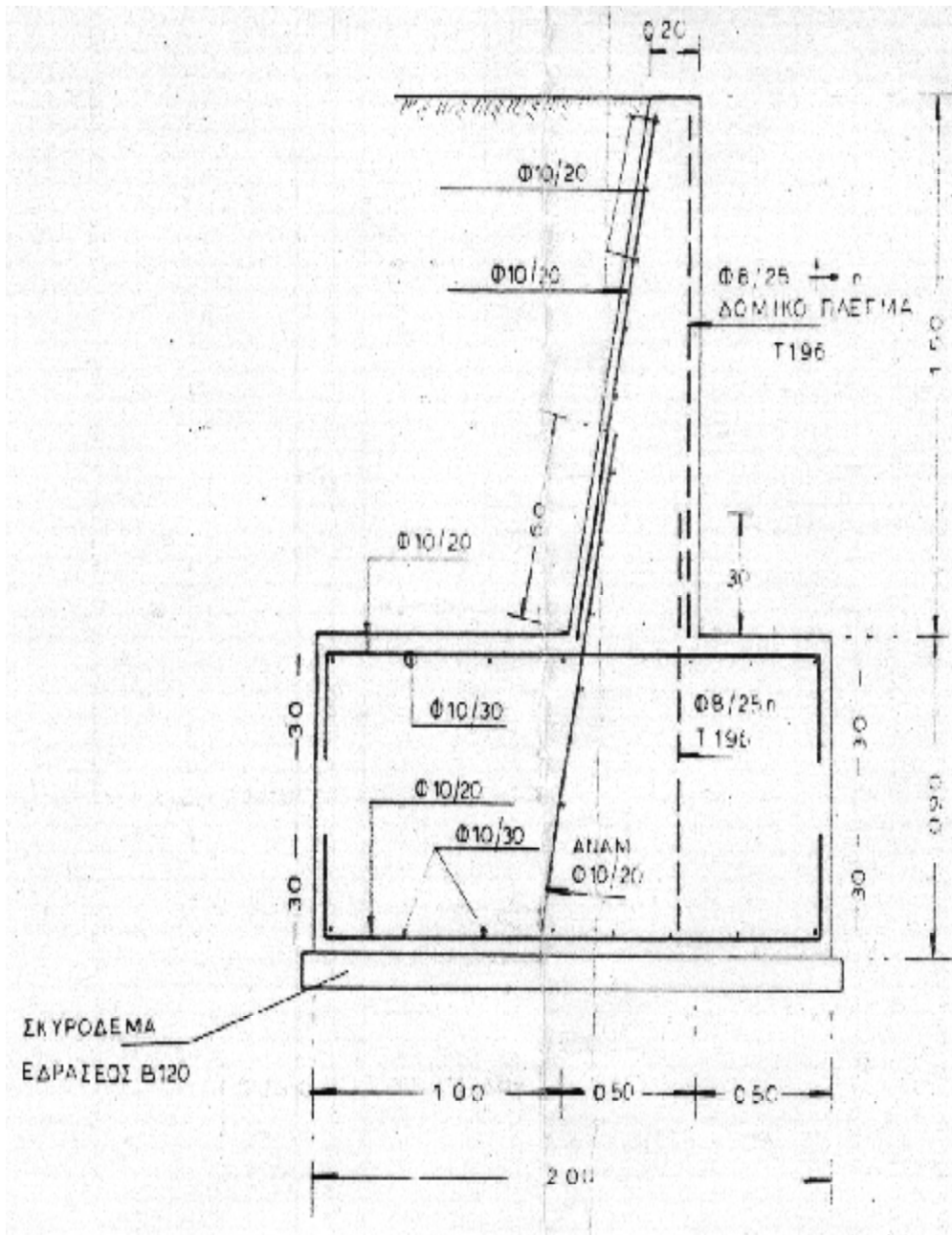
Σχέδιο 3: Οπλισμός και διατομές τοίχων αντιστήριξης φράγματος



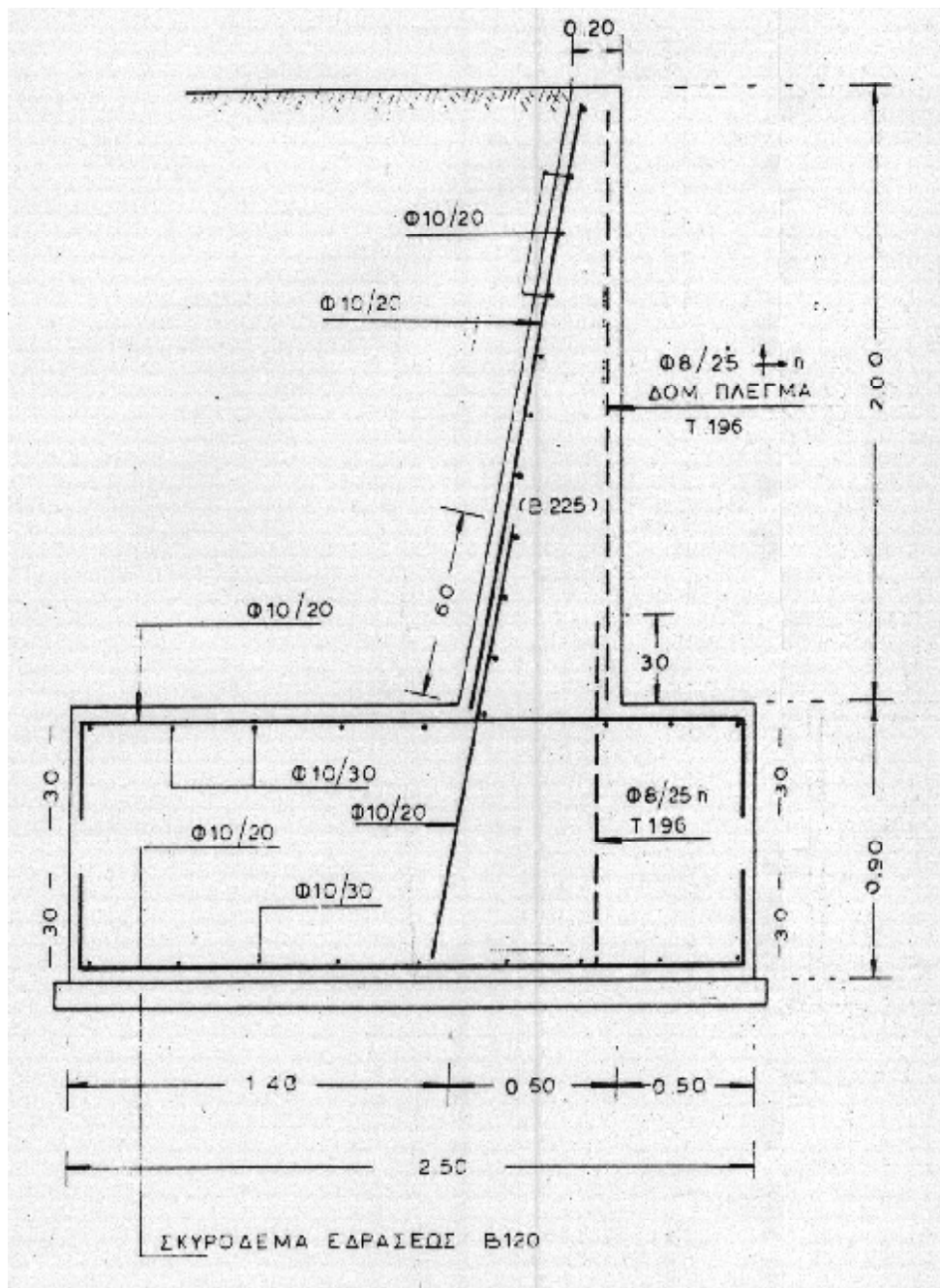
Σχέδιο 4: Τομή Α - Α



Σχέδιο 5: Τομή Β-Β



Σχέδιο 6: Τομή Γ - Γ



Σχέδιο 7: Τομή Δ - Δ

18.2 Φράγμα υδροληψίας

Στο φράγμα υδροληψίας ως μοντέλο υπολογισμού λαμβάνεται πλάκα μεταβλητού πάχους με ελαστική έδραση. Υπολογίζονται τα φορτία από το ίδιο βάρος της κατασκευής και από δυνάμεις άνωσης κατά τη λειτουργία του φράγματος.

Ο υπολογισμός πραγματοποιήθηκε με διαδοχικές προσεγγίσεις κατά τις οποίες έγινε έλεγχος στα ελατήρια των κόμβων που υποβάλλονται σε εφελκυσμό και αφαιρούνται.

18.3 Γέφυρα

Υπολογίζονται τα φορτία από το ίδιο βάρος της κατασκευής, το κινητό φορτίο στη στάθμη κυκλοφορίας, οι υδροστατικές πιέσεις δια πλήρη διατομή, οι ωθήσεις των γαιών και τα φορτία από τη θερμοκρασία.

Ως κινητό φορτίο ελήφθη το ισοδύναμο ομοιόμορφο φορτίο του τυπικού οχήματος SLW (30 Mp), σύμφωνα με το Din 1072 (φορτία γεφυρών).

Τα φορτία από τη θερμοκρασία υπολογίστηκαν ως εξής:

1. Για διατομή γεμάτη με νερό: μεταβολή θερμοκρασίας $T = + 20^\circ$ και συγχρόνως διαφορική θερμοκρασία $\Delta T = + 20^\circ$ στην πλάκα οροφής.
2. Για διατομή χωρίς νερό: επιπλέον των παραπάνω φορτίων υπολογίστηκε διαφορική θερμοκρασία $\Delta T = + 20^\circ$ στα εξωτερικά τοιχεία και τον πυθμένα της διατομής.

Η διατομή του πυθμένα έχει πάχος $d = 40$ εκ. Στους υπολογισμούς δεν λήφθηκαν υπόψη σεισμικά φορτία, λόγω του μικρού ύψους του κλειστού φορτίου.

18.4 Δάπεδο εργασίας στη θέση των θυροφραγμάτων

Το δάπεδο εργασίας στη θέση των θυροφραγμάτων υπολογίστηκε με τις εξής παραδοχές:

- ίδιο βάρος πλάκας $d = 20$)
- $g = 0,20 \times 2,50 = 0,50$ Mp/m²
- κινητό φορτίο λειτουργίας $= 0,50$ Mp/m²
- ολικό φορτίο $q = 1,00$ Mp/m²
- διαφορική θερμοκρασία $\Delta T = + 20^\circ$

19 Αξιοποίηση της λιμνοδεξαμενής για την εφαρμογή αρδεύσεων

19.1 Θέση – συνοπτική περιγραφή των έργων

Τα έργα αφορούν την άρδευση 300 καθαρών στρεμμάτων, μέσα σε περίμετρο 425 στρεμμάτων στην άμεση περιοχή της υφιστάμενης λιμνοδεξαμενής, υδροδοτούνται από αυτήν και περιλαμβάνουν:

- Υδροληψία από τη λιμνοδεξαμενή και αντλιοστάσιο για την εξασφάλιση της πίεσης του δικτύου
- Υπόγειο σωληνωτό δίκτυο για εφαρμογή της άρδευσης με σταγόνες

Η μέση ετήσια απόληψη έχει εκτιμηθεί σε 140.000 μ³ νερού.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα έργα που περιγράφονται παρακάτω δεν έχουν πραγματοποιηθεί και έχουν μείνει μόνο στο στάδιο της οριστικής μελέτης.

19.2 Γεωργοτεχνικά δεδομένα – Ανάγκες σε νερό άρδευσης

Τα βασικά γεωργοτεχνικά δεδομένα έχουν ως εξής:

1. Μέθοδος άρδευσης: με σταγόνες
2. Μέθοδος αρδευτικής μονάδας: 20 στρέμματα
3. Δίκτυα υπόγεια σωληνωτά: υδροληψίες ενός ή δύο στομίων, παροχής 3 λιτ./δλ, με λειτουργία των στομίων εκ περιτροπής
4. Πίεση λειτουργίας στην έξοδο του στομίου: 2,2 ατμ. (δυσμενής περίπτωση)
5. Απώλειες στην κεφαλή του δικτύου για την τοποθέτηση φίλτρου καθαρισμού του νερού
6. Ανάγκες κρίσιμου μήνα (Ιουνίου): βαθμός απόδοσης 85,5%, 123,4 μ³/στρ. (συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες μεταφοράς, διανομής και εφαρμογής του νερού στον αγρό)
7. Ειδική παροχή για τον ίδιο μήνα: μειωμένη κατά 20%
 - Για 24ωρη άρδευση: 0,0038 λιτρ./δλ/στρ.
 - Για 18ωρη άρδευση: 0,051 λιτρ./δλ/στρ

Για τις εκτάσεις που έχουν επιλεγεί προκύπτει συνολική παροχή για τον κρίσιμο μήνα Ιούνιο μειωμένη κατά 20% και για 18ωρη άρδευση 15,3 λιτρ/δλ, ενώ ο συνολικός απαιτούμενος όγκος νερού σε ετήσια βάση είναι 141.400 μ³.

19.3 Παροχή σχεδιασμού των έργων

Η απαιτούμενη παροχή στην κεφαλή του αρδευτικού δικτύου για 8 στόμια σε ταυτόχρονη λειτουργία προκύπτει: 8 X 3 λιτρ./δλ = 24,0 λιτρ./δλ. Η ίδια παροχή χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση του αντλιοστασίου άρδευσης.

Η υδροληψία από τη λιμνοδεξαμενή πραγματοποιείται με χαλυβδοσωλήνα διαμέτρου 200 χιλ., μήκους 67,0 μ. του οποίου η παροχευτικότητα καλύπτει αυτή την παροχή και στην περίπτωση που στη λιμνοδεξαμενή η στάθμη του νερού είναι ελάχιστη.

20 Τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων

20.1 Γενική διάταξη

Η υδροληψία από την κατασκευασμένη λιμνοδεξαμενή πραγματοποιείται με χαλυβδοσωλήνα διαμέτρου 200 χιλ. που καταλήγει σε φρεάτιο στο πόδι του πρανού της, με υψόμετρο στην άντυγα του σωλήνα + 88,50 μ. Από το φρεάτιο αυτό ξεκινάει σωληνωτός αγωγός 200 χιλ., από τον οποίο υδροδοτείται αντλιοστάσιο καπάντη της λιμνοδεξαμενής.

Από το αντλιοστάσιο το νερό διοχετεύεται με υπόγειο σωληνωτό δίκτυο, στην περίμετρο άρδευσης, κατά μήκος της οδού Βαθέως – Σημενίων. Η έκτασή του είναι 425 στρ. με καθαρά 300 στρ.

20.2 Αντλιοστάσιο άρδευσης

20.2.1 Δομικές εργασίες

Το κτίριο του αντλιοστασίου είναι μονόροφο, ορθογωνικής κάτοψης, με εσωτερικές διαστάσεις 5,50 X 6,90 μ. και όγκο 190,00 μ³. Θεμελιώνεται σε πλευρικά κορήματα από ασβεστολιθικά χαλίκια και λάτυπες, που συνδέονται με αργιλικό υλικό χαμηλής πλαστικότητας.

Η θεμελίωση γίνεται με πεδιλοδοκό περιμετρικά του κτηρίου. Η πεδιλοδοκός, όπως και ο φέρων σκελετός της ανωδομής κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα Β250.

Οι εξωτερικοί τοίχοι κατασκευάζονται από μπατική οπτοπλινθοδομή και επιχρίονται εξωτερικά και εσωτερικά με ασβεστοτσιμεντοκονία. Η κάτω επιφάνεια της πλάκας επικάλυψης, όπως και οι εξωτερικές ορατές επιφάνειες των υποστυλωμάτων και του κατακόρυφου μετώπου της πλάκας επικάλυψης, θα παραμείνουν χωρίς επίχρισμα και θα βαφούν με τσιμεντόχρωμα. Το δάπεδο θα επιστρωθεί με έγχρωμη τσιμεντοκονία με χαλαζιακή άμμο.

Η πόρτα προβλέπεται σιδερένια διαστάσεων 2,00 X 2,50 μ. με σιδερένια υαλοστάσια. Επίσης προβλέπεται μόνωση και στεγανοποίηση του δώματος με διπλή ασφαλική επάλειψη της επιφάνειας του σκυροδέματος, με στρώση από κίσηρη και κίσηρόδεμα και πλακόστρωση με πλάκες τσιμεντού.

20.2.2 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Το αντλιοστάσιο τροφοδοτεί το δίκτυο απευθείας, χωρίς ρυθμιστική δεξαμενή ή δεξαμενή φόρτισης, με ρύθμιση της λειτουργίας του μέσω πιεστικού δοχείου. Τα αντλητικά συγκροτήματα θα είναι ηλεκτροκίνητα, με οριζόντιες φυγοκεντρικές αντλίες. Προβλέπονται δύο κύρια αντλητικά συγκροτήματα και ένα όμοιο εφεδρικό, ισχύος 15 HP το κάθε ένα.

Καπάντη του φίλτρου και του αεροφυλάκιου θα εγκατασταθεί ηλεκτρική δικλείδα και παροχόμετρο, μέσα σε φρεάτιο διαστάσεων 1,00 X 2,2. μ.

20.3. Αρδευτικό δίκτυο

20.3.1 Χάραξη των αγωγών

Ο αγωγός τροφοδότησης του δικτύου, μήκους 65 μ. περίπου, κατευθύνεται από το αντλιοστάσιο κάθετα προς το δρόμο Βαθέως – Στημενίων. Αφού διασχίσει το δρόμο, διαχωρίζεται σε δύο κλάδους που πηγαίνουν παράλληλα προς το δρόμο και είναι τοποθετημένοι αμέσως έξω από το όριο κατάληψής του και εξυπηρετούν τις καλλιέργειες και από τις δύο πλευρές του δρόμου. Σε απόσταση 263,0 μ. από τη διακλάδωση θα υπάρχει ένας δευτερεύων κλάδος του δικτύου, ο οποίος διασχίζει κάθετα το δρόμο και εξυπηρετεί τις καλλιέργειες μεταξύ του δρόμου και της διώρυγας τροφοδότησης της λιμνοδεξαμενής.

20.3.2 Υδραυλικός υπολογισμός

Το δίκτυο έχει ακτινωτή διάταξη και εξυπηρετεί υδροληψίες ενός ή δύο στομίων, με παροχή 3,0 μ³/δλ και με πίεση λειτουργίας στην έξοδο του στομίου στη δυσμενέστερη θέση 2,2 ατμόσφαιρες.

Οι χρησιμοποιούμενοι σωλήνες είναι από σκληρό χλωριούχο πολυβινίλιο (PVC). Εκτός από τον αγωγό τροφοδότησης που έχει διάμετρο 140 χιλ. οι υπόλοιποι αγωγοί του δικτύου έχουν διάμετρο 90 και 110 χιλ. Η μέγιστη πίεση λειτουργίας προκύπτει 5,6 ατμ. και η μέγιστη υδροστατική 6,0 ατμ., μπορούν επομένως να χρησιμοποιηθούν σωλήνες ονομαστικής πίεσης λειτουργίας 10 ατμ. Η απαιτούμενη πίεση στην κεφαλή του δικτύου, κατόπιν των φίλτρων, προκύπτει 5,6 ατμ.

Το δίκτυο ελέγχθηκε σε υπερπίεση λόγω υδραυλικού πλήγματος, προέκυψε όμως ότι δεν απαιτείται η εγκατάσταση αντιπληγματικής συσκευής.

20.3.3 Υλικό κατασκευής, εγκατάσταση και εξοπλισμός δικτύου

Οι σωλήνες του δικτύου είναι από PVC, ονομαστικής πίεσης λειτουργίας 10 ατμ. Το συνολικό μήκος των σωληνώσεων είναι 1.295 μ., από τα οποία:

- 65 μ. έχουν διάμετρο 140 χιλ.
- 620 μ. έχουν διάμετρο 110 χιλ.
- 610 μ. έχουν διάμετρο 90 χιλ.

Οι σωληνώσεις τοποθετούνται σε όρυγμα, σε στρώμα άμμου πάχους 10 εκ. και επιχώνονται με προϊόντα εκσκαφής, με επικάλυψη τουλάχιστον 1,00 μ. από την άντυγα των σωλήνων.

Ο εξοπλισμός των δικτύων περιλαμβάνει:

- 3 αερεξαγωγούς απλού στομίου, που τοποθετούνται σε ψηλά σημεία της χάραξης
- 3 διατάξεις εκκένωσης
- 3 δικλείδες ελέγχου

Όλες αυτές οι συσκευές τοποθετούνται σε φρεάτια. Για την εφαρμογή των αρδεύσεων προβλέπονται συνολικά 8 υδροληψίες, από τις οποίες οι 7 είναι των δύο στομίων και λειτουργούν εναλλάξ και η μία είναι του ενός στομίου. Οι υδροληψίες τοποθετούνται σε φρεάτια από προκατασκευασμένα στοιχεία.



ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

21. Διαχείριση και λειτουργία των έργων μετά την κατασκευή

Τα υφιστάμενα σήμερα έργα ταμίευσης τα διαχειρίζονται στις περισσότερες περιπτώσεις οι ίδιοι οι φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης, οι Δήμοι. Με δεδομένη την πραγματικότητα της τοπικής αυτοδιοίκησης στην Ελλάδα, είναι εύκολο κανείς να αντιληφθεί τη δυσκολία που συναντούν οι φορείς στην προσπάθειά τους να συντηρήσουν και να λειτουργήσουν έργα μεγάλων φραγμάτων, τόσο από άποψη έλλειψης οικονομικών πόρων, όσο και από άποψη έλλειψης καταρτισμένου προσωπικού.

Ως αποτέλεσμα όλων αυτών, πολλά από τα φράγματα και τις λιμνοδεξαμενές παρουσιάζουν λειτουργικά προβλήματα που τα καθιστούν μη εκμεταλλεύσιμα. Δεν λείπουν επίσης περιπτώσεις κακοτεχνιών ή αστοχιών σε κατασκευές, κυρίως σε στεγανοποιήσεις λιμνοδεξαμενών. Σε άλλες περιπτώσεις, η κατασκευή των ταμιευτήρων δε συνοδεύεται από τα απαραίτητα έργα μεταφοράς, που συνήθως προβλέπονται από τις σχετικές μελέτες. Αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν σήμερα αρκετά ανενεργά φράγματα και λιμνοδεξαμενές (κυρίως στο Αιγαίο), που υπολειτουργούν.

Στο αντίποδα των δυσκολιών αυτών που αντιμετωπίζουν οι φορείς, άλλα φράγματα έχουν ενταχθεί και λειτουργούν όπως σχεδιάστηκαν, ή με εναλλακτική χρήση, συμμετέχοντας μάλιστα ουσιαστικά στην κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης.

Χαρακτηριστικό στοιχείο της προβληματικής συντήρησης και λειτουργίας των φραγμάτων είναι η έλλειψη των δεδομένων λειτουργίας τους. Δεν μετρώνται οι εισροές, ούτε οι στάθμες, ούτε άλλα υδρομετεωρολογικά μεγέθη. Υπάρχουν βέβαια εξαιρέσεις και σε αυτόν τον τομέα. Οι ελλείψεις μετρήσεων καθιστούν δυνατή μόνο τη θεωρητική προσέγγιση της συμμετοχής των φραγμάτων στο σημερινό διαχειριστικό ισοζύγιο των υδατικών πόρων του Αιγαίου.

«Τα ανεπαρκή στοιχεία για τις βροχοπτώσεις και την παροχή χειμάρρων στα νησιά και οι θεωρητικές προσεγγίσεις που εφαρμόστηκαν για την κατασκευή των μικρών φραγμάτων και των λιμνοδεξαμενών οδήγησαν σε ταμιευτήρες που δεν γεμίζουν». επισημαίνει στα «ΝΕΑ» ο κ. Ιωάννης Κουμαντάκης, ομότιμος καθηγητής Υδρογεωλογίας και Τεχνικής Γεωλογίας στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Σε γενικές γραμμές, σήμερα τα φράγματα έχουν πλεονεκτήματα, παρά το γεγονός των προβλημάτων συντήρησης και λειτουργίας που διαπιστώνονται σχεδόν καθολικά. Είναι συνεπώς αναγκαία η οργάνωση της σωστής διαχείρισης και λειτουργίας τους, όχι μόνο για να είναι αποδοτικά, αλλά και για να εξασφαλιστεί η προστασία των ταμιευτήρων ως υγροτόπων και των υδατορευμάτων ανάντη και κατόντη. Οι ταμιευτήρες εκτός από τα υδατικά οικοσυστήματα που μπορούν να επηρεάζουν κατόντη του έργου αποτελούν και τα ίδια σημαντικά οικοσυστήματα ως τεχνητές λίμνες στις οποίες αναπτύσσονται σημαντικά είδη χλωρίδας και πανίδας αλλά και συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται ως σταθμοί από πλήθος αποδημητικών πτηνών. Στα ίδια πλαίσια τοποθετείται και η ανάγκη εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης σταθμών μετρήσεων ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών.

22 Διαχείριση Υδροσυστήματος

22.1 Εισαγωγή

Η μελέτη των υδροσυστημάτων διέπεται από ένα πλήθος αβεβαιοτήτων τόσο σε μηνιαία όσο και σε ετήσια κλίμακα, με σημαντικότερη ασφαλώς την υδρολογική αβεβαιότητα, η οποία οφείλεται στην αδυναμία ασφαλούς πρόβλεψης της εξέλιξης των υδρολογικών μεταβλητών. Η πολυπλοκότητα των υδρολογικών διεργασιών επιβάλλει τη χρήση μιας ολοκληρωμένης και στοχαστικής προσέγγισης μέσω εξελιγμένων υπολογιστικών εργαλείων.

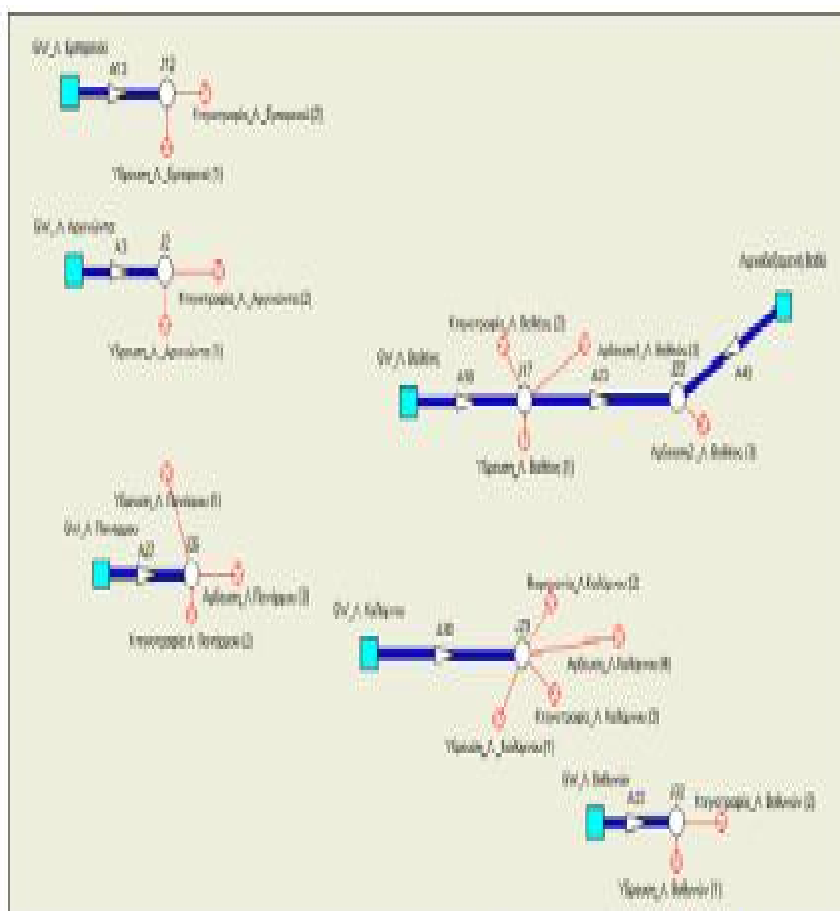
Η προσομοίωση και διαχείριση του υδροσυστήματος της νήσου Καλύμνου παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες καθώς η λειτουργική δομή του δεν έχει καταγραφεί επαρκώς (π.χ. δεν υπάρχουν πλήρη σχέδια των δικτύων ύδρευσης ενώ η απογραφή των γεωτρήσεων και ο έλεγχος αδειοδότησης τους είναι ελλιπής). Επίσης η έλλειψη πρωτογενών υδρομετεωρολογικών δεδομένων σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα των διεργασιών του υδρολογικού κύκλου απαιτούν την υιοθέτηση μιας στοχαστικής προσομοίωσης για τον περιορισμό και την ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας. Δηλαδή οι υδρολογικές μεταβλητές αντιμετωπίζονται ως στοχαστικές ανεξίτητες και παράγεται ένα ευρύ σύνολο ιστοπίθανων σεναρίων συνθετικών χρονοσειρών

22.2 Σχηματοποίηση υδροσυστήματος

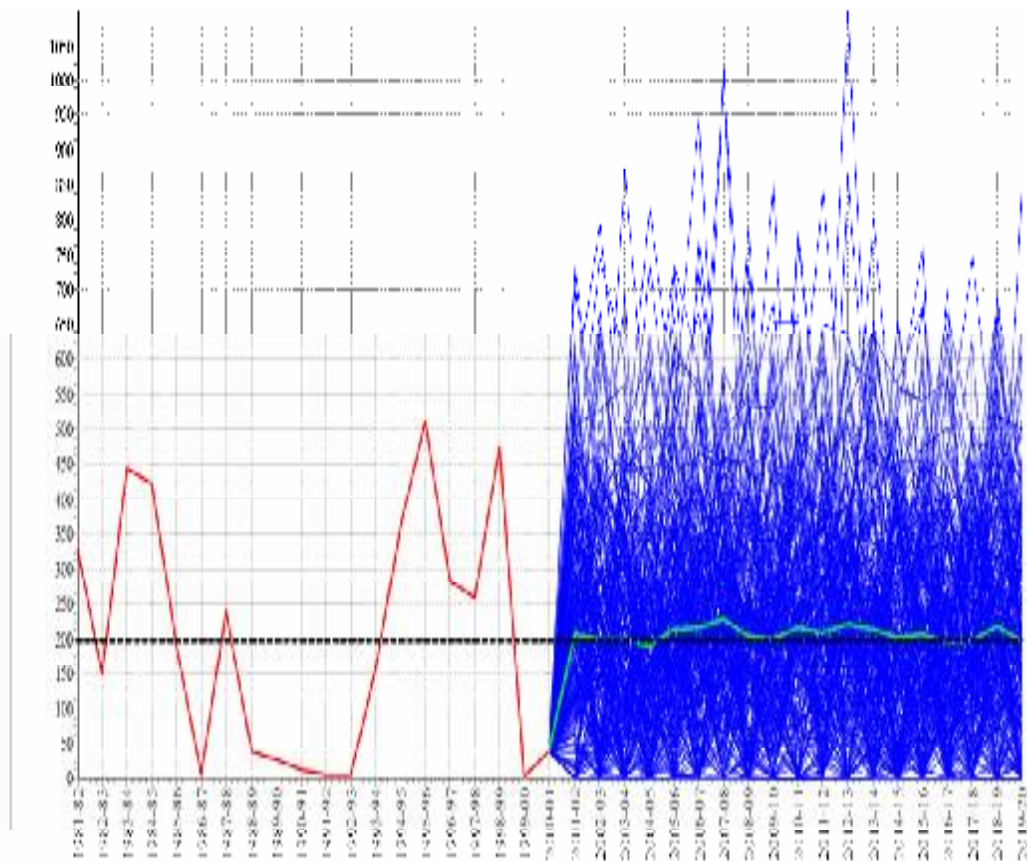
Η σχηματοποίηση του υδροσυστήματος έγινε με στόχο την όσο το δυνατό καλύτερη απεικόνισή της πραγματικότητας βάσει των στοιχείων παροχής (υδροφορείς, γεωτρήσεις, πηγές, λιμνοδεξαμενή) και απόληψης νερού (ύδρευση, άρδευση) που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Η σχηματοποίηση του υδροσυστήματος της νήσου Καλύμνου (σχήμα 14) αναπτύχθηκε στο περιβάλλον του υπολογιστικού σχήματος «Υδρονομέας» όπου προσομοιώνεται η λειτουργική διασύνδεση των υπόγειων και επιφανειακών υδατικών πόρων με τους κόμβους απόληψης του νερού σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Σε κάθε κόμβο απόληψης των λεκανών απορροής εισήχθη η αντίστοιχη υπολογισμένη μηνιαία ζήτηση του νερού ανά κατηγορία χρήσης για την περίοδο προσομοίωσης 2007-2020. Επίσης ανάλογα με την κατηγορία χρήσης ορίστηκε και η προτεραιότητα ικανοποίησης της ζήτησης. Τα υπόγεια αποθέματα νερού ανά λεκάνη απορροής προσομοιώθηκαν ως ταμειυτήρες υπόγειων υδάτων με μοναδική εισροή την εκμεταλλεύσιμη κατείσδυση (30 έως 40% της συνολικής), δεδομένου ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της κατείσδυσης διαφεύγει προς τη θάλασσα. Σημειώνεται ότι το ΙΓΜΕ έχει εκτιμήσει τα εκμεταλλεύσιμα υπόγεια αποθέματα στο 30,77% της συνολικής κατείσδυσης. Η ωφέλιμη χωρητικότητα κάθε υπόγειου ταμειυτήρα καθορίζεται ως ο μέσος ετήσιος όγκος που προκύπτει από την ιστορική χρονοσειρά εκμεταλλεύσιμης κατείσδυσης της αντίστοιχης λεκάνης απορροής. Για παράδειγμα, στη λεκάνη του Βαθέος η ωφέλιμη χωρητικότητα που προκύπτει για εκμεταλλεύσιμη κατείσδυση 40% και 30% είναι $1,45 \text{ hm}^3$ ($=0,4 \times 3,63$) και $1,08 \text{ hm}^3$ ($=0,3 \times 3,63$) αντίστοιχα. Κάθε επιπλέον ποσότητα κατείσδυσης που τυχόν προκύψει και δεν καταναλωθεί κατά το τρέχον μηνιαίο βήμα θεωρείται και αυτή (όπως και το 60% ή το 70% της κατείσδυσης) ως απώλεια λόγω διαφυγής στη θάλασσα.

Η εκμεταλλεύσιμη κατείσδυση σε κάθε λεκάνη προσομοιώθηκε στοχαστικά μέσω παραγωγής 200 ισοπίθανων σεναρίων συνθετικών χρονοσειρών για τα έτη 2001 έως 2020. Στο σχήμα 15 απεικονίζεται η στοχαστική προσομοίωση για την λεκάνη του Βαθέος. Η λειτουργία της υφιστάμενης λιμνοδεξαμενής στο Βαθύ 156.000 μ³, η οποία προβλέπεται να αρδεύει 300 στρέμματα εσπεριδοειδών, προσομοιώθηκε επίσης στοχαστικά μέσω παραγωγής 200 σεναρίων συνθετικών χρονοσειρών της βροχής - απορροής και της εξάτμισης.



Σχήμα 14: Σχηματοποίηση υδρουσυστήματος Ν. Καλύμνου



Σχήμα 15: Απεικόνιση της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινη γραμμή) και των 200 σεναρίων των συνθετικών χρονοσειρών απορροής στη λιμνοδεξαμενή Βαθέως (εκμεταλλεύσιμη κατείσδυση (40%) της λεκάνης). Με την πράσινη γραμμή συμβολίζεται ο μέσος όρος των συνθετικών χρονοσειρών.

22.3 Στρατηγικές Διαχείρισης

Μέσω της συνδυασμένης χρήσης των εργαλείων της στοχαστικής και λειτουργικής προσομοίωσης, διερευνήθηκαν τρεις εναλλακτικές διαχειριστικές πολιτικές των υδατικών πόρων της Καλύμνου για την περίοδο 2007-2020 και για κάθε πολιτική εκτελέστηκαν 33600 μηνιαίες προσομοιώσεις (200 σενάρια Χ 14έτη Χ 12μήνες).

Στη Διαχειριστική Πολιτική 1 εξετάζεται η ανεξάρτητη διαχείριση των υδατικών πόρων της κάθε λεκάνης με εκμεταλεύσιμη κατείσδυση το 40% της ολικής.

Στη Διαχειριστική Πολιτική 2 εξετάζεται η συνδυασμένη διαχείριση των υπόγειων υδατικών πόρων των λεκανών του Βαθέως, της Καλύμνου και του Πανόρμου με εκμεταλεύσιμη κατείσδυση το 40% της ολικής.

Στη Διαχειριστική Πολιτική 3 εξετάζεται η συνδυασμένη διαχείριση των υδατικών πόρων των λεκανών του Βαθέως, της Καλύμνου και του Πανόρμου με εκμεταλεύσιμη κατείσδυση το 30% της ολικής.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή την εφαρμογή είναι τα εξής:

1. Για τη Διαχειριστική Πολιτική 1

- οι απαιτήσεις νερού για την ύδρευση όλων των οικισμών, του εποχιακού πληθυσμού, της βιομηχανίας και της κτηνοτροφίας ικανοποιούνται πλήρως.
- οι απαιτήσεις νερού για την άρδευση ικανοποιούνται πλήρως εκτός από τις περιοχές Βοθυνού, Πανόρμου και Βαθέως (από τη λιμνοδεξαμενή), που παρουσιάζουν μηνιαία αστοχία.

2. Για τη Διαχειριστική Πολιτική 2

- οι απαιτήσεις νερού για την ύδρευση όλων των οικισμών, του εποχιακού πληθυσμού, της βιομηχανίας και της κτηνοτροφίας ικανοποιούνται πλήρως.
- οι απαιτήσεις νερού για την άρδευση δεν ικανοποιούνται πλήρως στις περιοχές Βοθυνού, Πανόρμου, Βαθέως (από τη λιμνοδεξαμενή), Βαθέως (από γεωτρήσεις), Αργινώντα και Εμπορειού, στις οποίες παρουσιάζουν μηνιαία αστοχία

3. Για τη Διαχειριστική Πολιτική 3

- οι απαιτήσεις νερού για την ύδρευση όλων των οικισμών, του εποχιακού πληθυσμού, της βιομηχανίας και της κτηνοτροφίας ικανοποιούνται πλήρως.
- οι απαιτήσεις νερού για την άρδευση δεν ικανοποιούνται πλήρως στις περιοχές Βοθυνού, Πανόρμου, Βαθέως (από τη λιμνοδεξαμενή), Βαθέως (από γεωτρήσεις), Αργινώντα και Εμπορειού, στις οποίες παρουσιάζουν μηνιαία αστοχία, πολύ μικρότερη από αυτήν της Διαχειριστικής Πολιτικής 2, έτσι ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ως αποδεκτή.

Από τα αποτελέσματα των διαχειριστικών πολιτικών φαίνεται ότι η υιοθέτηση της Διαχειριστικής Πολιτικής-3, με την κατασκευή μιας επιπλέον λιμνοδεξαμενής στη θέση «Στημένια» ανάντη της υπάρχουσας στη λεκάνη του Βαθέως, καθώς και μιας λιμνοδεξαμενής στη θέση «Άργος», θα συμβάλλει στη μείωση ή και στην εξάλειψη του ελλείμματος και στον περιορισμό της υφαλμύρισης.

Η χωρητικότητα των δύο νέων λιμνοδεξαμενών θεωρήθηκε ίδια με αυτήν της υπάρχουσας λ/δ του Βαθέως. Η λεκάνη απορροής της λ/δ του Βαθέως περιορίζεται στα 4,1 χλμ.² και της Στημένιας στα 2,7 χλμ.². Η λεκάνη απορροής για την λ/δ του Άργους εκτιμήθηκε στα 4,0 χλμ.². Με αυτόν τον τρόπο η εκμετάλλευση των ετήσιων ανανεώσιμων υπόγειων αποθεμάτων νερού της νήσου θα φτάσει μέχρι το ποσοστό του 25%.

23 Συμπεράσματα

Για την κάλυψη των αναγκών σε ύδρευση η νήσος Κάλυμνος, χρησιμοποιεί μεταφερόμενες ποσότητες νερού σε ποσοστό 0,2% το οποίο κατά κανόνα το χρειάζεται τους ξηρούς μήνες.

Για την κάλυψη των αναγκών σε άρδευση εκμεταλλεύεται κυρίως τα διαθέσιμα υπόγεια αποθέματα μέσω γεωτρήσεων αλλά και πηγών και τον ταμιευτήρα, ο οποίος αποτελεί σημαντικό έργο προσφοράς.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της παροχής ορισμένων πηγών λόγω εντατικών αντλήσεων και ενέχει κίνδυνο εξάντλησης των αποθεμάτων του υπογείου νερού με ενδεχόμενο την υποβάθμιση της ποιότητάς του.

Επίσης η υπεράντληση των υπογείων υδάτων για να καλυφθούν οι αυξημένες εποχικές ανάγκες ύδρευσης, έχει οδηγήσει στην υπαλμύριση των περισσότερων υπόγειων νερών και σε στέρηση των γεωτρήσεων.

Στην Κάλυμνο παρατηρείται διείσδυση της θάλασσας στα υπόγεια νερά.

Οι υδρευτικές ανάγκες της την ερχόμενη δεκαπενταετία θα είναι αυξημένες, ενώ η ζήτηση για άρδευση αν και δεν έχει αυξητικές τάσεις, είναι ανεξέλεγκτη.

Οι συνεχώς αυξανόμενες υδατικές ανάγκες της νήσου οι οποίες εντείνονται κατά τη θερινή περίοδο κυρίως λόγω της τουριστικής κίνησης και της εφαρμογής των αρδεύσεων, αλλά και η μη συνδυασμένη και τοπικά εντατική εκμετάλλευση των υδατικών πόρων των λεκανών απορροής, δημιουργούν ένα εύθραυστο υδατικό ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης.

Η κατασκευασμένη λιμνοδεξαμενή θα μπορέσει να συνεισφέρει ουσιαστικά στο σύστημα εφόσον ολοκληρωθούν τα έργα αξιοποίησής της, τα οποία αφορούν κυρίως έργα δικτύων. Το αποτέλεσμα του αρχικού σεναρίου μπορεί να είναι αρνητικό, αλλά οφείλεται κυρίως σε ορισμένα αρκετά ξηρά υδρολογικά έτη, τα οποία οδηγούν σε αρνητικό συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα τη διαχειριστική ενότητα και στο ότι δεν έχουν κατασκευαστεί τα έργα προσαγωγής του νερού με αποτέλεσμα μετά από κάποια χρόνια να έχει εντελώς καταστραφεί η μεμβράνη. Επίσης εμφάνισε προβλήματα λειτουργίας, λόγω της μικρής υδραυλικής διαφοράς μεταξύ δεξαμενής και έργου υδατοσυλλογής. Το λίγο νερό που βρίσκεται αποθηκευμένο αυτή τη στιγμή χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς.

Προκειμένου να αρθούν ή να μειωθούν τα προβλήματα της διαχείρισης των υδατικών πόρων της νήσου Καλύμνου και να αξιοποιηθεί η υπάρχουσα λιμνοδεξαμενή θα ήταν σκόπιμο

- να γίνει εγκατάσταση μετεωρολογικών και υδρομετρικών σταθμών στο νησί, καθώς και ερευνητικές υδρογεωτρήσεις για τη συλλογή δεδομένων και άμεσης παρακολούθησης της τιμής των υδρολογικών παραμέτρων
- να γίνει αποτύπωση, συντήρηση και αναβάθμιση των υφιστάμενων δικτύων ύδρευσης και άρδευσης
- η διάθεση του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις να γίνεται με βάση τις πραγματικές απαιτήσεις των καλλιεργειών και να εφαρμοστούν σύγχρονες τεχνολογίες άρδευσης προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες

- να δημιουργηθούν συλλογικά αρδευτικά δίκτυα, για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων των λεκανών απορροής του νησιού και τον προγραμματισμό των αρδεύσεων
- να διερευνηθεί η εκμετάλλευση και των επιφανειακών απορροών με την κατασκευή επιπλέον ενδοποτάμιων και εξωποτάμιων μικρών λιμνοδεξαμενών στη λεκάνη του Βαθέως ή και σε άλλες λεκάνες του νησιού

Πηγές - Βιβλιογραφία

- **Καρπούζος Δ.Κ.**, «Σχέδιο ολοκληρωμένης διαχείρισης υδροσυστήματος νήσου Καλύμνου».
- **Εφημερίδα καθημερινή**, 7 ημέρες, 21/08 1994
- **Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων**, «Τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές», Β' Έκδοση, Φεβρουάριος 2006
- **Καρπούζος Δ., Κυριαζοπούλου Ι, Βαζίμας Ι.**, «Σχέδιο διαχείρισης υδατικών πόρων περιοχής Δωδεκανήσου»,
- **Τ.Ε.Ε.**, «Γεωτεχνική μελέτη και κατασκευή λιμνοδεξαμενών», Αθήνα 2001
- **Κουτσογιάννης Δ.**, «Σημειώσεις για το μάθημα διαχείρισης υδατικών πόρων», Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
- **Παπαδοπούλου Κατερίνα**, «Εκτίμηση αναγκών σε νερό και υδατικό ισοζύγιο για τη Β.Α. Ρόδο» (λεκάνη Γαδουρά), Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Οκτώβρης 2008
- **ΥΠΑΑΤ.** «Οριστική Μελέτη Λιμνοδεξαμενής στο Βαθύ Καλύμνου», Θ. Γκόφας Αθήνα, 1992.
- **ΥΠΑΝ**,. «Ανάλυση συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων υδατικού διαμερίσματος νήσων Αιγαίου, Νήσος Κάλυμνος, Α' Φάση»: Συλλογή και Επεξεργασία δεδομένων, Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, Αθήνα, 2005
- **ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, και ΚΕΠΕ**, « Συμπλήρωση της ταξινόμησης ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών πόρων στα υδατικά διαμερίσματα της χώρας», Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα, Ιανουάριος 2003.
- **Κουτσογιάννης Δ.**, και **Ξανθόπουλος Θ.**, «Τεχνική Υδρολογία», Έκδοση 2, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
- **Κουτσογιάννης Δ.** και **Ξανθόπουλος Θ.**, «Τεχνική υδρολογία», Ε.Μ.Π., Τομέας Υδατικών Πόρων, 1999
- **Κουτσογιάννης Δ.**, «Σημειώσεις Βελτιστοποίησης Συστημάτων Υδατικών Πόρων - Μέρος Α», Έκδοση 2, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2000.
- **Κουτσογιάννης Δ., Ανδρεαδάκης Α., Μαυροδήμου κ.α.**, Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, «Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων», Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008.
- **Μίχας Σ., Οικονομίδης Δ., Τσιάλας Θ.**, «Η συμμετοχή των φραγμάτων στη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού των νησιών του Αιγαίου»
- **Δρ Τσιφτής Ε.**, «Αντιμετώπιση Υδρευτικών προβλημάτων των νησιών του Αιγαίου», Υδρογεωλόγος Υπουργείου Αιγαίου
- **Μπλαντζούκας Θ.**, πολ. Μηχανικός, «Προστασία γεωμεμβρανών με γεωϋφάσματα», 2006

- **Δούνας Α., Κακαβάς Ν., Τασίος Ν.,** «Υδρογεωλογική έρευνα Νήσου Καλύμνου», 1972
- **Μιμίδης Θ., Ρίζος Σ., Τρικοίλη Ε., Κακαδιάρης Σ.,** «Διαχείριση των υδατικών πόρων της κοιλάδας Βαθύ της νήσου Καλύμνου», 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΥΕ, Ξάνθη, Δεκέμβριος 2006

Παράρτημα

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΝΗΣΟΥ ΚΑΛΥΜΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 1981-2001 (mm)

HYDROLOGIC YEAR	MONTH												Sum	Mean	Stdev	Var coef	Max	Min		
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9								
1981-82	0	204,82	106,79	95,35	161,31	87,55	46,5	6,73	17,75	0	0	0	0	726,81	60,57	70,48	1,16	204,82	0	
1982-83	24,69	100,91	116,31	54,63	122,29	73,23	14,75	13,68	16,78	0	0	2,35	0	539,63	44,97	46,76	1,04	122,29	0	
1983-84	14,22	42,33	98,78	293,23	139,5	149,55	80,18	2,57	0	0	0	0	0	820,35	68,36	90,41	1,32	293,23	0	
1984-85	0	61,36	233,47	189,43	94,61	141	0	23,09	0	0	0	0	0	742,95	61,91	83,95	1,36	233,47	0	
1985-86	14	42,55	61,36	116,84	216,58	10,58	1,07	19,03	2,89	0	0	68,95	0	553,85	46,15	64,67	1,4	216,58	0	
1986-87	54,63	8,45	36,03	70,02	44,68	81,89	27,79	6,31	0	0	0	0	0	329,79	27,48	29,71	1,08	81,89	0	
1987-88	7,27	139,93	84,34	69,81	124	151,8	5,13	4,38	0	0	0	0	0	586,67	48,89	61,35	1,25	151,8	0	
1988-89	19,88	101,88	114,06	46,29	10,69	67,03	4,92	5,99	2,03	0	0	0	0	372,76	31,06	41,58	1,34	114,06	0	
1989-90	97,6	138,97	30,36	3,53	29,4	0	9,3	0	0	0	27,79	0,43	0	337,38	28,11	44,73	1,59	138,97	0	
1990-91	5,24	22,13	150,94	28,22	41,9	42,01	53,13	32,39	0	0	0	0	0	375,97	31,33	42,33	1,35	150,94	0	
1991-92	36,03	33,25	88,3	7,48	51,42	36,03	23,95	2,35	0	0	0	0	0	278,8	23,23	27,47	1,18	88,3	0	
1992-93	0	41,8	50,46	80,07	57,19	43,51	21,49	28,01	0	0	0	0	0	322,52	26,88	27,71	1,03	80,07	0	
1993-94	13,9	126,68	35,06	145,38	131,27	42,12	30,89	18,49	14,97	0	0	0	0	558,77	46,56	54,87	1,18	145,38	0	
1994-95	224,7	70,13	221,07	159,71	2,78	67,03	15,5	21,27	0	0	0	0	0	782,19	65,18	87,38	1,34	224,7	0	
1995-96	9,62	48,64	99,31	186,65	299,53	142,5	11,01	2,14	0	0	0	14,43	0	813,83	67,82	96,45	1,42	299,53	0	
1996-97	88,19	16,89	222,14	60,72	29,83	204,71	86,48	23,73	0	0	0	0	0	732,69	61,06	78,16	1,28	222,14	0	
1997-98	30,68	206,53	96,32	87,55	43,62	167,51	40,41	16,14	6,31	0	0	7,38	0	702,44	58,54	68,34	1,17	206,53	0	
1998-99	4,7	214,23	204,61	96,96	152,65	137,58	57,94	0	0	0	0	1,71	0	870,38	72,53	85,09	1,17	214,23	0	
1999-00	10,8	7,91	47,25	51,31	59,33	46,5	41,69	0,53	0	0	0	0	0	265,33	22,11	24,49	1,11	59,33	0	
2000-01	72,48	30,79	95,25	77,61	88,09	0	99,63	2,35	0	0	0	0	0	466,19	38,95	43,56	1,12	99,63	0	
Mean	36,43	83,01	109,61	96,04	95,03	84,61	33,59	11,46	3,04	0	1,39	4,76	0	558,96	38,95	43,56	1,12	99,63	0	
Standard deviation	53,13	67,88	64,85	70,04	74,7	60,28	29,44	10,44	6,02	0	6,21	15,51	0							
Variance coefficient	1,46	0,82	0,59	0,73	0,79	0,71	0,88	0,91	1,98	0	4,47	3,26	0							
Maximum value	224,7	214,23	233,47	293,23	299,53	204,71	99,63	32,39	17,75	0	27,79	68,95	0							
Minimum value	0	7,91	30,36	3,53	2,78	0	0	0	0	0	0	0	0							

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΑΘΕΩΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 1981-2001 (mm)

HYDROLOGIC YEAR	MONTH												Sum	Mean	Stdev	Var coef	Max	Min	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
1981-82	0	212,48	110,79	98,92	167,35	90,83	48,24	6,99	18,41	0	0	0	0	754,01	62,83	73,11	1,16	212,48	0
1982-83	25,52	104,69	120,66	56,67	126,87	75,97	15,3	14,2	17,41	0	0	0	2,44	559,83	46,65	48,51	1,04	126,87	0
1983-84	14,75	43,92	102,47	304,2	144,72	155,15	83,18	2,66	0	0	0	0	0	851,05	70,92	93,79	1,32	304,2	0
1984-85	0	63,66	242,21	196,51	98,15	146,28	0	23,95	0	0	0	0	0	770,76	64,23	87,09	1,36	242,21	0
1985-86	14,53	44,14	63,66	121,21	224,68	10,98	1,11	19,74	2,99	0	0	0	71,53	574,57	47,88	67,09	1,4	224,68	0
1986-87	56,57	8,76	37,37	72,64	46,36	84,95	28,83	6,54	0	0	0	0	0	342,12	28,51	30,82	1,08	84,95	0
1987-88	7,54	145,17	87,5	72,42	128,64	157,48	5,32	4,55	0	0	0	0	0	608,62	50,72	63,65	1,25	157,48	0
1988-89	20,53	105,69	118,33	48,02	11,09	69,53	5,1	6,21	2,11	0	0	0	0	386,71	32,23	43,14	1,34	118,33	0
1989-90	101,25	144,17	31,5	3,66	30,5	0	9,65	0	0	0	28,83	0,44	0	350	29,17	46,41	1,59	144,17	0
1990-91	5,43	22,96	156,59	29,28	43,47	43,58	55,12	33,6	0	0	0	0	0	390,03	32,5	43,91	1,35	156,59	0
1991-92	37,37	34,49	91,6	7,76	53,34	37,37	24,84	2,44	0	0	0	0	0	289,21	24,1	28,49	1,18	91,6	0
1992-93	0	43,36	52,34	83,06	59,33	45,14	22,29	29,06	0	0	0	0	0	334,58	27,88	28,74	1,03	83,06	0
1993-94	14,42	131,42	36,38	150,82	136,19	43,69	32,05	19,19	15,53	0	0	0	0	579,69	48,31	56,92	1,18	150,82	0
1994-95	233,11	72,75	229,34	165,68	2,88	69,53	16,08	22,07	0	0	0	0	0	811,44	67,62	90,65	1,34	233,11	0
1995-96	9,98	50,46	103,03	193,63	310,74	147,83	11,42	2,22	0	0	0	0	14,97	844,28	70,36	100,06	1,42	310,74	0
1996-97	91,49	17,52	230,45	62,99	30,94	212,37	89,72	24,62	0	0	0	0	0	760,1	63,34	81,08	1,28	230,45	0
1997-98	31,33	214,26	99,92	90,83	45,25	173,78	41,92	16,75	6,54	0	0	0	7,65	728,73	60,73	70,89	1,17	214,26	0
1998-99	4,88	222,24	212,26	100,59	158,37	142,73	60,11	0	0	0	0	0	1,77	902,95	75,25	88,27	1,17	222,24	0
1999-00	11,2	8,21	49,02	53,23	61,55	48,24	43,25	0,55	0	0	0	0	0	275,25	22,94	25,41	1,11	61,55	0
2000-01	75,19	31,94	98,81	80,51	91,38	0	103,36	2,44	0	0	0	0	0	483,63	40,3	45,19	1,12	103,36	0
Mean	37,79	86,11	113,71	99,63	98,59	87,77	34,84	11,89	3,15	0	1,44	4,94	0	579,88					
Standard deviation	55,12	70,42	67,27	72,66	77,5	62,54	30,54	10,83	6,24	0	6,45	16,09	0						
Variance coefficient	1,46	0,82	0,59	0,73	0,79	0,71	0,88	0,91	1,98	0	4,47	3,26	0						
Maximum value	233,11	222,24	242,21	304,2	310,74	212,37	103,36	33,6	18,41	0	28,83	71,53	0						
Minimum value	0	8,21	31,5	3,66	2,88	0	0	0	0	0	0	0	0						

**Αρδευτικές ανάγκες λεκάνης απορροής λιμνοδεξαμενής
Βαθέως**

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ (Με απώλειες νερού) σε m³

Συντελεστής απωλειών 1,05 X 1,05 1,10

ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος 37
Συνολική αρδευόμενη έκταση 300 στρ
Έκταση κηπευτικών
καλλιεργείων
Έκταση καλλιεργείων 300 στρ
σπυραφόρων

Διορθ. Συντελεστής 0,91 Μείωση απαιτ. λόγω μειωμ. διαβροχής 70/85 0,82

ΜΗΝΑΣ	Θερμοκρασία t	Ωρες ημέρας p	Εξατμισο- διαπνοή f	Βροχόπτωση Ωφέλιμη		Απαιτήσεις νερού καλλιεργείων /στρέμμα		Συνολικές απαιτήσεις νερού (m ³)							
				Πραγματικ ή R	R'	U	N	U	N	U	N	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΟΠΩΡΟΦΟΡΑ	ΣΥΝΟΛΟ	
ΙΑΝ	10,28	6,93	89,08	107,54	82,10	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒ	9,96	6,82	86,68	106,41	81,11	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡ	11,37	8,35	111,41	94,74	70,90	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙ	14,54	8,88	131,27	37,61	20,91	44,6	21,5	72,1	46,5	0	13.950	0	13.950	0	13.950
ΜΑΪ	18,29	9,87	162,81	12,83	0,00	107,4	97,5	81,4	73,9	0	22.166	0	22.166	0	22.166
ΙΟΥΝ	22,28	9,89	180,99	3,40	0,00	153,9	139,7	90,5	82,2	0	24.656	0	24.656	0	24.656
ΙΟΥΛ	24,23	10,05	192,82	0,00	0,00	96,5	87,6	96,5	87,6	0	26.275	0	26.275	0	26.275
ΑΥΓ	23,86	9,44	179,52	1,56	0,00	0,0	0,0	89,8	81,5	0	24.462	0	24.462	0	24.462
ΣΕΠ	21,75	8,38	151,32	5,33	0,00	0,0	0,0	90,8	82,5	0	24.736	0	24.736	0	24.736
ΟΚΤ	18,19	7,83	128,72	40,79	23,69	0,0	0,0	102,9	72,0	0	21.587	0	21.587	0	21.587
ΝΟΕ	14,16	6,87	100,43	92,95	69,33	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚ	11,63	6,73	90,57	122,73	95,39	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0
										ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ	0	0	157.830	0	157.830

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΗΣΟΥ ΚΑΛΥΜΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 1981-2001 (°C)

HYDROLOGIC YEAR	MONTH												Mean	Stdev	Var coef	Max	Min
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1981-82	20,57	13,45	13,85	11,31	8,87	11,31	14,72	18,23	23,11	23,89	23,79	22,42	17,13	5,5	0,32	23,89	8,87
1982-83	19,3	14,33	11,7	11,31	8,48	11,31	15,7	19,3	21,65	24,86	23,79	21,35	16,72	5,77	0,35	24,86	8,48
1983-84	17,55	14,72	12,87	11,89	11,7	11,89	14,04	19,4	22,33	24,76	23,4	22,72	17,23	5,08	0,29	24,76	11,41
1984-85	20,09	15,01	11,89	11,99	8,09	11,99	15,7	20,48	23,3	25,25	25,15	23,2	17,67	5,96	0,34	25,25	8,09
1985-86	17,16	16,48	12,97	11,89	11,6	12,77	16,87	19,11	23,5	25,25	24,86	22,82	17,94	5,13	0,29	25,25	11,6
1986-87	18,43	13,45	11,6	11,6	11,6	8,77	14,24	17,45	23,01	25,84	24,76	23,01	16,98	5,94	0,35	25,84	8,77
1987-88	18,04	14,24	11,51	11,51	10,24	11,31	14,92	19,5	23,69	27,2	25,35	23,01	17,54	6,1	0,35	27,2	10,24
1988-89	17,84	12,48	11,6	13,36	10,53	13,36	17,16	19,01	22,13	24,96	24,57	23,01	17,13	5,71	0,33	24,96	8,87
1989-90	17,65	14,43	12,09	13,26	10,73	13,26	15,89	19,3	22,91	25,06	24,38	22,23	17,29	5,45	0,32	25,06	9,56
1990-91	19,5	16,58	13,06	13,45	10,24	13,45	14,72	17,35	23,4	24,67	25,35	22,13	17,59	5,38	0,31	25,35	10,24
1991-92	19,21	14,92	8,87	10,92	7,99	10,92	14,53	18,23	22,91	24,76	25,15	22,42	16,63	6,36	0,38	25,15	7,99
1992-93	21,16	15,11	9,94	11,41	8,87	11,41	14,63	18,43	23,69	25,15	25,64	22,91	17,22	6,38	0,37	25,64	8,87
1993-94	20,86	14,53	13,26	12,48	11,11	12,48	16,58	20,38	23,4	24,96	26,81	25,25	18,46	5,81	0,31	26,81	11,11
1994-95	21,16	14,24	11,02	12,58	12,19	12,58	14,53	19,01	24,76	26,23	24,76	23,01	17,9	5,96	0,33	26,23	11,02
1995-96	17,65	12,38	12,68	10,43	10,92	10,43	14,04	20,28	23,69	24,76	24,67	21,84	16,94	5,86	0,35	24,76	9,94
1996-97	17,65	15,8	13,75	11,11	10,34	11,11	12,29	19,01	23,79	25,74	23,99	21,25	17,23	5,49	0,32	25,74	10,34
1997-98	18,04	15,99	12,58	10,24	12,09	10,24	16,09	18,52	24,28	25,64	26,13	23,01	17,82	5,78	0,32	26,13	10,24
1998-99	19,99	15,99	11,89	13,06	11,11	13,06	15,89	20,18	24,28	25,45	26,23	23,2	18,27	5,65	0,31	26,23	11,11
1999-00	20,38	15,89	13,85	11,41	10,14	11,41	16,09	20,09	23,99	27,2	25,45	23,2	18,01	6,28	0,35	27,2	8,48
2000-01	19,11	16,97	12,77	12,19	11,51	15,4	16,18	20,18	23,3	26,33	26,13	23,99	18,67	5,35	0,29	26,33	11,51
Mean	19,07	14,85	12,19	11,92	10,44	11,92	15,24	19,17	23,36	25,4	25,02	22,8	18,67	5,35	0,29	26,33	11,51
Standard deviation	1,34	1,29	1,27	1,44	1,32	1,44	1,18	0,93	0,75	0,84	0,9	0,88	18,67	5,35	0,29	26,33	11,51
Variance coefficient	0,07	0,09	0,1	0,12	0,13	0,12	0,08	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	18,67	5,35	0,29	26,33	11,51
Maximum value	21,16	16,97	13,85	12,19	12,19	15,4	17,16	20,48	24,76	27,2	26,81	25,25	18,67	5,35	0,29	26,33	11,51
Minimum value	17,16	12,38	8,87	8,77	7,99	8,77	12,29	17,35	21,65	23,89	23,4	21,25	18,67	5,35	0,29	26,33	11,51

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΑΘΕΩΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 1981-2001 (°C)

HYDROL. YEAR	MONTH												Mean	Stdev	Var coef	Max	Min
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1981-82	20,28	13,26	13,65	11,15	14,51	17,97	22,78	23,54	23,45	22,1	16,88	5,42	0,32	23,54	8,75		
1982-83	19,03	14,13	11,53	11,15	15,47	19,03	21,33	24,51	23,45	21,05	16,48	5,69	0,34	24,51	8,36		
1983-84	17,3	14,51	12,69	11,72	13,84	19,12	22,01	24,41	23,06	22,39	16,98	5,01	0,29	24,41	11,24		
1984-85	19,8	14,8	11,72	11,82	15,47	20,18	22,97	24,89	24,79	22,87	17,42	5,88	0,34	24,89	7,98		
1985-86	16,91	16,24	12,78	11,72	11,44	12,59	16,63	18,84	24,51	22,49	17,68	5,06	0,29	24,89	11,44		
1986-87	18,16	13,26	11,44	11,44	11,44	8,65	14,03	17,2	24,41	22,68	16,74	5,85	0,35	25,47	8,65		
1987-88	17,78	14,03	11,34	11,34	10,09	11,15	14,7	19,22	26,81	22,68	17,29	6,01	0,35	26,81	10,09		
1988-89	17,59	12,3	11,44	8,75	10,38	13,17	16,91	18,74	24,6	22,68	16,88	5,63	0,33	24,6	8,75		
1989-90	17,39	14,22	11,92	9,42	10,57	13,07	15,66	19,03	24,7	21,91	17,04	5,37	0,32	24,7	9,42		
1990-91	19,22	16,34	12,88	10,09	10,47	13,26	14,51	17,11	24,31	21,81	17,34	5,3	0,31	24,99	10,09		
1991-92	18,93	14,7	8,75	9,51	7,88	10,76	14,32	17,97	24,41	22,1	16,39	6,26	0,38	24,79	7,88		
1992-93	20,85	14,9	9,8	9,61	8,75	11,24	14,41	18,16	25,27	22,58	16,98	6,29	0,37	25,27	8,75		
1993-94	20,57	14,32	13,07	11,72	10,96	12,3	16,34	20,08	24,6	24,89	18,19	5,72	0,31	26,43	10,96		
1994-95	20,85	14,03	10,86	11,15	12,01	12,4	14,32	18,74	25,85	22,68	17,64	5,78	0,33	25,85	10,86		
1995-96	17,39	12,2	12,49	9,8	10,76	10,28	13,84	19,99	24,41	21,53	16,7	5,77	0,35	24,41	9,8		
1996-97	17,39	15,57	13,55	11,82	10,19	10,96	12,11	18,74	25,37	20,95	16,98	5,41	0,32	25,37	10,19		
1997-98	17,78	15,76	12,4	11,05	11,92	10,09	15,86	18,26	25,27	22,68	17,56	5,69	0,32	25,75	10,09		
1998-99	19,7	15,76	11,72	11,82	10,96	12,88	15,66	19,89	25,08	22,87	18,01	5,57	0,31	25,85	10,96		
1999-00	20,08	15,66	13,65	8,36	9,99	11,24	15,86	19,8	26,81	22,87	17,75	6,19	0,35	26,81	8,36		
2000-01	18,84	16,72	12,59	12,01	11,34	15,18	15,95	19,89	25,95	23,64	18,4	5,27	0,29	25,95	11,34		
Mean	18,79	14,64	12,01	10,62	10,29	11,75	15,02	18,9	25,03	22,47	16,4	5,27	0,29	25,95	11,34		
Standard deviation	1,32	1,27	1,25	1,2	1,3	1,42	1,16	0,92	0,83	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86		
Variance coefficient	0,07	0,09	0,1	0,11	0,13	0,12	0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
Maximum value	20,85	16,72	13,65	12,01	12,01	15,18	16,91	20,18	26,81	24,89	17,75	6,19	0,35	26,81	8,36		
Minimum value	16,91	12,2	8,75	8,36	7,88	8,65	12,11	17,11	23,54	23,06	18,4	5,27	0,29	25,95	11,34		

ΔΥΝ. ΕΞΑΤΜΟΔΙΑΠΝΟΗ ΝΗΣΟΥ ΚΑΛΥΜΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 1981-2001 (mm)

HYDROL. YEAR	MONTH												Sum	Mean	Stdev	Var coef	Max	Min
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1981-82	23,93	15,15	28,8	49,72	81,75	126,54	136,95	127,65	101,1	838,61	69,88	44,89	0,64	136,95	15,15			
1982-83	15,41	13,96	28,8	55,88	90,66	112,42	147,19	127,65	92,52	817,8	68,15	45,87	0,67	147,19	13,96			
1983-84	24,32	25,92	31,64	45,77	91,69	118,95	145,93	123,56	103,22	839,45	69,95	44,12	0,63	145,93	24,32			
1984-85	26,21	12,82	32,02	55,88	100,95	128,43	151,41	141,19	107,57	898,76	74,9	49,51	0,66	151,41	12,82			
1985-86	26,21	24,64	35,89	63,65	89,04	130,44	151,41	138,25	104,39	899,11	74,93	46,36	0,62	151,41	24,64			
1986-87	25,06	24,64	18,16	46,82	75,52	125,55	157,88	137,24	105,98	840,04	70	49,95	0,71	157,88	18,16			
1987-88	24,71	20,35	28,9	51,1	92,55	132,41	173,03	142,85	105,63	895,42	74,62	53,25	0,71	173,03	20,35			
1988-89	15,41	20,67	38,95	65,65	88,2	116,98	148,27	135,34	105,98	850,4	70,87	47,18	0,67	148,27	15,41			
1989-90	17,65	21,39	38,43	57,11	90,66	124,56	149,35	133,45	99,55	856,7	71,39	46,62	0,65	149,35	17,65			
1990-91	19,99	21,03	39,43	49,72	74,74	129,43	145,16	143,23	98,74	872,7	72,72	46,35	0,64	145,16	19,99			
1991-92	17,95	12,98	27,12	48,7	81,92	124,61	145,93	140,82	100,77	826,48	68,87	49,59	0,72	145,93	12,98			
1992-93	18,29	15,15	29,26	49,17	83,38	132,36	150,32	146,21	105,14	872,54	72,71	51,35	0,71	150,32	15,15			
1993-94	26,21	22,78	34,43	61,68	100,06	129,43	148,27	158,53	125,41	958,24	79,85	50,91	0,64	158,53	22,78			
1994-95	23,93	26,95	34,93	48,56	88,2	143,39	162,23	137,24	105,98	914,79	76,23	51,24	0,67	162,23	22,29			
1995-96	18,94	22,87	24,95	45,77	99,37	132,41	145,93	135,98	96,09	840,24	70,02	49,12	0,7	145,93	18,94			
1996-97	26,61	20	27,88	35,85	88,2	133,37	156,77	129,6	91,74	847,78	70,65	48	0,68	156,77	20			
1997-98	23,55	26,55	24,05	58,42	84,12	138,39	155,67	151,32	105,98	904,63	75,39	50,89	0,68	155,67	23,55			
1998-99	26,61	22,78	37,38	57,11	98,29	138,39	153,59	152,37	107,57	940,91	78,41	50,28	0,64	153,59	22,78			
1999-00	14,2	19,99	29,36	58,59	97,69	135,46	173,03	143,88	107,21	936,6	78,05	53,25	0,68	173,03	14,2			
2000-01	27,42	24,29	50,4	59,01	98,29	128,43	163,35	151,32	114,3	965,85	80,49	49,25	0,61	163,35	24,29			
Mean	22,13	20,75	32,04	53,21	89,76	129,1	153,08	139,88	104,24	880,85								
Standard deviation	4,39	4,52	7	7,29	7,88	7,47	9,21	9,2	7,36									
Variance coefficient	0,2	0,22	0,22	0,14	0,09	0,06	0,06	0,07	0,07									
Maximum value	27,42	26,95	50,4	65,65	100,95	143,39	173,03	158,53	125,41									
Minimum value	14,2	12,82	18,16	35,85	74,74	112,42	136,95	123,56	91,74									

ΔΥΝ. ΕΞΑΤΜΟΔΙΑΓΠΝΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΑΘΕΩΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΖΟΕΤΙΑ 1981-2001 (mm)

HYDROL. YEAR	MONTH												Sum	Mean	Stdev	Var coef	Max	Min
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1981-82	24,04	15,33	28,92	49,55	80,99	124,52	134,54	125,5	99,57	828,88	69,07	43,92	0,64	134,54	15,33			
1982-83	15,6	14,13	28,92	55,55	89,71	110,73	144,59	125,5	91,29	808,57	67,38	44,92	0,67	144,59	14,13			
1983-84	24,38	25,98	31,72	45,67	90,65	117,15	143,35	121,48	101,58	829,8	69,15	43,15	0,62	143,35	24,38			
1984-85	26,27	13,01	32,1	55,55	99,61	126,38	148,62	138,59	105,84	887,23	73,94	48,41	0,65	148,62	13,01			
1985-86	26,27	24,74	35,92	63,2	88,11	128,25	148,62	135,81	102,73	888,02	74	45,3	0,61	148,62	24,74			
1986-87	25,16	24,74	18,39	46,66	74,9	123,54	154,86	134,82	104,28	829,93	69,16	48,81	0,71	154,86	18,39			
1987-88	24,77	20,48	29,02	50,86	91,5	130,18	169,46	140,22	103,94	883,67	73,64	52	0,71	169,46	20,48			
1988-89	15,6	20,8	38,93	65,11	87,28	115,21	145,54	132,95	104,28	840,26	70,02	46,14	0,66	145,54	15,6			
1989-90	17,79	21,48	38,4	56,77	89,71	122,57	146,6	131	98,05	846,3	70,53	45,58	0,65	146,6	17,79			
1990-91	20,11	21,12	39,41	49,55	74,2	127,26	142,49	140,59	97,25	862,07	71,84	45,28	0,63	142,49	20,11			
1991-92	18,09	13,17	27,24	48,54	81,15	122,62	143,35	138,22	99,24	816,48	68,04	48,52	0,71	143,35	13,17			
1992-93	18,44	15,33	29,34	48,94	82,52	130,13	147,55	143,41	103,46	861,19	71,77	50,19	0,7	147,55	15,33			
1993-94	26,27	22,92	34,46	61,25	98,73	127,26	145,54	155,37	123,1	945,15	78,76	49,7	0,63	155,37	22,92			
1994-95	24,04	26,98	34,96	48,4	87,28	140,86	159	134,82	104,28	902,76	75,23	50,04	0,67	159	22,38			
1995-96	19,09	22,97	25,11	45,67	98,14	130,18	143,35	133,48	94,72	830,09	69,17	48,04	0,69	143,35	19,09			
1996-97	26,67	20,12	28,05	35,88	87,28	131,13	153,77	127,32	90,51	837,59	69,8	46,91	0,67	153,77	20,12			
1997-98	23,65	26,62	24,2	58,07	83,33	135,95	152,69	148,31	104,28	892,85	74,4	49,68	0,67	152,69	23,65			
1998-99	26,67	22,92	37,41	56,77	97,07	135,95	150,65	149,34	105,84	928,29	77,36	49,08	0,63	150,65	22,92			
1999-00	14,38	20,12	29,44	58,25	96,48	133,08	169,46	141,12	105,5	923,64	76,97	52	0,68	169,46	14,38			
2000-01	27,44	24,35	50,16	58,66	97,07	126,38	160,1	148,31	112,29	952,69	79,39	48,06	0,61	160,1	24,35			
Mean	22,24	20,87	32,1	52,94	88,79	126,97	150,21	137,31	102,6	869,77								
Standard deviation	4,35	4,48	6,91	7,15	7,66	7,24	8,9	8,9	7,12									
Variance coefficient	0,2	0,21	0,22	0,14	0,09	0,06	0,06	0,06	0,07									
Maximum value	27,44	26,98	50,16	65,11	99,61	140,86	169,46	155,37	123,1									
Minimum value	14,38	13,01	18,39	35,88	74,2	110,73	134,54	121,48	90,51									

ΕΠΙΦ. ΑΠΟΡΡΟΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΑΘΕΩΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 1981-2001 (mm)

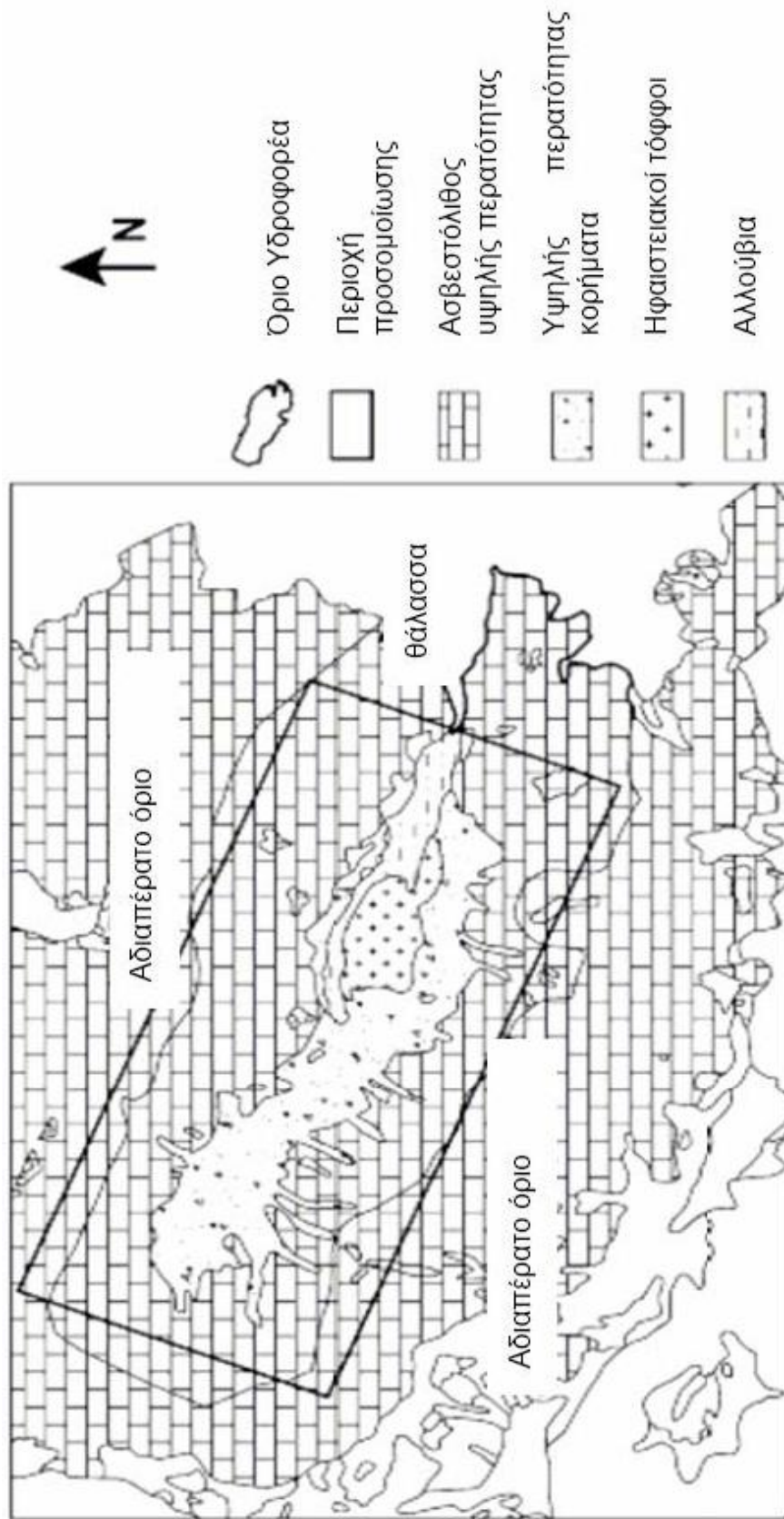
HYDROL. YEAR	MONTH												Sum	Mean	Stdev	Var coef	Max	Min	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
1981-82	0	47,69	42,72	40,47	117,61	27,5	0	0	0	0	0	0	0	275,99	23	35,65	1,55	117,61	0
1982-83	0	1,84	15,2	6,66	78,33	12,64	0	0	0	0	0	0	0	114,67	9,56	22,32	2,34	78,33	0
1983-84	0	0,15	1,97	201,77	84,33	89,02	3,1	0	0	0	0	0	0	380,34	31,7	63,03	1,99	201,77	0
1984-85	0	0,65	99,49	135,83	50,73	79,77	0	0	0	0	0	0	0	366,47	30,54	48,7	1,59	135,83	0
1985-86	0	0	0,91	2,56	156,21	0	0	0	0	0	0	0	0	159,68	13,31	45,01	3,38	156,21	0
1986-87	0	0	0,35	1,28	0,58	1,8	0	0	0	0	0	0	0	4,01	0,33	0,6	1,8	1,8	0
1987-88	0	2,94	12,38	13,24	73,75	94,05	0	0	0	0	0	0	0	196,36	16,36	32,2	1,97	94,05	0
1988-89	0	2,08	19,35	0,88	0	0,83	0	0	0	0	0	0	0	23,14	1,93	5,52	2,86	19,35	0
1989-90	1,1	8	0,14	0	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0	9,48	0,79	2,29	2,9	8	0
1990-91	0	0	3,41	0,25	0,6	0,11	0,15	0	0	0	0	0	0	4,52	0,38	0,97	2,58	3,41	0
1991-92	0	0	2,06	0	1,08	0,27	0	0	0	0	0	0	0	3,41	0,28	0,64	2,25	2,06	0
1992-93	0	0,09	0,91	1,74	1,19	0,43	0	0	0	0	0	0	0	4,36	0,36	0,59	1,63	1,74	0
1993-94	0	2,54	0,14	46,2	78,86	0,25	0	0	0	0	0	0	0	127,99	10,67	25,22	2,36	78,86	0
1994-95	19,94	2,23	172,55	107,23	0	0,93	0	0	0	0	0	0	0	302,88	25,24	55,62	2,2	172,55	0
1995-96	0	0,6	2,01	107,79	253,36	88,31	0	0	0	0	0	0	0	452,07	37,67	77,8	2,07	253,36	0
1996-97	0,84	0	76,6	1,91	0,29	129,92	19,43	0	0	0	0	0	0	228,99	19,08	41,3	2,16	129,92	0
1997-98	0	38,51	37,15	32,77	0,5	101,5	0	0	0	0	0	0	0	210,43	17,54	30,97	1,77	101,5	0
1998-99	0	45,82	152,21	39,51	101,04	70,91	0,09	0	0	0	0	0	0	409,58	34,13	50,53	1,48	152,21	0
1999-00	0	0	0,41	1,05	1,12	0,51	0	0	0	0	0	0	0	3,09	0,26	0,43	1,65	1,12	0
2000-01	0,15	0	1,88	1,43	13,64	0	1,21	0	0	0	0	0	0	18,31	1,53	3,88	2,54	13,64	0
Mean	1,1	7,66	32,09	37,13	50,67	34,94	1,2	0	0	0	0	0	0	164,79					
Standard deviation	4,44	15,86	52,37	56,83	68,42	45,68	4,35	0	0	0	0	0	0						
Variance coefficient	4,03	2,07	1,63	1,53	1,35	1,31	3,63												
Maximum value	19,94	47,69	172,55	201,77	253,36	129,92	19,43	0	0	0	0	0	0						
Minimum value	0	0	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						

ΠΡΑΓΜ. ΕΞΑΤΜΟΔΙΑΠΝΟΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΑΘΩΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 1981-2001 (mm)

HYDROL. YEAR	MONTH												Sum	Mean	Stddev	Var coef	Max	Min	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
1981-82	0	32,65	33,66	24,04	15,33	28,92	49,34	40,45	34,39	5,15	1,08	0,22	265,23	22,1	17,23	0,78	49,34	0	
1982-83	25,66	36,57	24,91	15,6	14,13	28,92	44,08	38,11	27,63	4,17	0,77	2,59	263,14	21,93	14,49	0,66	44,08	0,77	
1983-84	14,78	38,34	29,55	24,38	25,98	31,72	45,67	55,01	20,73	5,89	1,08	0,24	293,37	24,45	17,17	0,7	55,01	0,24	
1984-85	0,06	39,61	25,63	26,27	13,01	32,1	37,38	44,81	10,71	2,73	0,5	0,09	232,9	19,41	16,85	0,87	44,81	0,06	
1985-86	14,54	44,14	29,93	26,27	24,74	29,95	24,86	30,39	9,24	1,62	0,3	71,55	307,53	25,63	19,36	0,76	71,55	0,3	
1986-87	56,67	8,77	24,56	25,16	24,74	18,39	40,85	29,95	13,64	3,69	0,62	0,12	247,16	20,6	16,92	0,82	56,67	0,12	
1987-88	7,56	36,11	24,18	24,77	20,48	29,02	37,2	29,7	10,76	2,78	0,4	0,07	223,03	18,59	13,7	0,74	37,2	0,07	
1988-89	20,64	28,47	24,55	15,6	18,78	38,93	33,31	21,16	8,64	1,98	0,37	0,07	212,5	17,71	12,88	0,73	38,93	0,07	
1989-90	60,51	36,99	26,43	12,3	21,48	11,88	16,92	5,61	2,22	0,59	28,92	0,47	224,32	18,69	17,71	0,95	60,51	0,47	
1990-91	5,44	22,96	30,35	20,11	21,12	39,41	49,55	46,86	15,25	3,76	0,75	0,12	255,68	21,31	17,4	0,82	49,55	0,12	
1991-92	37,39	34,49	15,22	12,63	13,17	27,24	34,05	16,96	6,93	1,83	0,36	0,06	200,33	16,69	13,65	0,82	37,39	0,06	
1992-93	0,02	40,09	18,62	18,44	15,33	29,34	37,11	44,39	12,7	3,07	0,58	0,1	219,79	18,32	16,19	0,88	44,39	0,02	
1993-94	14,44	37,45	31,15	26,27	22,92	34,46	49,52	41,12	25,3	3,02	0,61	0,1	286,36	23,86	16,36	0,69	49,52	0,1	
1994-95	83,65	36,11	22,38	24,04	21,28	34,96	32,61	38,05	10,66	2,33	0,37	0,07	306,51	25,54	23,07	0,9	83,65	0,07	
1995-96	9,99	28,14	28,73	19,09	22,97	25,11	36,5	31,94	10,99	2,61	0,5	15,05	231,62	19,3	11,58	0,6	36,5	0,5	
1996-97	60,3	22,19	33,2	26,67	20,12	28,05	35,88	65,64	27,78	6,76	1,12	0,21	327,92	27,33	20,42	0,75	65,64	0,21	
1997-98	31,86	44,44	28,36	23,65	26,62	24,2	54,66	43,84	23,34	4,17	0,76	7,76	313,66	26,14	16,46	0,63	54,66	0,76	
1998-99	4,91	44,44	25,64	26,67	22,92	37,41	56,77	42,2	15,69	3,55	0,66	1,87	282,73	23,56	18,82	0,8	56,77	0,66	
1999-00	11,22	8,22	33,66	14,38	20,12	29,44	50,13	20,99	7,65	1,9	0,28	0,05	198,04	16,5	15,23	0,92	50,13	0,05	
2000-01	69,56	32,53	29,12	27,44	24,35	34,48	58,66	39,83	13,88	3,67	0,61	0,1	334,23	27,85	21,75	0,78	69,56	0,1	
Mean	26,46	32,64	26,99	21,69	20,48	29,7	41,25	36,35	15,41	3,26	2,03	5,05	261,3						
Standard deviation	25,97	10,36	4,81	5,17	4,26	6,61	10,72	13,63	8,4	1,49	6,33	16,07							
Variance coefficient	0,98	0,32	0,18	0,24	0,21	0,22	0,26	0,37	0,55	0,46	3,12	3,19							
Maximum value	83,65	44,44	33,66	27,44	26,62	39,41	58,66	65,64	34,39	6,76	28,92	71,55							
Minimum value	0	8,22	15,22	12,3	13,01	11,88	16,92	5,61	2,22	0,59	0,28	0,05							

ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΑΘΕΩΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 1981-2001 (mm)

HYDROL. YEAR	MONTH												Sum	Mean	Stdev	Var coef	Max	Min
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
1981-82	0	24,58	34,41	34,41	34,41	28,88	15,05	4,94	1,24	0,28	0,07	212,68	17,72	15,54	0,88	34,41	0	
1982-83	0,03	10,33	29,01	34,41	34,41	24,16	10,53	3,61	0,93	0,2	0,05	182,08	15,17	14,91	0,98	34,41	0,03	
1983-84	0,02	0,86	12,29	33,77	34,41	34,41	19,67	5,77	1,32	0,29	0,08	177,3	14,78	15,51	1,05	34,41	0,02	
1984-85	0,02	3,65	29,32	34,41	34,41	22,58	9,17	2,75	0,59	0,12	0,03	171,46	14,29	15,31	1,07	34,41	0,02	
1985-86	0,01	0,01	5,11	21,86	34,41	25,88	5,2	1,62	0,35	0,07	0,02	107,34	8,94	12,03	1,34	34,41	0,01	
1986-87	0,01	0,01	1,95	10,04	15,89	24,08	23	11,43	0,76	0,15	0,04	90,95	7,58	9,15	1,21	24,08	0,01	
1987-88	0,01	16,52	33	34,41	34,41	23,6	9,57	2,68	0,52	0,09	0,02	189,24	15,77	15,33	0,97	34,41	0,01	
1988-89	0,01	11,69	30,32	33,96	27,14	23,63	15,74	6,12	0,44	0,09	0,02	151,05	12,59	13,11	1,04	33,96	0,01	
1989-90	6,18	25,12	29,82	20,9	15,72	10,46	5,2	2,07	0,13	0,03	0,01	116,23	9,69	10,69	1,1	29,82	0,01	
1990-91	0	0	19,11	29,41	25,87	22	17,37	11,04	0,85	0,17	0,04	129,75	10,81	11,36	1,05	29,41	0	
1991-92	0,02	0,01	11,57	16,16	17,36	18,68	13,22	6,13	0,41	0,08	0,02	85,5	7,13	7,7	1,08	18,68	0,01	
1992-93	0,01	0,5	5,83	17,8	26,85	26,9	18,91	9,63	0,67	0,13	0,03	110,43	9,2	10,62	1,15	26,9	0,01	
1993-94	0,01	14,23	21,65	31,45	34,41	30,45	20,32	9,15	0,67	0,13	0,03	165,36	13,78	13,48	0,98	34,41	0,01	
1994-95	22	34,41	34,41	34,41	25,98	22,3	17,34	8,19	0,47	0,09	0,02	202,06	16,84	14,08	0,84	34,41	0,02	
1995-96	0,01	3,38	16,21	33,63	34,41	34,41	24,81	10,21	0,59	0,12	0,03	160,55	13,38	14,63	1,09	34,41	0,01	
1996-97	4,74	6,15	27,93	34,41	30,69	34,23	34,41	21,9	1,41	0,29	0,08	203,11	16,93	14,81	0,88	34,41	0,08	
1997-98	0,03	23,82	34,41	34,41	31,88	34,33	26,95	13,59	0,88	0,16	0,04	204,71	17,06	15,28	0,9	34,41	0,03	
1998-99	0,01	24,45	34,41	34,41	34,41	29,56	14,31	3,73	0,76	0,14	0,03	210,63	17,55	15,75	0,9	34,41	0,01	
1999-00	0,01	0	2,33	9,29	17,38	20,15	15,67	7,02	0,36	0,06	0,01	74,14	6,18	7,63	1,23	20,15	0	
2000-01	0,86	1,16	11,33	24,07	32,77	23,12	20,26	13,03	0,73	0,13	0,03	131,06	10,92	11,6	1,06	32,77	0,03	
Mean	1,7	10,04	21,22	27,88	28,86	27,85	21,46	10,65	3,23	0,7	0,14	153,78						
Standard deviation	5,07	11,12	11,89	8,78	7,01	7,11	7,36	4,74	1,48	0,33	0,07							
Variance coefficient	2,98	1,11	0,56	0,31	0,24	0,26	0,34	0,44	0,46	0,47	0,53							
Maximum value	22	34,41	34,41	34,41	34,41	34,41	34,41	21,9	6,87	1,41	0,29							
Minimum value	0	0	1,95	9,29	15,72	10,46	5,2	2,07	0,59	0,13	0,03							



Σχήμα Α-1: Χαρακτηριστικά υδροφορέα Βαθέως, πηγή Μαντόγλου et al, (2004)

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ
2001	95.121	85.916	105.690	102.281	105.690	112.509	116.259	116.259	102.281	105.690	102.281	95.121	1.245.095
2002	95.596	86.345	106.218	102.792	106.218	113.071	116.840	116.840	102.792	106.218	102.792	95.596	1.251.320
2003	96.074	86.777	106.749	103.306	106.749	113.636	117.424	117.424	103.306	106.749	103.306	96.074	1.257.577
2004	96.555	87.211	107.283	103.822	107.283	114.205	118.011	118.011	103.822	107.283	103.822	96.555	1.263.865
2005	97.038	87.647	107.820	104.342	107.820	114.776	118.602	118.602	104.342	107.820	104.342	97.038	1.270.184
2006	97.523	88.085	108.359	104.863	108.359	115.350	119.195	119.195	104.863	108.359	104.863	97.523	1.276.535
2007	97.660	88.209	108.512	105.011	108.512	115.512	119.363	119.363	105.011	108.512	105.011	97.660	1.278.336
2008	97.797	88.333	108.663	105.158	108.663	115.674	119.530	119.530	105.158	108.663	105.158	97.797	1.280.123
2009	97.932	88.455	108.814	105.304	108.814	115.834	119.695	119.695	105.304	108.814	105.304	97.932	1.281.895
2010	98.067	88.576	108.963	105.448	108.963	115.993	119.859	119.859	105.448	108.963	105.448	98.067	1.283.654
2011	98.200	88.697	109.111	105.591	109.111	116.150	120.022	120.022	105.591	109.111	105.591	98.200	1.285.398
2012	98.332	88.816	109.258	105.733	109.258	116.307	120.184	120.184	105.733	109.258	105.733	98.332	1.287.127
2013	98.463	88.934	109.403	105.874	109.403	116.462	120.344	120.344	105.874	109.403	105.874	98.463	1.288.842
2014	98.593	89.052	109.548	106.014	109.548	116.615	120.502	120.502	106.014	109.548	106.014	98.593	1.290.542
2015	98.722	89.168	109.691	106.152	109.691	116.767	120.660	120.660	106.152	109.691	106.152	98.722	1.292.226
2016	98.849	89.283	109.832	106.289	109.832	116.918	120.815	120.815	106.289	109.832	106.289	98.849	1.293.895
2017	98.975	89.397	109.973	106.425	109.973	117.068	120.970	120.970	106.425	109.973	106.425	98.975	1.295.548
2018	99.100	89.510	110.112	106.560	110.112	117.216	121.123	121.123	106.560	110.112	106.560	99.100	1.297.186
2019	99.224	89.622	110.249	106.693	110.249	117.362	121.274	121.274	106.693	110.249	106.693	99.224	1.298.807
2020	99.347	89.733	110.386	106.825	110.386	117.507	121.424	121.424	106.825	110.386	106.825	99.347	1.300.412

Εκτίμηση υδατικών αναγκών (μ³) του μόνιμου πληθυσμού της νήσου Καλύμνου έως το έτος 2020

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ
2001	152	184	244	252	2.695	3.690	4.509	5.009	3.434	1.335	178	176	21.858
2002	160	194	256	265	2.830	3.874	4.734	5.260	3.606	1.402	186	185	22.951
2003	168	203	269	278	2.971	4.068	4.971	5.522	3.786	1.472	196	194	24.099
2004	176	213	283	292	3.120	4.271	5.219	5.799	3.975	1.546	205	204	25.304
2005	185	224	297	307	3.276	4.485	5.480	6.089	4.174	1.623	216	214	26.569
2006	194	235	311	322	3.439	4.709	5.754	6.393	4.383	1.704	227	225	27.897
2007	203	246	326	337	3.597	4.926	6.019	6.687	4.584	1.783	237	235	29.180
2008	213	257	341	352	3.763	5.152	6.295	6.994	4.795	1.864	248	246	30.520
2009	222	269	356	369	3.936	5.389	6.585	7.315	5.015	1.950	259	257	31.922
2010	233	282	373	386	4.116	5.636	6.887	7.651	5.245	2.040	271	269	33.388
2011	243	295	390	403	4.305	5.895	7.203	8.002	5.486	2.133	284	281	34.920
2012	254	308	408	422	4.503	6.165	7.533	8.369	5.738	2.231	297	294	36.523
2013	266	322	426	441	4.709	6.448	7.879	8.753	6.001	2.334	310	308	38.198
2014	278	337	446	461	4.925	6.743	8.240	9.155	6.276	2.440	324	322	39.949
2015	291	352	466	482	5.151	7.053	8.618	9.574	6.564	2.552	339	337	41.780
2016	304	369	488	505	5.387	7.376	9.013	10.013	6.865	2.669	355	352	43.694
2017	318	385	510	528	5.634	7.713	9.426	10.472	7.179	2.792	371	368	45.695
2018	333	403	534	552	5.891	8.067	9.857	10.951	7.508	2.919	388	385	47.788
2019	348	421	558	577	6.161	8.436	10.308	11.452	7.851	3.053	406	403	49.975
2020	364	441	583	603	6.443	8.822	10.780	11.976	8.210	3.193	424	421	52.261

Εκτίμηση υδατικών αναγκών (μ³) του εποχιακού πληθυσμού της νήσου Καλύμνου έως το έτος 2020

ΕΤΟΣ	Ν. ΚΑΛΥΜΝΟΣ	ΚΑΛΥΜΝΟΣ	ΑΡΓΟΣ	ΒΛΥΧΑΔΙΑ	ΒΟΘΥΝΟΣ	ΧΩΡΙΟΝ	ΑΡΓΙΝΩΝΤΑΣ	ΕΜΠΟΡΕΙΟΣ	ΣΚΑΛΙΑ	ΒΑΘΥΣ	ΚΑΜΑΡΙΟΝ	ΜΥΡΤΕΑΙ	ΠΑΝΟΡΜΟΣ
2001	16235	10149	159	36	185	3311	18	69	29	577	87	203	1412
2002	16316	10200	160	36	186	3328	18	69	29	580	87	204	1419
2003	16398	10251	161	36	187	3344	18	70	29	583	88	205	1426
2004	16480	10302	161	37	188	3361	18	70	29	586	88	206	1433
2005	16562	10354	162	37	189	3378	18	70	30	589	89	207	1440
2006	16645	10405	163	37	190	3395	18	71	30	592	89	208	1448
2007	16728	10457	164	37	191	3412	19	71	30	595	90	209	1455
2008	16812	10510	165	37	192	3429	19	71	30	598	90	210	1462
2009	16896	10562	165	37	193	3446	19	72	30	600	91	211	1469
2010	16980	10615	166	38	193	3463	19	72	30	603	91	212	1477
2011	17065	10668	167	38	194	3480	19	73	30	607	91	213	1484
2012	17151	10721	168	38	195	3498	19	73	31	610	92	214	1492
2013	17236	10775	169	38	196	3515	19	73	31	613	92	216	1499
2014	17323	10829	170	38	197	3533	19	74	31	616	93	217	1507
2015	17409	10883	170	39	198	3550	19	74	31	619	93	218	1514
2016	17496	10937	171	39	199	3568	19	74	31	622	94	219	1522
2017	17584	10992	172	39	200	3586	19	75	31	625	94	220	1529
2018	17672	11047	173	39	201	3604	20	75	32	628	95	221	1537
2019	17760	11102	174	39	202	3622	20	75	32	631	95	222	1545
2020	17849	11158	175	40	203	3640	20	76	32	634	96	223	1552

Εκτίμηση εξέλιξης μόνιμου πληθυσμού της νήσου Καλύμνου (συγκεντρωτικά και κατά οικισμό)

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ
2001	3.381	3.053	3.756	3.635	3.756	3.999	4.132	4.132	3.635	3.756	3.635	3.381	44.251
2002	3.398	3.069	3.775	3.653	3.775	4.019	4.153	4.153	3.653	3.775	3.653	3.398	44.473
2003	3.415	3.084	3.794	3.672	3.794	4.039	4.173	4.173	3.672	3.794	3.672	3.415	44.695
2004	3.432	3.100	3.813	3.690	3.813	4.059	4.194	4.194	3.690	3.813	3.690	3.432	44.918
2005	3.449	3.115	3.832	3.708	3.832	4.079	4.215	4.215	3.708	3.832	3.708	3.449	45.143
2006	3.466	3.131	3.851	3.727	3.851	4.100	4.236	4.236	3.727	3.851	3.727	3.466	45.369
2007	3.471	3.135	3.857	3.732	3.857	4.105	4.242	4.242	3.732	3.857	3.732	3.471	45.433
2008	3.476	3.139	3.862	3.737	3.862	4.111	4.248	4.248	3.737	3.862	3.737	3.476	45.496
2009	3.481	3.144	3.867	3.743	3.867	4.117	4.254	4.254	3.743	3.867	3.743	3.481	45.559
2010	3.485	3.148	3.873	3.748	3.873	4.122	4.260	4.260	3.748	3.873	3.748	3.485	45.622
2011	3.490	3.152	3.878	3.753	3.878	4.128	4.266	4.266	3.753	3.878	3.753	3.490	45.684
2012	3.495	3.157	3.883	3.758	3.883	4.134	4.271	4.271	3.758	3.883	3.758	3.495	45.745
2013	3.499	3.161	3.888	3.763	3.888	4.139	4.277	4.277	3.763	3.888	3.763	3.499	45.806
2014	3.504	3.165	3.893	3.768	3.893	4.145	4.283	4.283	3.768	3.893	3.768	3.504	45.866
2015	3.509	3.169	3.898	3.773	3.898	4.150	4.288	4.288	3.773	3.898	3.773	3.509	45.926
2016	3.513	3.173	3.903	3.778	3.903	4.155	4.294	4.294	3.778	3.903	3.778	3.513	45.986
2017	3.518	3.177	3.908	3.782	3.908	4.161	4.299	4.299	3.782	3.908	3.782	3.518	46.044
2018	3.522	3.181	3.913	3.787	3.913	4.166	4.305	4.305	3.787	3.913	3.787	3.522	46.103
2019	3.526	3.185	3.918	3.792	3.918	4.171	4.310	4.310	3.792	3.918	3.792	3.526	46.160
2020	3.531	3.189	3.923	3.797	3.923	4.176	4.315	4.315	3.797	3.923	3.797	3.531	46.217

Εκτίμηση υδατικών αναγκών (μ³) του οικισμού Βαθέως έως το έτος 2020

Πίνακας 1. Αποτελέσματα των διαχειριστικών πολιτικών 1-2-3 για τις λειψάνες απορροής των οποίων οι ανάγκες δεν καλύπτονται πλήρως

	Διαχειριστική Πολιτική 1					Διαχειριστική Πολιτική 2					Διαχειριστική Πολιτική 3						
	(1)	(3)	(4)	(6)	(7)	(3)	(4)	(6)	(7)	(3)	(4)	(6)	(7)	(3)	(4)	(6)	(7)
	(2)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
Υδροεση	1.167	28.5%	0.248	78.8%	0.1%	0.001	99.9%	3.5%	0.028	97.6%							
Καλύμνου	1.219		0.319	72.7%		0.004	99.7%		0.047	96.0%							
Υδροεση	0.052	0.0%	0.000	100%	0.0%	0.000	100%	1.5%	0.001	98.1%							
Βαθός	0.055		0.000	100%		0.000	100%		0.001	98.1%							
Υδροεση	0.156	8.4%	0.009	94.2%	0.1%	0.000	100%	2.5%	0.003	98.1%							
Πανόρμου	0.166		0.014	91.0%		0.000	100%		0.006	96.2%							
Βιομηχ.	0.032	28.9%	0.009	72.2%	0.1%	0.000	100%	3.6%	0.001	96.9%							
Καλύμνου	0.032		0.011	66.0%		0.000	100%		0.002	93.8%							
Άρδεση	0.029	38.3%	0.011	62.1%	0.1%	0.000	100%	4.8%	0.001	96.6%							
Καλύμνου	0.029		0.014	51.8%		0.000	100%		0.002	93.1%							
Άρδεση	0.396	0.0%	0.000	100%	0.0%	0.000	100%	2.5%	0.012	97.0%							
Βαθός	0.396		0.000	100%		0.000	100%		0.021	94.5%							
Άρδεση	0.166	0.0%	0.000	100%	0.0%	0.000	100%	1.6%	0.002	98.8%							
Βαθός	0.166		0.000	100%		0.000	100%		0.005	97.0%							
Δ/Δ																	
Άρδεση	0.060	13.7%	0.005	91.6%	0.1%	0.000	100%	4.4%	0.002	96.6%							
Πανόρμου	0.060		0.009	84.9%		0.000	100%		0.003	95.0%							
Ετήσιο			Μέσο: 0.282 hm³			Μέσο: 0.001 hm³			Μέσο: 0.050 hm³								
Έλλειμμα			Μέγιστο:0.367 hm³			Μέγιστο:0.004 hm³			Μέγιστο:0.087 hm³								

(1)/(2):Μέσες/μέγιστες ετήσιες ανάγκες σε hm³ (3):Μέση μηνιαία ασοχία για κάλυψη 100% των αναγκών (4)/(5):Μέσο/Μέγιστο ετήσιο έλλειμμα σε hm³ (6)/(7):Ποσοστό κάλυψης μέσων/μέγιστων ετήσιων αναγκών.

ΜΗΝΑΣ	1996		1995		2001-2020	
	ΔΙΑΝΥΚΤ/ΣΕΙΣ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΔΙΑΝΥΚΤ/ΣΕΙΣ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ
ΙΑΝ	647	1,0%	413	0,4%		0,7%
ΦΕΒ	797	1,2%	480	0,5%		0,8%
ΜΑΡ	1163	1,8%	475	0,5%		1,1%
ΑΠΡ	1090	1,6%	659	0,7%		1,2%
ΜΑΪ	8051	12,1%	12363	12,5%		12,3%
ΙΟΥΝ	9376	14,1%	19375	19,6%		16,9%
ΙΟΥΛ	13810	20,8%	20180	20,5%		20,6%
ΑΥΓ	15116	22,8%	22756	23,1%		22,9%
ΣΕΠ	10931	16,5%	14757	15,0%		15,7%
ΟΚΤ	4380	6,6%	5546	5,6%		6,1%
ΝΟΕ	536	0,8%	806	0,8%		0,8%
ΔΕΚ	507	0,8%	837	0,8%		0,8%
ΕΤΟΣ	66404	100%	98647	100%		100%

Πίνακας 6.1: Εκτίμηση ποσοστού μηνιαίας κατανομής των διανυκτερεύσεων για τα έτη 2001-2020 ως ο μέσος όρος των ετών 1995 και 1996

ΛΕΚΑΝΗ	ΥΦΟΜΕΤΡΟ (m)	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΡΡΟΗ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΞΑΤΜΟΔΙΑΠΝΟΗ
ΑΡΓΙΝΟΝΤΑΣ	267,3	5,22	556,6 3,11 100%	100 0,84 25,3%	171,8 11,80 28,3%	264,8 1,31 41,4%
ΠΑΣΟΥΣ	234,2	21,02	579,9 12,19 100%	164,8 3,40 25,4%	153,11 3,23 25,5%	281,3 5,49 45,1%
ΠΟΘΥΝΟΣ	132	7,311	528,1 3,90 100%	124,7 0,92 23,0%	149,1 1,10 26,2%	254,3 1,88 45,2%
ΔΙΛΠΕΡΙ	142,5	4,38	533,3 2,34 100%	173,8 0,76 32,6%	86,5 1,38 15,2%	273,2 1,21 51,2%
ΑΓΓΑΚΙΟ	202,7	9,89	551,7 5,46 100%	108,1 1,05 19,2%	211 2,01 37,4%	244,8 2,37 43,4%
ΛΙΜΝΟΧΕΙΛΟΣ	142,8	6,74	533,3 3,50 100%	187,5 1,20 35,2%	56,2 0,38 10,5%	280,5 1,05 51,3%
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	242,1	13,17	584,1 7,68 100%	160,9 2,12 27,5%	150,1 2,11 27,4%	263,1 3,47 45,0%
ΚΑΡΔΑΜΟΣ	221,2	5,78	573 3,31 100%	141,5 0,83 25,0%	111 1,05 31,5%	241,5 1,44 43,4%
ΜΑΣΟΥΡΙ	197,4	4,47	551,1 2,51 100%	155 0,60 27,0%	140,7 0,63 25,1%	265,4 1,19 47,3%
ΠΑΛΙΟΝΗΣΟΣ	130,2	8,83	530,3 4,68 100%	145 1,28 27,3%	119 1,05 22,4%	266,3 2,35 50,2%
ΓΑΝΩΡΜΟΣ	195,8	7,12	550,5 3,90 100%	205,3 1,40 36,6%	66,7 0,47 11,5%	281,5 2,05 51,5%
ΤΡΑΧΥΛΟΣ	170,8	6,97	547,5 3,82 100%	128,7 0,90 23,3%	167,7 1,17 30,8%	251,4 1,75 45,8%
ΧΑΛΙ	143,8	10,03	531,9 5,34 100%	118,2 1,17 21,8%	175,4 1,76 32,0%	241,8 2,43 45,3%
ΣΥΝΟΛΟ ΝΗΣΟΥ	193,3	110,8	559 61,56 100%	151 16,74 27,0%	127 16,27 26,3%	261 28,94 48,7%

Υδρολογικό ισοζύγιο ανά λεκάνη απορροής