

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στα μέλη της τριμελούς επιτροπής μου, στο Λέκτορα Κ.Λουπασάκη, στον Επ. Καθηγητή Δ.Ρόζο και στην Αναπλ. Καθηγήτρια Θ.Ροντογιάννη.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον συνταξιούχο Επίκουρο Καθηγητή Ι.Κυρούση , που ήταν εκείνος που μου ανέθεσε το θέμα της διπλωματικής αυτής όπως και στην Ελένη Βασιλείου Δρ. Μηχανικό Μεταλλείων, για τη βοήθεια που μου προσέφερε στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Επίσης ευχαριστίες οφείλω και στους κυρίους Π. Ηλία, Κ. Παντούλα και Π. Σκλαβούνο της ΕΥΔΑΠ που χωρίς τη σημαντική προσφορά τους δεν θα ήταν δυνατή η εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	12
2.	Γενικές πληροφορίες για τα φράγματα	16
2.1	Σημασία της κατασκευής φραγμάτων	17
2.2	Ταξινόμηση φραγμάτων	18
2.3	Τύποι φραγμάτων	21
2.3.1	Άκαμπτα φράγματα	22
2.3.2	Εύκαμπτα φράγματα	25
3.	Μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής του Κηφισού και της περιοχής των έργων	29
3.1	Μορφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής	29
3.1.1	Ενδιαφέροντα οικοσυστήματα στην περιοχή της Πάρνηθας	30
3.1.2	Χλωρίδα στις περιοχές της Πάρνηθας και της Πεντέλης	30
3.1.3	Περιβαλλοντική σημασία της Πάρνηθας	31
3.2	Μορφολογία στην περιοχή του ποταμού Κηφισού	32
3.3	Μορφολογία στην περιοχή του φράγματος και της λεκάνης κατάκλυσης	32
4.	Χαρακτηριστικά της Υδρολογικής Λεκάνης και Μετεωρολογικά στοιχεία	34
4.1	Λεκάνη απορροής	34
4.1.1	Ευρύτερη λεκάνη απορροής	34
4.1.2	Υπολεκάνη ρέματος Φασίδερι	36
4.2	Μαθηματική προσομοίωση της λεκάνης απορροής	36
4.2.1	Διάρκεια Βροχόπτωσης- Υετόγραμμα	37
4.2.2	Πλημμυρικά Υδρογραφήματα	38
4.2.2.1	Υδρολογικές Απώλειες	41
4.2.2.2	Διόδευση Υδρογραφημάτων	45

4.3	Μετεωρολογικά στοιχεία	46
4.3.1	Κλίμα	48
5.	Γεωλογική δομή στον 4^ο κλάδο του ποταμού Κηφισού (Ρέμα Φασίδερι)	49
5.1	Γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής	49
5.1.1	Γεωτεκτονικό Πλαίσιο	49
5.1.2	Λιθοστρωματογραφικές ενότητες που συναντώνται στη στενή περιοχή ενδιαφέροντος	53
5.2	Γεωλογία στην περιοχή του φράγματος ΦΚ-4	54
6.	Σεισμικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής	63
7.	Προκαταρκτική μελέτη φράγματος ΦΚ-4 (Ρέμα Φασίδερι)	65
7.1	Έλεγχος ευαισθησίας των παραδοχών του μαθηματικού ομοιώματος της λεκάνης του ποταμού Κηφισού ανάντη Κόκκινου Μύλου	65
7.2	Το προτεινόμενο φράγμα ΦΚ-4	79
7.2.1	Η συμβολή του ΦΚ-4	83
7.3	Υλικά κατασκευή του ΦΚ-4	85
7.4	Συναφή έργα	87
8.	Παλιό Υδραγωγείο Κηφισού	89
9	Προτάσεις μελέτης	93
9.1	Συνοπτικές προτάσεις της μελέτης της ΕΥΔΑΠ σχετικά με το φράγμα	93
9.2	Συμπεράσματα	94
	Ελληνική βιβλιογραφία	96
	Ξένα Βιβλιογραφία	97

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1	Τοπογραφικός Χάρτης, κλ.1:50.000, της περιοχής μελέτης	12
Σχήμα 1.2	Χάρτης της περιοχής του προτεινόμενου φράγματος ΦΚ-4	15
Σχήμα 2.1	Μικτό φράγμα: α) βαρύτητας, β) αντηριδωτό, γ) λιθόρριπτο	22
Σχήμα 2.2	Σχηματική τομή φράγματος βαρύτητας	23
Σχήμα 2.3	Αντηριδωτά φράγματα απλής πλάκας και πολυτοξωτής κατασκευής	24
Σχήμα 2.4	Εγκάρσια τομή του τοξωτού φράγματος Πλαστήρα	26
Σχήμα 3.1	Δορυφορική εικόνα της Πάρνηθας	30
Σχήμα 3.2	Δορυφορική εικόνα του ΦΚ-4	33
Σχήμα 4.1	Χάρτης της Λεκάνης Απορροής και του Υδρογραφικού Δίκτυου του Κηφισού Ποταμού	34
Σχήμα 4.2	Τιμές του CN συναρτήσει του ύψους και του περισσεύματος βροχής	45
Σχήμα 4.3	Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας στο σταθμό Τατοΐου για την περίοδο 1956-1997	47
Σχήμα 4.4	Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για την περίοδο 1956-1997 στο σταθμό Τατοΐου	47
Σχήμα 5.1	Γεωλογικός – Τεκτονικός χάρτης της Αττικής	50
Σχήμα 5.2	Απλουστευμένη και ενδεικτική στήλη των μεταλλικών ιζημάτων που συναντώνται στην περιοχή του έργου	54
Σχήμα 5.3	Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής του ΦΚ-4	55
Σχήμα 5.4.	Στρωματογραφική – Τεκτονική στήλη της περιοχής του ΦΚ-4	56
Σχήμα 5.5	Η τομή του φράγματος ΦΚ-4	57
Σχήμα 6.1	Χάρτες χωρικής κατανομής σεισμικών επικέντρων στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, για την περίοδο 1950-2007	63

Σχήμα 6.2	Χάρτες χωρικής κατανομής σεισμικών επικέντρων στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, για την περίοδο 2001-2007	64
Σχήμα 7.1	Χάρτης των ρεμάτων, κλ. 1:5.000	66
Σχήμα 7.2	Σχηματική διατομή φράγματος	81
Σχήμα 7.3	Υδρογράφημα στον κόμβο SK-33 για T=20 και 6ωρη βροχόπτωση	82
Σχήμα 7.4	Υδρογράφημα στον κόμβο SK-33 για T=50 και 6ωρη βροχόπτωση	82
Σχήμα 7.5	Υδρογράφημα στον κόμβο SK-33 για T=50 και 12ωρη βροχόπτωση	83

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 4.1	Τιμές CN που προσαρμόζονται καλύτερα στις ελληνικές συνθήκες	43
Πίνακας 4.2	Συνοπτικά μηνιαία στοιχεία για: α)την θερμοκρασία αέρα, β)την ατμοσφαιρική πίεση, γ)τη σχετική υγρασία, δ)τη νέφωση, ε)τις βροχοπτώσεις	46
Πίνακας 7.1	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN κατά απόλυτη τιμή σε συμβολή με τον κλάδο 1 του Κηφισού και το ρέμα της Περγουλέζας	67
Πίνακας 7.2	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN κατά απόλυτη τιμή σε συμβολή με το ρέμα Κόντιπας και Χελιδονούς	68
Πίνακας 7.3	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN κατά απόλυτη τιμή σε συμβολή με το ρέμα Πύρνας και Αχαρνών	68
Πίνακας 7.4	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN σε συμβολή με τον κλάδο 1 του Κηφισού και το ρέμα της Περγουλέζας	69
Πίνακας 7.5	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN σε συμβολή με το ρέμα Κόντιπας και Χελιδονούς	69
Πίνακας 7.6	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN σε συμβολή με το ρέμα Πύρνας και Αχαρνών	70
Πίνακας 7.7	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των τιμών της κατά μήκος κλίσης S σε συμβολή με τον κλάδο 1 του Κηφισού και το ρέμα της Περγουλέζας	71

Πίνακας 7.8	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των τιμών της κατά μήκος κλίσης S σε συμβολή με το ρέμα Κόντιπας και Χελιδονούς	71
Πίνακας 7.9	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των τιμών της κατά μήκος κλίσης S σε συμβολή με το ρέμα Πύρνας και Αχαρνών	71
Πίνακας 7.10	Τιμές συντελεστών n (Manning)	73
Πίνακας 7.11	Τιμές συντελεστών n (Manning) κατά Robert Horton	73
Πίνακας 7.12	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των συντελεστών n Manning σε συμβολή με τον κλάδο 1 του Κηφισού και το ρέμα της Περγουλέζας	77
Πίνακας 7.13	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των συντελεστών n Manning σε συμβολή Κόντιπας και Χελιδονούς	77
Πίνακας 7.14	Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των συντελεστών n Manning σε συμβολή με το ρέμα Πύρνας και Αχαρνών	78
Πίνακας 7.15	Πίνακας διαστάσεων φράγματος ΦΚ-4	79
Πίνακας 7.16	Ανάσχεση πλημμύρας στις θέσεις των φραγματων Β' φασης για T=50 και διάρκεια βροχόπτωσης 6h	83
Πίνακας 7.17	Ανάσχεση πλημμύρας στις θέσεις των φραγματων Β' φασης για T=50 και διάρκεια βροχόπτωσης 12h	84
Πίνακας 7.18	Εκτίμηση του όγκου φερτών που κατακρατείται στα έργα στο χρονικό ορίζοντα 25ετίας	85

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Φωτογραφία 5.1	Θέση φράγματος ΦΚ-4. Μερική άποψη του αριστερού αντερείσματος	58
Φωτογραφία 5.2	Θέση φράγματος ΦΚ-4. Γενική άποψη του αριστερού αντερείσματος	59
Φωτογραφία 5.3	Μακρινή εικόνα από τη περιοχή του φράγματος ΦΚ-4	59
Φωτογραφία 5.4	Θέση φράγματος ΦΚ-4. Μερική άποψη του δεξιού αντερείσματος	60
Φωτογραφία 5.5	Θέση φράγματος ΦΚ-4. Γενική άποψη του δεξιού αντερείσματος	60
Φωτογραφία 5.6	Το ανατολικό μέρος του δεξιού αντερείσματος	61
Φωτογραφία 5.7	Κοντινό μέρος του δεξιού αντερείσματος	61
Φωτογραφία 5.8	Το χαμηλότερο τμήμα του πρανούς δομείται από αργιλοϊλυώδη υλικά ερυθρού χρώματος με ενστρώσεις άμμων και μικροκροκαλοπαγών ημισυνεκτικής δομής (ορίζοντας 1). Το υψηλότερο τμήμα του πρανούς, δομείται από εναλλαγές άμμων και κροκαλοπαγών, ημισυνεκτικής δομής (ορίζοντας 2)	62
Φωτογραφία 8.1	Άποψη του υπερυψωμένου υδραγωγείου στην οδό Ρεματιάς	90
Φωτογραφία 8.2	Άποψη του υδραγωγείου στο φρύδι του Κηφισσού πλησίον της οδού Κυριαζή	90
Φωτογραφία 8.3	Σημερινή κατάσταση του ανοικτού υδραγωγείου στην οδό Μυρτιάς	91
Φωτογραφία 8.4	Άποψη του υδραγωγείου (κλειστό σκυφοειδούς σχήματος) στο πρανές του Κηφισσού πλησίον της προέκτασης της οδού Τροιζηνίας	92
Φωτογραφία 8.5	Άποψη του υπερυψωμένου υδραγωγείου πάνω από την οδό Δεκελείας	92

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της διπλωματικής διατριβής είναι η παρουσίαση μιας σειράς προτάσεων αντιμετώπισης των πλημμυρικών προβλημάτων, στην περιοχή του Κηφισού, ανάντη του Κόκκινου Μύλου. Οι τρόποι αντιμετώπισης αφορούν στην κατασκευή φραγμάτων μεταξύ των οποίων και το φράγμα ανάσχεσης ΦΚ-4 το οποίο μελετήθηκε στην παρούσα διπλωματική.

Στα πλαίσια της διπλωματικής, παραγματοποιήθηκε μελέτη της γεωλογίας, της μορφολογίας, των μετεωρολογικών στοιχείων, της σεισμικότητας καθώς και η μελέτη της υδρολογικής λεκάνης της περιοχής, με τη χρήση χαρτών και δορυφορικών εικόνων. Επίσης παρουσιάζεται η μαθηματική προσομοίωση της υδρολογικής λεκάνης, που έγινε από την ΕΥΔΑΠ και τα αποτελέσματα αυτής. Στα πλαίσια αυτά έγινε ανάλυση της ευαισθησίας στις μεταβολές παραμέτρων, όπως ο αριθμός καμπύλης απορροής CN, η κατά μήκος κλίση (S) των ρεμάτων, ο συντελεστής τραχύτητας (K) Manning, οι κλίσεις πρηνών των ρεμάτων και το πλάτος της διατομής του ρέματος. Με βάση τα αποτελέσματα του μαθηματικού ομοιώματος και με τη βοήθεια υδρογραφημάτων επιλέχτηκε ο τύπος του φράγματος, οι διαστάσεις του, τα υλικά κατασκευής του, η κατασκευή και λειτουργία των συναφών έργων.

Αν και η κατασκευή του συγκεκριμένου φράγματος ανάσχεσης στην περιοχή του Κηφισού ανάντη Κόκκινου Μύλου θεωρήθηκε εφικτή, το προτεινόμενο φράγμα δεν κατασκευάστηκε. Στη θέση του φράγματος συναντάμε στην περιοχή το Παλιό Υδραγωγείο Κηφισού.

ABSTRACT

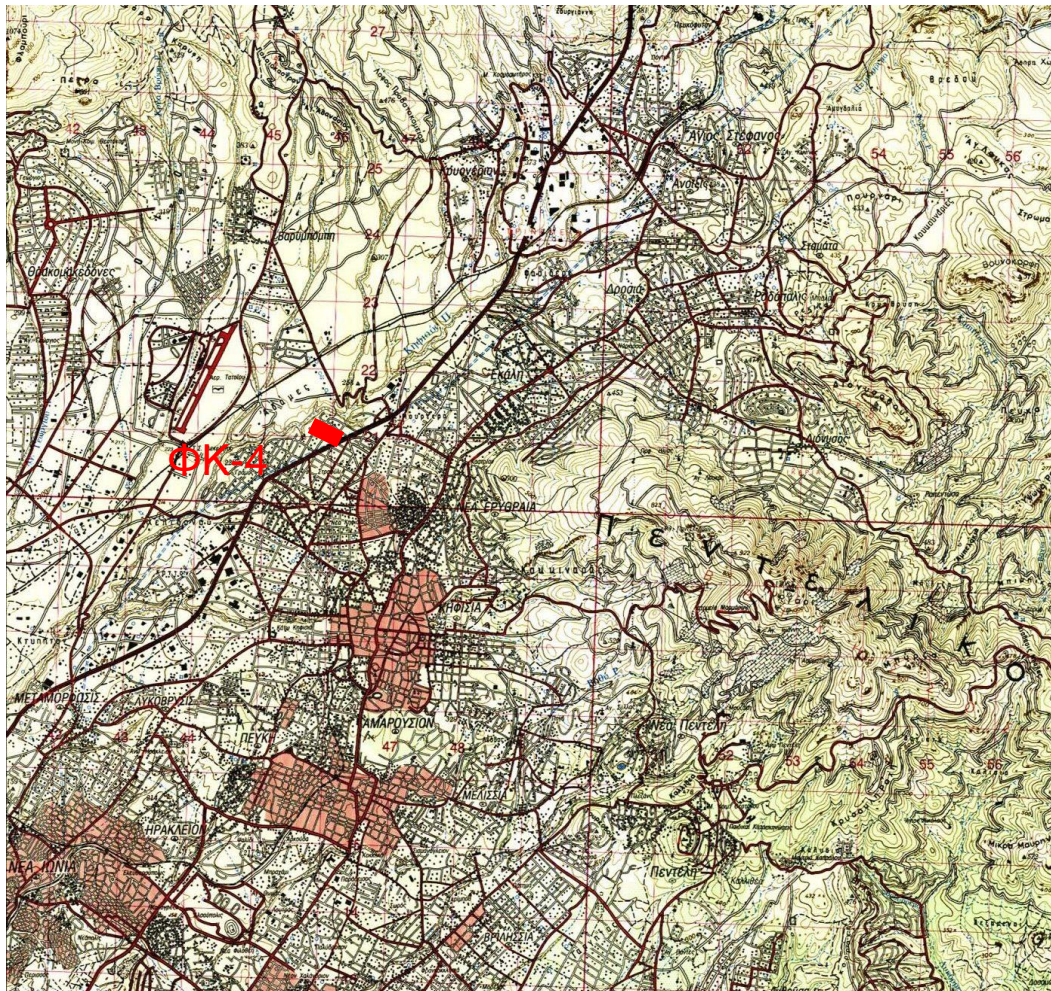
The purpose of writing this Thesis is to present a series of proposals to address problems of flooding in the area of Kifissos, upstream of the Kokkinos Milos. The ways of dealing with these problems are related to the construction of dams including buffer dam FK-4, the case of which we will study in this dissertation.

In preparing this Thesis the geology, topography, meteorological data, the seismicity along with the study of the catchment area are studied, using maps and satellite images. It also presented the mathematical simulation of the basin which has been carried out by Water Supply and Sewage Company of Athens (W.S.S.C.A.). The simulation runs some analyses regarding the sensitivity of the mathematical model to changes in parameters such as runoff curve number CN, the longitudinal slope (S) of streams, the roughness factor (K) Manning, the inclination of ravines slopes as well as the width of the cross section of the stream. After completing the elaboration of the mathematical model and using hydrographs the type of the dam was selected, while its dimensions and the construction materials, the construction and operation of related projects were also clarified.

Although the construction of this buffer dam in Kokkinos Mulos site river was considered possible, the proposed dam was never constructed. In the site of the dam, the Old Kifissos Aqueduct is nowadays the only existed construction.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή μελέτης σημειώνεται στο Βορειοδυτικό τμήμα του νομού (σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1. Τοπογραφικός Χάρτης, κλ.1:50.000, της περιοχής μελέτης.
(Γ.Υ.Σ.)

Η ελλειπής αντιπλημμυρική προστασία στην περιοχή ανάντη του Κόκκινου Μύλου της λεκάνης του Κηφισού ποταμού στην Αττική, είχε ως αποτέλεσμα να παρατηρηθούν έντονες πλημμυρικές παροχές. Το προτεινόμενο φράγμα ΦΚ-4 (σχήμα 1.2) είναι ένα λιθόρριπτο φράγμα ύψους 13,5 m και ήταν ένα από τα 17 φράγματα που προτάθηκαν στην περιοχή του Κηφισού, ανάντη του Κόκκινου Μύλου για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που είχαν δημιουργηθεί στην περιοχή από τις κατολισθήσεις αυτές.

Το ΦΚ-4 θεωρήθηκε φράγμα ανάσχεσης Β' φάσης και τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα από την κατασκευή του φράγματος είναι η ανάσχεση πλημμυρών, με τη μείωση των πλημμυρικών αιχμών και η συγκράτηση των φερτών υλικών . Το ΦΚ-4 όπως και όλα τα φράγματα ανάσχεσης, έχουν σημαντική επιρροή στους επιμέρους κλάδους που τοποθετούνται, καθώς και στη μείωση της παροχής του Κηφισού στα σημεία συμβολής, ενώ η λεκάνη κατάκλυσής τους είναι επαρκούς μεγέθους για τη μείωση των κατάντη παροχών.

Μετά από ένα θεωρητικό κομμάτι για τα φράγματα το οποίο αναφέρεται στο 2^ο κεφάλαιο, στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη μορφολογία της περιοχής του φράγματος η οποία είναι αρκετά έντονη, με εμφανή κοίτη και ήπιες κλίσεις πρηνών, ενώ η περιοχή της λεκάνης κατάκλυσης έχει έντονο μορφολογικό ανάγλυφο στο χαμηλότερο τμήμα και ήπιο μορφολογικό ανάγλυφο στο υψηλότερο τμήμα των αντρερισμάτων.

Στο 4^ο κεφάλαιο μελετάται η λεκάνη απορροής, η οποία καλύπτει μια έκταση συνολικού εμβαδού 138,75 km². Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής μελετήθηκε η υπολεκάνη του ρέματος Φασίδερι-Αγίας Παρασκευής , η οποία είναι μικρή με έκταση 9,23 km² και με ομοιόμορφη κλίση. Η μελέτη της υδρολογικής λεκάνης έγινε με τη βοήθεια ενός μαθηματικού προσομοιώματος. Λαμβάνοντας υπόψη, τόσο τα χαρακτηριστικά της υδρολογικής λεκάνης, όσο και τα χαρακτηριστικά του προτεινόμενου έργου, επιλέχτηκε 6ωρη διάρκεια βροχόπτωσης για τη διαστασιολόγηση του φράγματος ανάσχεσης και για τα έργα διευθετήσεων ρεμάτων και συλλεκτήρων, T=1000 και εξάωρη βροχόπτωση για τη διαστασιολόγηση των υπερχειλιστών και τον καθορισμό του υψόμετρου στέψης του φράγματος και 12ωρη βροχόπτωση για T=50 για την υφισταμένη και μελλοντική κατάσταση με τα έργα που προτείνονται. Επίσης υπολογίστηκαν τα πλημμυρικά υδρογραφήματα. Για τον υπολογισμό των πλημμυρικών υδρογραφημάτων ήταν αναγκαίο να προσδιοριστούν διάφοροι παράμετροι όπως οι υδρολογικές απώλειες, να γίνει η σύνθεση των επί μέρος υδρογραφημάτων και ο υπολογισμός των υδρογραφημάτων μέσω φραγμάτων και ταμιευτήρων.

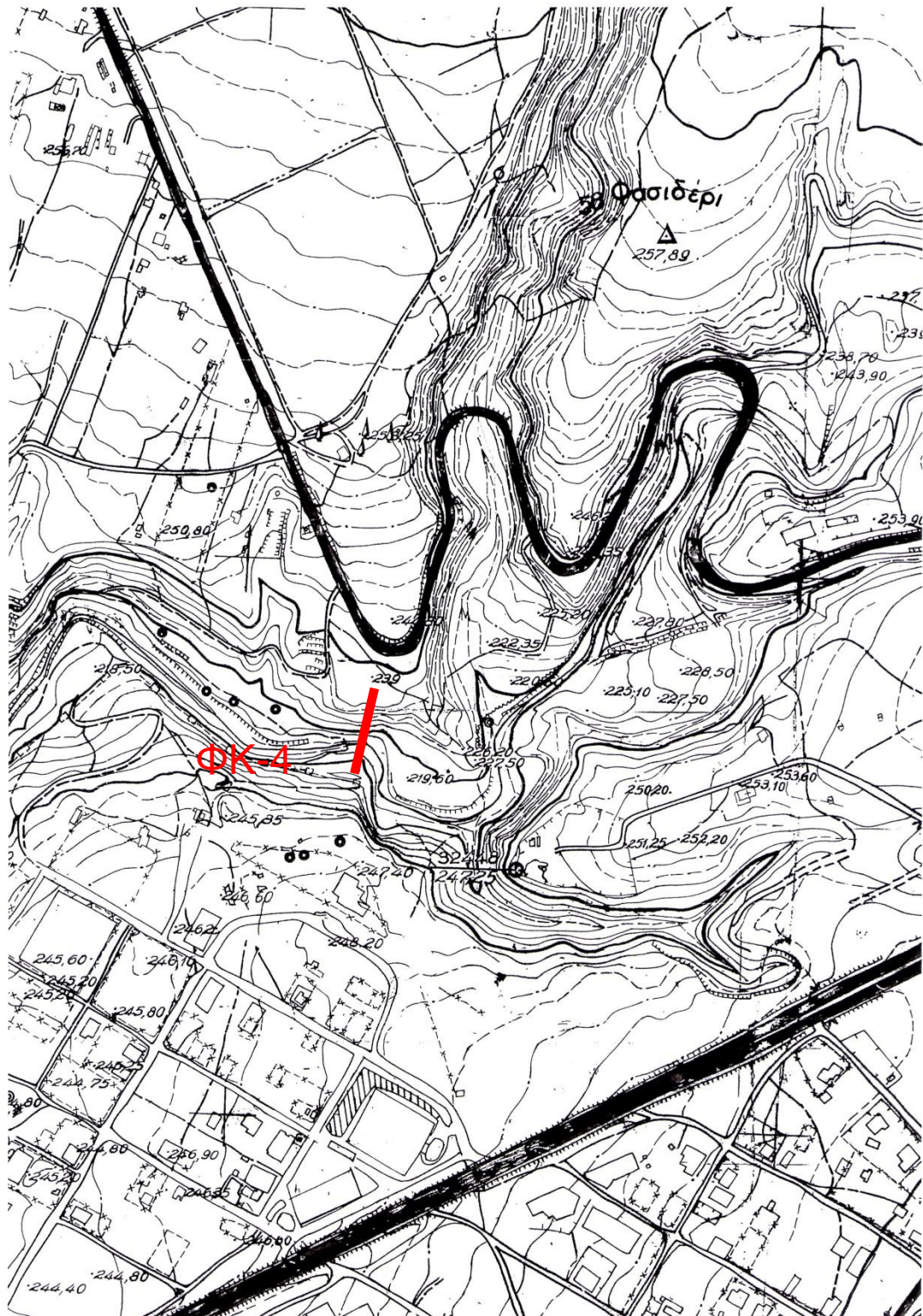
Στο 5^ο κεφάλαιο περιγράφεται η γεωλογία της Αττικής και η γεωλογία στην περιοχή του φράγματος. Η γεωλογία τόσο στη θέση του φράγματος, όσο και

στη θέση της λεκάνης κατάκλυσης, αποτελείται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από πλειστοκαινικούς σχηματισμούς, οι οποίοι αποτελούνται από εναλλαγές στρωμάτων αμμοιλύων, χαλίκων, κροκάλων με χαλαρή έως μέτρια σύνδεση και στρωμάτων μικροκροκαλοπαγών, κροκαλοπαγών με ισχυρή σύνδεση. Επίσης στη βάση των υψηλών πρανών συναντώνται ογκόλιθοι, οι οποίοι προέρχονται από καταπτώσεις των υπερκείμενων κροκαλοπαγών σχηματισμών, ενώ στα υψηλότερα τμήματα των αντερεισμάτων, έχουν αποθεθεί - κατά θέσεις - μεγάλες ποσότητες από προϊόντα εκσκαφής και άλλα εδαφικά υλικά του επιφανειακού μανδύα.

Η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής αναφέρεται στο 6^ο κεφάλαιο, ενώ στο 7ο κεφάλαιο παρατίθεται η ανάλυση της ευαισθησίας της προσομοίωσης στις μεταβολές των τιμών παραμέτρων, όπως ο αριθμός καμπύλης απορροής, το μήκος κλίσης του ρέματος, ο συντελεστής τραχύτητας (K) Manning, οι κλίσεις και το πλάτος της διατομής του ρέματος, σε ποιο βαθμό οι μεταβολές αυτές επηρεάζουν τα αποτελέσματα του προσομοιώματος και ποια η συμπεριφορά του σε περίπτωση λανθασμένης εκτίμησης των παραμέτρων αυτών. Μετά την ολοκλήρωση της κατάστρωσης της μαθηματικής προσομοίωσης προσδιορίστηκαν οι διαστάσεις του φράγματος και τα υλικά κατασκευής του, η συμβολή του στη μείωση της παροχής και στην ανάσχεση των πλημμυρών, καθώς και επίσης η κατασκευή και λειτουργία των συναφών έργων.

Στο 8^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο παλιό υδραγωγείο Κηφισού, καθώς η κατασκευή του φράγματος ΦΚ-4 τελικά δεν πραγματοποιήθηκε. Το υδραγωγείο κατασκευάστηκε το 1938, έχει μήκος 2.500 m και ο σκοπός του είναι να διοχετεύει νερό στις γύρω περιοχές, τροφοδοτώντας τη λίμνη του Μαραθώνα.

Τέλος στο 9^ο κεφάλαιο δίνονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.



Σχήμα 1.2. Χάρτης της περιοχής του προτεινόμενου φράγματος ΦΚ-4 (Γ.Υ.Σ.)

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Τα φράγματα είναι τεχνικά έργα, που κατασκευάζονται κάθετα στην κοίτη ενός φυσικού ρέματος ποταμού για την αποκοπή της ροής, με σκοπό την αποθήκευση, παροχέτευση ή ανάσχεση της πλημμυρικής τους παροχής (Ρόζος, 2007).

Με την κατασκευή των φραγμάτων το νερό δεσμεύεται και χρησιμοποιείται για άρδευση, ύδρευση αλλά και για την κίνηση υδροστροβίλων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αρχικά, η ανάγκη δημιουργίας αποθεμάτων νερού, για ύδρευση και άρδευση, οδήγησε τους ανθρώπους να κατασκευάσουν φράγματα. Αργότερα, ακολούθησε η αξιοποίηση του αποθηκευμένου νερού στους ταμιευτήρες και η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Τα φράγματα έχουν μεγάλο κατασκευαστικό κόστος, αλλά με μεγάλο οικονομικό και ενεργειακό όφελος.

Η κατασκευή ενός φράγματος, η επιλογή του κατάλληλου τύπου και η σωστή γεωμετρία του, αποτελούν αντικείμενο μελέτης με γνώμονα το σκοπό που θα εξυπηρετήσει. Τα φράγματα είναι έργα ιδιόμορφα και κατά συνέπεια δεν είναι δυνατόν να τυποποιηθούν. Κάθε φράγμα έχει τη δική του λειτουργικότητα και το δικό του φυσικό περιβάλλον.

Η κατασκευή ενός φράγματος και η δημιουργία τεχνητής λίμνης, δημιουργεί μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον, μεγαλύτερες και εντονότερες από οποιοδήποτε άλλο έργο. Στην περιοχή του φράγματος συσσωρεύονται τεράστιες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται ισχυρές υδραυλικές πιέσεις στο υπέδαφος. Δημιουργούνται έτσι προβλήματα διαβρώσεων, διαρροών ή ακόμα και κατολισθήσεων στην περιοχή του φράγματος, που αν δεν προβλεφθούν για να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, μπορεί να οδηγήσουν στην καταστροφή του.

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία διεθνώς, τα κυριότερα αίτια που προκαλούν την καταστροφή των διαφόρων φραγμάτων, είναι (Ρόζος, 2007):

- Ανεπαρκής διερεύνηση και μελέτη των γεωλογικών συνθηκών της περιοχής του φράγματος.
- Ανεπαρκής στατική μελέτη

- Ακραία πλημμυρικά και καιρικά φαινόμενα, που δεν εκτιμήθηκαν κατά την προμελέτη του φράγματος
- Κατασκευαστική αστοχία

2.1 Σημασία της κατασκευής φραγμάτων

Για την κατασκευή ενός φράγματος είναι αναγκαία η γνώση της γεωλογικής δομής και των μεθόδων τεχνικογεωλογικής μελέτης (Ρόζος, 2007).

- Τα φράγματα αποτελούν μια κατασκευή που συγκεντρώνει ένα τεράστιο όγκο κατασκευαστικών υλικών, τα οποία θα πρέπει να δομηθούν, ώστε να αντέξουν τις πιέσεις μεγάλων όγκων νερού, που συγκεντρώνεται πίσω από αυτά.
- Οι ταμειυτήρες αυτών των τεράστιων ποσοτήτων νερού, που διαμορφώνονται πίσω από ένα φράγμα, επιφέρουν σημαντικές φορτίσεις για το συγκεκριμένο κομμάτι του γήινου φλοιού.
- Τα φράγματα κατασκευάζονται σε κοιλάδες, που η κάθε μια έχει τα δικά της τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά όπως τη γεωλογική δομή, την τεκτονική δομή (ρήγματα, πτυχές, διαρρήξεις), τη λιθοστρωματογραφία, κλπ.
- Ένα φράγμα είναι η κατ' εξοχήν κατασκευή, που βρίσκεται σε άμεση σχέση με τις γεωλογικές συνθήκες του χώρου και θα πρέπει να σχεδιάζεται ανάλογα με αυτές. Έτσι θα ``εκμεταλλεύεται``, τις όποιες ευνοϊκές γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες και θα αποφεύγει τις όποιες δυσμενείς συνθήκες που μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχίες.
- Η κατασκευή ενός φράγματος, στο στάδιο προμελέτης θα πρέπει να προβλέπει και θα πρέπει να προλαμβάνει τις όποιες τάσεις αστοχίας. Σε περίπτωση αστοχίας του έργου, πέραν του οικονομικού κόστους της κατασκευής, ο κίνδυνος απωλειών ανθρώπινων ζώων είναι ιδιαίτερα αυξημένος, καθώς κατοικημένες περιοχές αναπτύσσονται συνήθως στα κατόντη του χώρου κατασκευής. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να χρησιμοποιούνται μεγάλοι συντελεστές ασφάλειας, κατά την κατασκευή του έργου.

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι η τεχνικογεωλογική διερεύνηση, πρέπει να είναι συνεχής σε όλα τα στάδια της μελέτης, από αυτό του σχεδιασμού και επιλογής πιθανών θέσεων, το στάδιο της επιτόπιας έρευνας, της κατασκευής, αλλά και μέχρι το στάδιο λειτουργίας και συντήρησης.

Όσον αφορά τη σημασία των έργων ταμίευσης νερού (φράγματα και λιμνοδεξαμενές), αυτή είναι υψιστη, σύμφωνα με τις υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες, σε συνδυασμό με τα ολοένα φθίνοντα αποθέματα των υπόγειων υδροφόρων. Η κατασκευή έργων ταμίευσης για την εκμετάλλευση του επιφανειακού νερού, που τη χειμερινή περίοδο ρέει στη θάλασσα είναι απόλυτα αναγκαία και έχει γίνει πλέον συνείδηση των περισσοτέρων τοπικών αρχών. Έτσι, από απλές κατασκευές για το σκοπό αυτό σε άνυδρες περιοχές, ο άνθρωπος με την εξέλιξη της επιστήμης προχώρησε στη δημιουργία τεράστιων έργων ταμίευσης νερού, είναι τα φράγματα.

Συνεπώς ένα φράγμα ή μια λιμνοδεξαμενή αποτελεί έργο με άμεση κοινωνική ωφελιμότητα, που επί πλέον, στο στάδιο λειτουργίας του δεν έχει αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις.

2.2 Ταξινόμηση Φραγμάτων

Τα φράγματα ταξινομούνται (Ρόζος, 2007) :

A. Με βάση το ύψος

- **Πολύ μεγάλα φράγματα:** Αυτά που έχουν ύψος μεγαλύτερο από 150 μέτρα.
- **Μεγάλα φράγματα:** Τα φράγματα με ύψος μεγαλύτερο από 15 μέτρα, αλλά και αυτά με ύψος μεταξύ 5-15 μέτρων, αν περιέχουν πάνω από 3.000.000 m³ νερό.
- **Μικρά φράγματα, με ύψος έως 15 m:** Σε αυτά περιλαμβάνονται τα δασοτεχνικά φράγματα διαβρωτικής προστασίας, των σχηματισμών της κοίτης υδρορεμάτων και χειμάρρων με περιοδικά αυξημένη παροχή, τα πρόχειρα φράγματα, που κατασκευάζονται σε διάφορες περιοχές για άρδευση και τέλος οι εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές, που και αυτές κατασκευάζονται κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς.

B. Με βάση το σκοπό λειτουργίας

- **Σε φράγματα αποθήκευσης νερού:** Εδώ εντάσσονται όλα τα φράγματα, που κατασκευάζονται προκειμένου πίσω από αυτά να συγκεντρωθούν και να κατακρατηθούν οι αναγκαίες ποσότητες νερού που προορίζονται για ποικίλες χρήσεις.
- **Σε φράγματα εκτροπής (μόνιμης ή προσωρινής):** Τα φράγματα αυτά βοηθούν στην εκτροπή της κοίτης ποταμών και χειμάρρων. Η μόνιμη εκτροπή (πιο σπάνια, αλλά και πιο σοβαρή κατασκευή), εφαρμόζεται όταν πρόκειται να γίνει μόνιμη αλλαγή του ρου κάποιου ποταμού, π.χ. για λόγους προστασίας αγροτικών εκτάσεων. Αντίθετα η προσωρινή εκτροπή είναι μικρότερη και πιο πρόχειρη κατασκευή, που βοηθά στη στεγανοποίηση τμήματος της κοίτης ποταμού προκειμένου να θεμελιωθεί ένα φράγμα. Τα νερά του ποταμού, εκτρέπονται έτσι από το χώρο θεμελίωσης και οδηγούνται με κατάλληλο αγωγό ή σήραγγα εκτροπής, κατάντη του χώρου αυτού.
- **Σε δασοτεχνικά φράγματα ανάσχεσης:** Τα φράγματα αυτά, προστατεύουν την κοίτη από διαβρώσεις, ανακόπτοντας τη δυναμική της ροής του νερού σε κύριους άξονες του υδρογραφικού δικτύου, αλλά και σε εποχιακούς χειμάρρους και ρέματα.
- **Σε ρυθμιστικά φράγματα:** Πρόκειται για φράγματα που διαμορφώνουν ταμιευτήρα για τη ρύθμιση της ροής ενός υδρορέματος ή ποταμού για τις ανάγκες των κατάντη οικιστικών ζωνών. Αυτό δεν αποκλείει τη χρήση αυτού του είδους των ταμιευτήρων και για άλλους σκοπούς, όπως π.χ. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αυτού του είδους των φραγμάτων, όπως dry dams, που ελέγχουν τις πλημμύρες (κρατάει νερό μόνο στις περιπτώσεις αυτές), check dams, που μειώνουν την ταχύτητα ροής και ελέγχουν τη διάβρωση του εδάφους, wing dams, που περιορίζουν μερικά τη ροή του νερού αυξάνοντας την ταχύτητά της, κάτι που δεν επιτρέπει τη συγκέντρωση ιζημάτων κ.α.

Γ. Με βάση τη δομή και τα υλικά που χρησιμοποιούνται

- **Φράγματα που έχουν κατασκευαστεί από ξύλο:** Τα φράγματα αυτά, είχαν μεγάλη εφαρμογή στην αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, λόγω της ευκολίας κατασκευής και του μικρού χρόνου ολοκλήρωσης. Διακρίνονται σε αυτά με τη μορφή φάτνης, όπου διαμορφώνονται με δυο σειρές από ξύλινους πασσάλους και ενδιάμεσα πληρούνται από εδαφικά υλικά ή λιθορριπή, αλλά και στα ξύλινα σανιδωτά, που είναι πιο καλαίσθητα, αφού εσωτερικά οι ξύλινοι πάσσαλοι επενδύονται με σανίδες για τη συγκράτηση του νερού.
- **Φράγματα με ανάχωμα:** Κατασκευάζονται από συμπυκνωμένα εδαφικά υλικά και διακρίνονται στα λιθόρριπτα και στα χωμάτινα. Τα λιθόρριπτα αποτελούνται από αδρόκοκκα υλικά και η στεγανότητα εξασφαλίζεται με τη χρήση, αντί πυρήνα αν απουσιάζουν τα αργιλικά υλικά, πλάκας από σκυρόδεμα, πλαστικής μεμβράνης, καθώς και μεταλλικής ή και ξύλινης πλάκας. Η κατασκευή τέτοιου είδους φραγμάτων, προϋποθέτει την παρουσία κοντά στο έργο γεωλογικών σχηματισμών, όπου είναι δυνατή η εξόρυξη αδρανών υλικών (λατομεία) για την λιθορριπή, κατάλληλη μορφολογία κοιλάδας για την προσέγγιση βαρέων μηχανημάτων και όταν το έδαφος δεν έχει κατάλληλες αντοχές για διαμόρφωση άλλου τύπου φράγματος π.χ. τσιμεντένιου. Τα χωμάτινα αποτελούνται από γεωυλικά, που συμπυκνώνονται, είτε με κεντρικό αδιαπέρατο πυρήνα, είτε με στραγγιστικό σώμα. Συνεπώς η κατασκευή τους εξαρτάται από τις ποσότητες των αναγκαίων υλικών κατασκευής κοντά στη θέση του έργου, αλλά και από την κακή γεωμηχανική συμπεριφορά του εδάφους θεμελίωσης. Ένας τρίτος τύπος, αναχωματικού φράγματος, είναι αυτός με πυρήνα από ασφαλτικό σκυρόδεμα. Ο τύπος του ασφαλτικού, που χρησιμοποιείται έχει λόγω της ελαστο-πλαστικής φύσης του, το πλεονέκτημα να προσαρμόζεται σε κινήσεις και παραμορφώσεις, που πιθανά να ασκηθούν στο σώμα του φράγματος, αλλά και στις καθιζήσεις του χώρου θεμελίωσης. Έτσι, αυτού του είδους τα φράγματα, έχουν πολύ καλή συμπεριφορά σε σειсмоγενείς περιοχές.

- **Φράγματα κτιστά:** Τα φράγματα διακρίνονται σε βαρύτητας, τοξωτά και αντηριδωτά.
- Στα φράγματα βαρύτητας, η ευστάθεια εξασφαλίζεται με το βάρος της κατασκευής.
- Στα τοξωτά, η ασφαλής λειτουργία τους εξασφαλίζεται από συνδυασμό δράσης των τόξων και της βαρύτητας.
- Τέλος στα αντηριδωτά, που είναι χαμηλότερα σε κόστος (απαιτούν λιγότερες ποσότητες μπετόν), η ευστάθεια είναι συνάρτηση των αντηρίδων, αλλά και της μεταφοράς μέρους του υδραυλικού φορτίου στη θεμελίωση.

Δ. Με βάση το είδος της εκμετάλλευσης

- **Φράγματα που εξυπηρετούν ένα είδος εκμετάλλευσης όπως:**
1. Υδρευτικά (ξεχωρίζουν τα μεγάλα φράγματα Μαραθώνα, Μόρνου και Ευήνου για την ύδρευση του λεκανοπεδίου των Αθηνών).
 2. Αρδευτικά (συναντώνται στη νησιωτική Ελλάδα)
 3. Υδροηλεκτρικά (χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σε αυτά περιλαμβάνονται όλα τα φράγματα της ΔΕΗ).
 4. Αντιπλημμυρικά (χαρακτηριστικό το φράγμα της ΕΥΔΑΠ στη Ραμπεντώσα, ανάντι του Μαραθώνα).
 5. Εμπλουτισμού υδροφόρων (ο εμπλουτισμός του υδροφορέα, με την κατασκευή φράγματος, λόγω μεγαλύτερης διήθησης στους υπόγειους υδροφόρους, οπότε έχουμε τροφοδοσία σε περίπτωση πτώσης της πιεζομετρικής επιφάνειας ή ακόμα και ανάσχεση μετώπου υφαλμύρωσης, λόγω γειτονίας ή άμεσης υδραυλικής επικοινωνίας με τη θάλασσα)

Ε. Φράγματα που εξυπηρετούν δύο είδη εκμετάλλευσης

- **Συνδυασμός ανά δύο των παραπάνω** (π.χ. φράγμα αντιπλημμυρικό και εμπλουτισμού υδροφόρου).

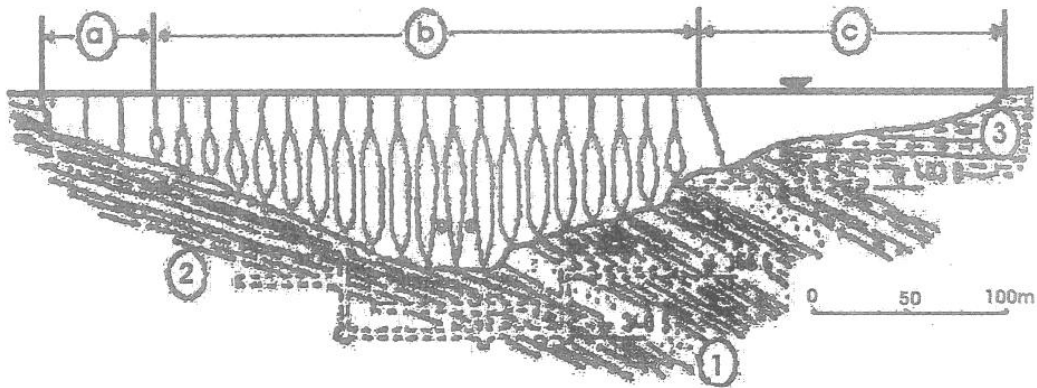
ΣΤ. Φράγματα που εξυπηρετούν πολλά είδη εκμετάλλευσης

- **Συνδυασμός ανά 3 ή περισσότερα των παραπάνω** (φράγμα υδρευτικό, αρδευτικό και υδροηλεκτρικό).

2.3 Τύποι φραγμάτων

Τα φράγματα διακρίνονται από πλευράς υλικών κατασκευής και γεωμετρίας, σε τρεις κατηγορίες:

- Στα άκαμπτα φράγματα από σκυρόδεμα ή και κάποια παλαιότερα λιθόκτιστα.
- Στα εύκαμπτα φράγματα ή χωμάτινα φράγματα, που κατασκευάζονται από γαιώδη υλικά.
- Σε μικτές κατηγορίες των 2 πρώτων, τα υβριδικά φράγματα.



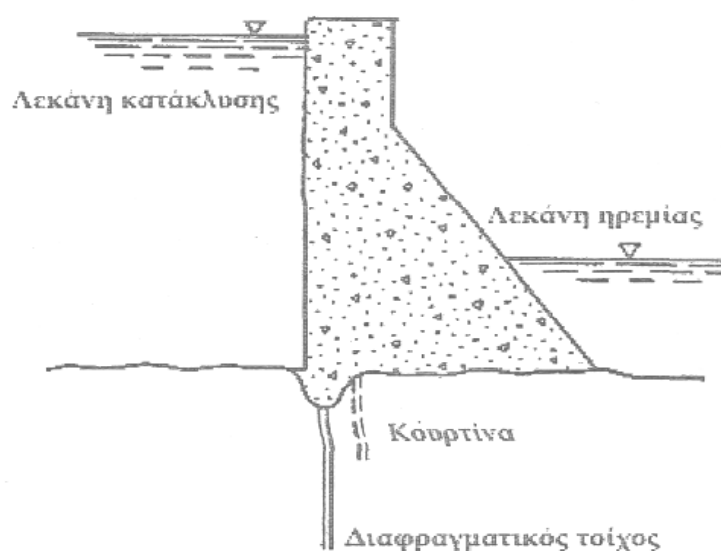
Σχήμα 2.1. Μικτό φράγμα. a) βαρύτητας, b) αντηριδωτό, c) λιθόρριπτο (Zaruba-Mencl, 1976)

2.3.1 ΑΚΑΜΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Διακρίνονται σε φράγματα βαρύτητας, τοξωτά ή και αντηριδωτά (Ρόζος, 2007).

Τα φράγματα βαρύτητας μπορεί να είναι από σκυρόδεμα ή λιθόκτιστα (βαριές κατασκευές), χρησιμοποιούν το βάρος τους για αντίδραση στις υδροστατικές πιέσεις του νερού της λίμνης, αλλά και τις άλλες δυνάμεις που εμφανίζονται, όπως οι υποπιέσεις, οι σεισμικές ωθήσεις κλπ. Ο άξονάς τους είναι ευθεία γραμμή, με μικρή κάμψη προς τα ανάντη ή και συνδυασμός των δύο, προκειμένου να εκμεταλλευτεί τις τοπογραφικές συνθήκες (Krynine et.al, 1957). Εξ άλλου η διατομή τους είναι έντονα τραπεζοειδής προσεγγίζουσα στη μορφή τριγώνου, με διαστάσεις που εξαρτώνται από τις ανάγκες

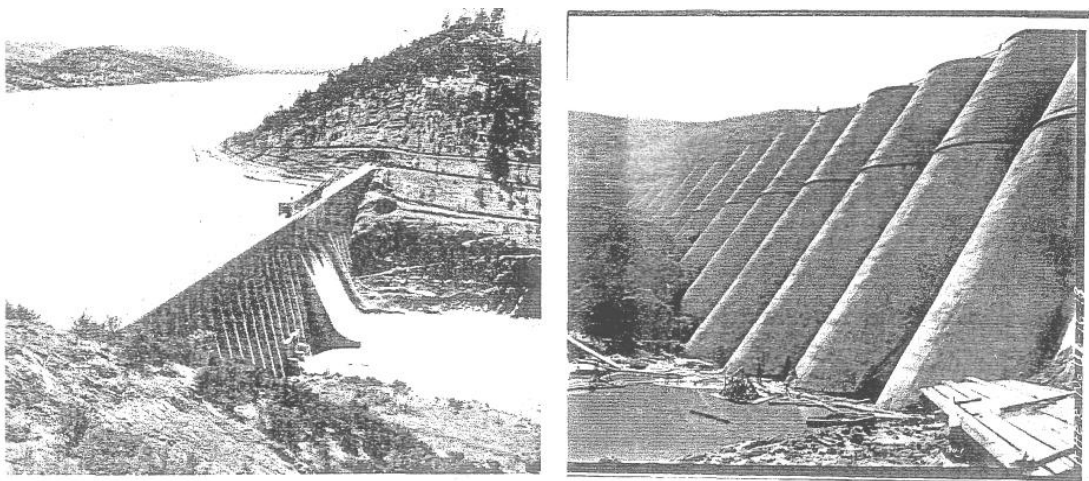
κατασκευής. Τα φράγματα αυτά που εμφανίζουν απαιτήσεις για καλής ποιότητας βραχομάζα, καθώς και ομοιογενές πέτρωμα θεμελίωσης, παρουσιάζουν ευαισθησία σε καθιζήσεις και στις υποπίεσεις (Λιάκουρης, 1995). Πάντως αν και μερικά φράγματα βαρύτητας έχουν κατασκευαστεί με επιτυχία, ακόμα και σε εύθρυπτα ή κατακερματισμένα πετρώματα, γενικά απαιτούν μεγάλη προσοχή στις μελέτες σχεδιασμού και κατασκευής, ώστε να αντέχουν σε πιθανή ανατροπή, ολίσθηση ή και θραύση και να μην παρουσιάζουν τάσεις εφελκυσμού, με συνέπεια την εμφάνιση ρωγμών. Έτσι ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην κατασκευή του στεγανού διαφράγματος και στην αποστράγγιση της ζώνης θεμελίωσης. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα φράγματα βαρύτητας είναι τα πλέον ασφαλή και οικονομικά σε περιπτώσεις που η τοπογραφία παρουσιάζει σχετικά ευρεία κοιλάδα με ήπια πρηνή.



Σχήμα 2.2 Σχηματική τομή φράγματος βαρύτητας (Krynine et.al, 1957)

Τα αντηριδωτά φράγματα, παρουσιάζουν διάφορες μορφές, ανάλογα του τύπου κατασκευής. Με τα φράγματα αυτά, επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία σε υλικά κατασκευής αν συγκριθούν με αντίστοιχα φράγματα βαρύτητας ή χωμάτινα, αφού καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο θεμελίωσης και βέβαια λιγότερο σκυρόδεμα. Ο σημαντικός περιορισμός του όγκου σκυροδέματος επιτυγχάνεται με την κατασκευή των αντηρίδων. Συνεπώς, παράλληλα με τις μορφολογικές και τοπογραφικές συνθήκες, η οικονομία παίζει ρόλο στην πρόκριση ενός τέτοιου τύπου φράγματος. Γενικά αποτελούνται από ένα σώμα

οπλισμένου σκυροδέματος, που κλίνει προς τα ανάντι, πάνω στο οποίο προσαρμόζονται οι αντηρίδες(κατακόρυφοι τοίχοι), με τον άξονά τους κάθετα στην επιφάνεια του σώματος. Οι αντηρίδες, που αποτελούν το βασικό συντελεστή ευστάθειας και αντοχής του φράγματος, είναι πρόβολοι μεταβλητής διατομής καθ' ύψος, αλλά και κατά πλάτος. Μπορεί να είναι μονές, διπλές ή και κοίλες, ενώ το σώμα μπορεί να είναι απλή πλάκα, πολυτοξωτή ή και ογκώδης κατασκευή. Αποτελούν καλή λύση σε κοιλάδες με αρκετό εύρος και σχετικά ήπια πρηνή, αλλά με έλλειψη ή δυσκολία προσπέλασης, για την μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων αδρανών υλικών. Συνήθως απαιτούν πολύ καλή θεμελίωση, αφού έχουν μικρό εύρος θεμελίωσης και δρουν σαν τοίχοι, που φέρουν πάρα πολύ μεγάλα φορτία, ασκώντας έτσι ισχυρότατα φορτία στο έδαφος θεμελίωσης. Επειδή μεταξύ των αντηρίδων δεν υπάρχει φόρτιση του εδάφους, μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα προσχώρησης της κατασκευής, μέσα στο έδαφος και ανύψωσης αυτού μεταξύ των αντηρίδων, επιφέροντας διατμητικές αστοχίες επικίνδυνες για την κατασκευή του έργου.



Σχήμα 2.3. Αντηριδωτά φράγματα απλής πλάκας (Krynine, et.al., 1957) και πολυτοξωτής κατασκευής .

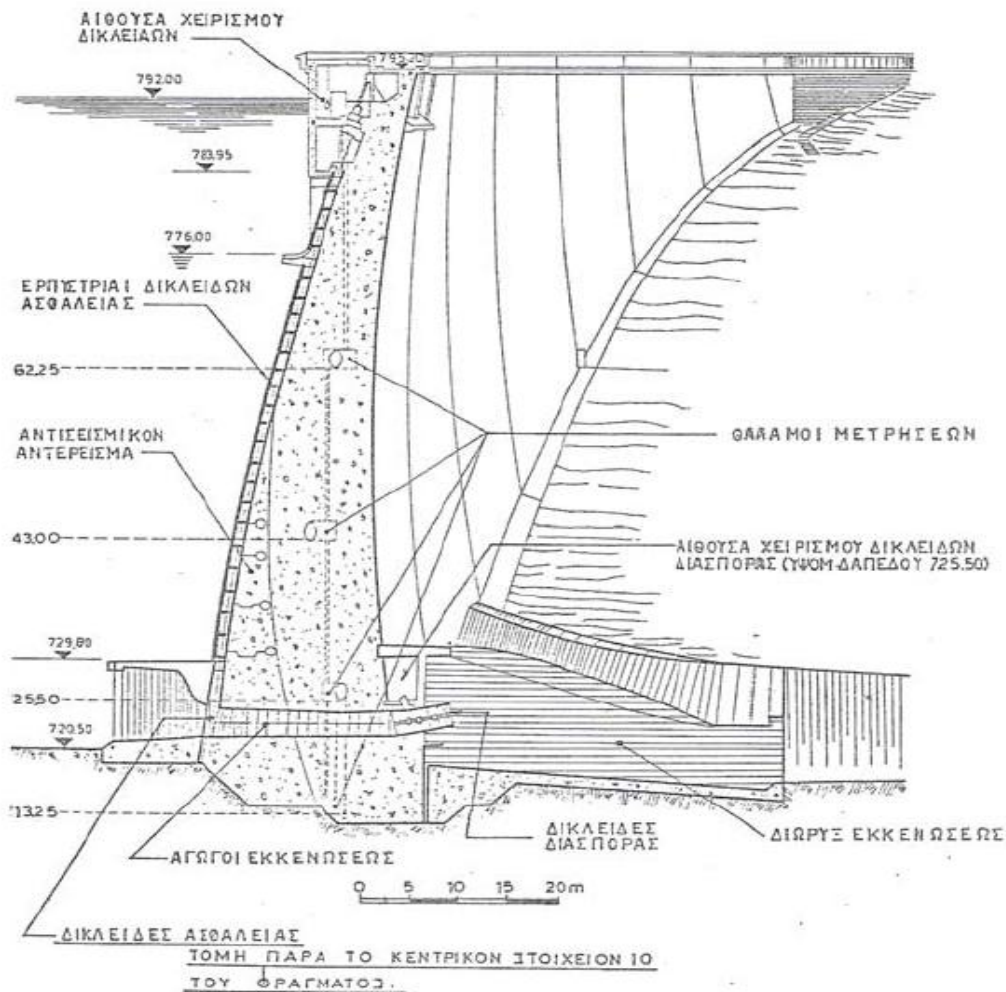
Τα τοξωτά φράγματα, αποτελούνται από ένα απλό τοίχο από μπετόν, που κάμπτεται, με την κυρτή πλευρά να βλέπει προς τα ανάντι. Έτσι μέρος του υδραυλικού φορτίου, μεταφέρεται στα βραχώδη πρηνή θεμελίωσης του φράγματος, ενώ το υπόλοιπο στη θεμελίωση, δια μέσου του κύριου σώματος του φράγματος. Όταν η κατανομή αυτή των υδραυλικών φορτίων, είναι περίπου ίση προς τα πρηνή και προς τη θεμελίωση, τότε το φράγμα μπορεί

να θεωρηθεί σαν ένα τοξωτό φράγμα βαρύτητας, ενώ στην περίπτωση που το μέγιστο τμήμα του υδραυλικού φορτίου, μεταφέρεται με τη βοήθεια του τόξου στα πρηνή θεμελίωσης, τότε το φράγμα χαρακτηρίζεται σαν λεπτό τοξωτό φράγμα. Συμπεραίνεται λοιπόν, πως για ένα τοξωτό φράγμα, η βραχομάζα στα πρηνή θεμελίωσης θα πρέπει να εμφανίζει άριστη γεωμηχανική συμπεριφορά και το σώμα του φράγματος να πακτώνεται απόλυτα σε αυτήν. Στα τοξωτά φράγματα, η ευστάθεια εξασφαλίζεται από συνδυασμό της τοξοειδούς μορφής και δράσης της βαρύτητας. Άρα προτιμώνται σε περιπτώσεις κοιλάδων με μικρό εύρος και μεγάλο ύψος, τα πρηνή των οποίων δομούνται από βραχομάζες καλής έως πολύ καλής ποιότητας, αφού επιφέρουν σημαντική οικονομία, υλικού κατασκευής. Αυτός ο μορφολογικός περιορισμός, είναι αρνητικό στοιχείο, αν και τα φράγματα αυτά παρουσιάζονται ανθεκτικά σε παραμορφώσεις, με χαμηλή ευαισθησία στις υποπίεσεις και καλή οικονομία σε κατασκευαστικά υλικά. Η οικονομία εξαρτάται από τις μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων και μπορεί να φθάσει τα 2/3 του όγκου ενός φράγματος βαρύτητας (Λιάκουρης, 1995). Η ανάγκη καλής ποιότητας πιστοποιείται από το βασικό στοιχείο που την χαρακτηρίζει, δηλαδή τις ασυνέχειες. Για παράδειγμα ο προσανατολισμός, η συνέχεια, το άνοιγμα, η απόσταση και τα άλλα χαρακτηριστικά των ασυνεχειών, έχουν μεγάλη σημασία σε περίπτωση θεμελίωσης τέτοιου φράγματος, αφού μπορεί να οδήγησαν σε αστοχία κάτω από την επίδραση των δυνάμεων στα πρηνή. Τα τοξωτά φράγματα (Ρόζος, 2007) διακρίνονται ανάλογα με την ακτίνα καμπυλότητας και την επικεντρική γωνία σε: φράγματα με σταθερή γωνία καμπυλότητας (R) και σταθερή επίκεντρη γωνία (β), φράγματα με σταθερή τη γωνία καμπυλότητας (R) και μεταβλητή την επίκεντρη γωνία (β), φράγματα με μεταβλητή τη γωνία καμπυλότητας (R) και σταθερή την επίκεντρη γωνία (β) και σε φράγματα με μεταβλητές τόσο την ακτίνα καμπυλότητας όσο και την επικεντρική γωνία. Επίσης ανάλογα του αριθμού των τόξων, διακρίνονται σε φράγματα απλής, διπλής ή πολλαπλής καμπυλότητας. Η επιλογή κάθε μορφής επιβάλλεται από την μορφολογία, την γεωλογία και την οικονομία του έργου (Λιάκουρης, 1995).

2.3.2 ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Διακρίνονται σε χωμάτινα ή και λιθόρριπτα, στα οποία η στεγανότητα εξασφαλίζεται είτε με αργιλικό πυρήνα, είτε με στεγανή επικάλυψη (π.χ. ασφαλτοτάπητας ή και πλάκα από μπετόν εσωτερικά) (Ρόζος, 2007).

Τα χωμάτινα φράγματα αποτελούν τον πλέον συνηθισμένο τύπο φραγμάτων, καθώς εξασφαλίζουν ασφάλεια και οικονομία, ενώ μπορεί να κατασκευαστούν



Σχήμα 2.4. Εγκάρσια τομή του τοξωτού φράγματος Πλαστήρα (Λιακουρης, 1995)

σε όλες τις ανοικτές κοιλάδες και δεν χρειάζονται σχηματισμούς θεμελίωσης πολύ καλής ποιότητας. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται, είναι εδαφικά κατάλληλης διαβάθμισης, που εντοπίζονται κοντά στο χώρο του έργου εξασφαλίζοντας έτσι λιγότερες μεταφορές, μειώνοντας το κόστος του έργου. Η συνήθης διαμόρφωση είναι η τοποθέτηση στο κέντρο της κατασκευής αργιλικού αδιαπέρατου πυρήνα, με κλίσεις πρανών που συνήθως κυμαίνονται

(βάση:ύψος), από 1:4 έως 1:5. Ακολουθούν οι εξωτερικές ζώνες, που εξασφαλίζουν την ευστάθεια του έργου και συνιστούν το κύριο σώμα του φράγματος. Η πρώτη ζώνη (μεταβατική) αμέσως μετά τον πυρήνα, πάχους 2,5 - 4,0 μέτρα αποτελείται από φίλτρο διαβαθμισμένου αμμοχάλικου. Η επόμενη, από αδρόκοκκα υλικά (κροκάλες, χάλικες, άμμοι), διαμορφώνεται εξωτερικά με κλίση πρανών συνήθως από 1:2,5 έως 1:4, που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υλικού, τις συνθήκες ροής, την ποιότητα του εδάφους, τη θέση του αδιαπέρατου πυρήνα και το βαθμό σεισμικότητας (Λιάκουρης, 1995). Πάνω από τη ζώνη αυτή, τοποθετείται η λιθορριπή προστασίας από ευμεγέθη τεμάχια βράχων. Σε θέσεις, όπου η παρουσία αδιαπέρατων υλικών είναι σπάνια, η δυνατότητα κατασκευής φράγματος με αδιαπέρατο πυρήνα εξαρτάται από το μικρότερο πάχος αδιαπέρατου στρώματος, που μπορεί να σχηματίσουν τα διαθέσιμα υλικά. Γενικά οι παράγοντες που θα πρέπει να εξεταστούν σε αυτή την περίπτωση είναι:

- Οι ανεκτές διαρροές του πυρήνα.
- Το μικρότερο εύρος του πυρήνα, που επιτρέπει ασφαλή κατασκευή.
- Ο τύπος των διαθέσιμων υλικών, για την κατασκευή του πυρήνα.
- Ο προτεινόμενος σχεδιασμός των φίλτρων.
- Η συμπεριφορά προηγούμενων κατασκευών με ανάλογα προβλήματα.
- Η κατάλληλη τοποθέτηση στρωμάτων φίλτρων, για τον υποβιβασμό των γραμμών ροής του νερού. Τα χωμάτινα φράγματα ως σύνολο, υφίστανται καθιζήσεις στη χαμηλή τους ζώνη, ενώ μπορεί να προκαλέσουν συμπίεση στο σχηματισμό θεμελίωσης. Με την πλήρωση της λίμνης, νέα καθίζηση και πλευρική κίνηση μπορεί να σημειωθεί από τα υδραυλικά φορτία, που ασκούνται στο φράγμα. Η καλή όμως κατασκευή περιορίζει αυτές τις μεταβολές σε ανεκτά όρια.

Τα λιθορριπτα φράγματα κατασκευάζονται από αδρόκοκκα βραχώδη υλικά από φυσικές πηγές (ποτάμιας προέλευσης) ή τεχνητές (δανειοθάλαμοι), που εντοπίζονται κοντά στο έργο. Τα υλικά αυτά είναι ικανά να δώσουν όλη ή σχεδόν όλη την αντοχή και ευστάθεια, που χρειάζεται για την καλή λειτουργία της κατασκευής. Γενικά τα υλικά, που χρησιμοποιούνται μπορεί να φθάσουν

σε βάρος τους 2,5 tn, αλλά το μέγιστο ποσοστό θραυσμάτων δεν ξεπερνά τα 50-100 kgr, ενώ σημαντικό είναι το ποσοστό κροκάλων, χαλίκων και άμμου. Τα υλικά αυτά διαστρώνονται και συμπυκνώνονται σε στρώσεις 1 ή 1,5 m περίπου (Λιάκουρης, 1995). Το αδιαπέρατο στοιχείο του φράγματος, μπορεί να είναι αργιλικός πυρήνας κατακόρυφος ή κεκλιμένος, καθώς και πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα, ξύλινη ή μεταλλική επικάλυψη ή ακόμα και ασφαλικός τάπητας, (ο οποίος δεν χρησιμοποιείται πλέον), στα ανάντη. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του είδους των φραγμάτων, είναι η πολύ μικρή επίδραση σε αυτά των δυσμενών καιρικών συνθηκών, κάτι που είναι πιο έντονο στα χωμάτινα ή και τα φράγματα από σκυρόδεμα. Από πλευράς μειονεκτημάτων θα μπορούσε κανείς να αναφέρει την εκδήλωση κάποιων καθιζήσεων και πλευρικών κινήσεων με την πλήρωση του ταμειυτήρα, κάτι που συμβαίνει και στα άλλα είδη των εύκαμπτων φραγμάτων. Γνωστά λιθόρριπτα φράγματα στην Ελλάδα, είναι τα υδροηλεκτρικά φράγματα της ΔΕΗ, στον Πολύφυτο Κοζάνης, στα Ανώματα Βέροιας, στη Μεσοχώρα Τρικάλων και στο Θησαυρό Νέστου.

3. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

3.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής

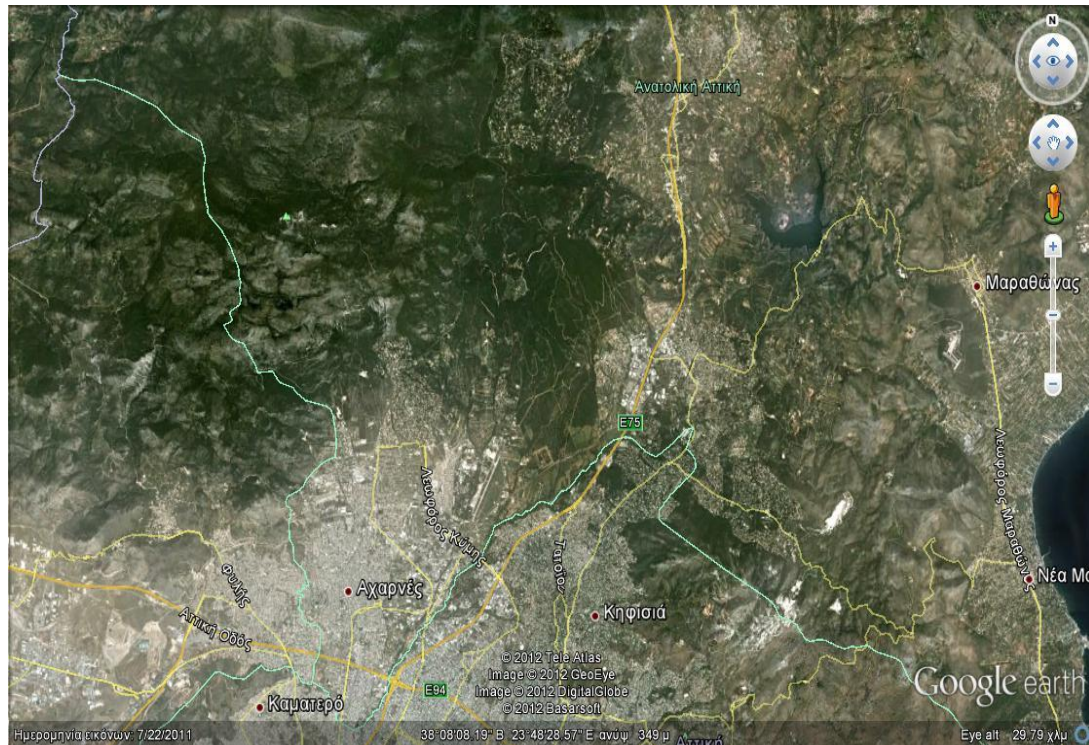
Η χερσόνησος της Αττικής, βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της Κεντρικής Ελλάδας, μεταξύ του Σαρωνικού και Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου, καταλήγει δε στο ακρωτήριο Σούνιο (ΕΥΔΑΠ, 2000).

Οι κυριότεροι ορεινοί όγκοι της Αττικής είναι τα όρη Πάρνηθα (1413 m) , Πεντέλη (1109 m) και Υμηττός (1026 m). Εκτός αυτών, υπάρχουν τα χαμηλότερα όρη Ποικίλλον (453 m) και Αιγάλεω (468 m), καθώς και αρκετές λοφοσειρές (περιοχή Λαυρίου) ή μεμονωμένοι λόφοι (Τουρκοβούνια, Λυκαβηττός, Ακρόπολη, Αρδηττός, Καστέλλα κ.λ.π.).

Η Πάρνηθα (Σχήμα 3.1) βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Αττικής και απέχει οδικά μόλις 40 km, από το κέντρο της Αθήνας. Η οροσειρά της εκτείνεται σε μήκος 30 km, με μέγιστο πλάτος 19 km. Σε ορισμένα σημεία υπάρχουν χαράδρες με ήπιες ή απότομες κλίσεις. Λόγω των καιρικών συνθηκών και της επίδρασης του χιονιού στα ανώτερα επίπεδα, υπάρχει σημαντικός κίνδυνος κατολισθήσεων και μεγάλοι ογκόλιθοι συναντώνται στους πρόποδες των λόφων. Από την οροσειρά αυτή πηγάζει ο Κηφισός. Ο βασικότερος γεωλογικός σχηματισμός είναι οι ασβεστόλιθοι.

Οι κυριότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί που αναπτύσσονται στον Υμηττό και στην Πεντέλη είναι τα μάρμαρα. Η διάβρωση των μαρμάρων γίνεται με βραδείς ρυθμούς. Η κωνική μορφή της Πεντέλης είναι αποτέλεσμα παλαιότερων στρωμάτων ανθεκτικών στη διάβρωση, τα οποία βρίσκονται στις ψηλότερες περιοχές και προστατεύουν το κατώτερο στρώμα μαρμάρων. Το λεκανοπέδιο των Αθηνών (εκτάσεως 180 km²) εκτεινόμενο από την περιοχή του Μπογιατίου μεταξύ των οροσειρών Πάρνηθας, Πεντελικού, Υμηττού, Ποικίλλου, Αιγάλεω, καταλήγει στο Σαρωνικό Κόλπο, έχει σχηματισθεί δε από πολλούς ποταμούς, οι οποίοι κατέρχονται από τα γύρω

όρη και εναπόθεσαν αλλούβια σε μια περιοχή 27 km². Το έργο αυτό συνέχισαν αργότερα ο Κηφισός και ο Ιλισός.



Σχήμα 3.1. Δορυφορική εικόνα της Πάρνηθας (google earth)

3.1.1 Ενδιαφέροντα οικοσυστήματα στην περιοχή της Πάρνηθας

Στην περιοχή της Πάρνηθας συναντάμε πολλούς τύπους οικότοπων οι οποίοι είναι (ΕΥΔΑΠ, 2000) :

- Ποταμοί της Μεσογείου με περιοδική ροή.
- Υψηλοί θαμνώνες με *Juniperus oxycedrus*.
- Φρύγανα *Sarcopoterium spinosum*.
- Δάση σκληρόφυλλων που χρησιμοποιούνται για βοσκή με *Quercus ilex*, Χασμοφυτική βλάστηση βραχωδών πρανών Ασβεστολιθικές υποδιαίρεσεις.
- Δάση με *Olea* και *Ceratonia*.
- Μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων της Μεσογείου.

3.1.2 Χλωρίδα στις περιοχές της Πάρνηθας και της Πεντέλης

Οι κατηγορίες υπάρχουσας βλάστησης είναι:

- Δασική βλάστηση.
- Μακί δηλαδή θαμνώδεις σχηματισμοί, που αναπτύσσονται στις υγρότερες περιοχές της μεσογειακής ζώνης και μέχρι υψόμετρο 700 περίπου μέτρων και πολλές φορές σε περιοχές που υποβαθμίστηκαν από φωτιά ή βόσκηση.
- Φρύγανα.
- Γεωργικές καλλιέργειες.

Τα δάση καλύπτουν κυρίως τους ορεινούς όγκους των περιοχών της Πάρνηθας και της Πεντέλης. Η εν γένει αυτοφυής βλάστηση, της περιοχής έχει υποβαθμιστεί (λόγω βοσκήσεων, εγκαταστάσεως στρατιωτικών βιομηχανικών τμημάτων, γειτνιάσεως και επεκτάσεως οικισμών κλπ). Σημαντική έκταση καταλαμβάνουν οι βοσκότοποι, οι οποίοι κυρίως καταλαμβάνονται από φρύγανα.

Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις καλύπτονται κατά το μεγαλύτερο μέρος από ελαιόδεντρα, αμπέλια, ετήσιες καλλιέργειες και οπωροφόρα δένδρα.

Στην περιοχή των έργων, τα φυτικά είδη που συναντάμε είναι κατά κύριο λόγο φρύγανα. Η διάβρωση του εδάφους, σε συνδυασμό με τις υδρολογικές και κλιματικές συνθήκες, έχουν υποβαθμίσει τη βλάστηση. Ωστόσο, τα φρύγανα παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, αφού με το ριζικό τους σύστημα, συγκρατούν το εδαφικό στρώμα που καλύπτει τα ασβεστολιθικά πετρώματα.

Η ποικιλότητα της βλάστησης μεταβάλλεται στις κοίτες των χειμάρρων, όπου ο υδάτινος παράγοντας συμβάλλει στην ανάπτυξη περισσότερων ειδών.

3.1.3 Περιβαλλοντική σημασία της Πάρνηθας

Η Πάρνηθα είναι η βασικότερη περιοχή με υψηλή περιβαλλοντική σημασία. Είναι περιοχή που εντάσσεται στις Σ.Π.Π.Ε. (Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά της Ελλάδας) και περιοχή που εντάσσεται στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000 (κωδικοί περιοχής GR 3000001- GR 3000009). Από το 1961 η περιοχή έχει κηρυχθεί Εθνικός Δρυμός.

Το όρος Πάρνηθα έχει χαρακτηριστεί Τοπίο Ιδιαίτερου Κάλλους. Τα όρια της περιοχής αντιστοιχούν με αυτά του Εθνικού Δρυμού.

Η περιοχή GR 3000009 είναι χαρακτηρισμένη Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και περιέχεται εξ ολοκλήρου στην περιοχή GR 3000001 που είναι επιλέξιμη περιοχή Κοινοτικού Ενδιαφέροντος (Π.Κ.Ε.). Η περιοχή GR 3000009 αποτελεί τον πυρήνα του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας και περιλαμβάνει τα υψηλότερα τμήματα του βουνού.

Η σπουδαιότητα του Εθνικού Δρυμού της Πάρνηθας, με τη μεγάλη του βιοποικιλότητα, έγκειται στο ότι είναι μία πολύ ενδιαφέρουσα περιοχή ικανή για την προστασία και διατήρηση της χλωρίδας και πανίδας της Νότιας Ελλάδας. Η περιοχή έχει ήδη χαρακτηριστεί ως Ειδική Ζώνη Προστασίας για την προστασία της ορνιθοπανίδας. Η χλωρίδα της Πάρνηθας είναι μία από τις πλουσιότερες στην Ελλάδα, καθώς έχουν καταγραφεί 818 είδη φυτών, πολλά από τα οποία προστατεύονται νομικά τόσο σε εθνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Η γειτνίαση της Πάρνηθας με την πόλη των Αθηνών, σε συνδυασμό με τη μεγάλη αισθητική και οικολογική αξία της, συνηγορούν στην σπουδαιότητα της περιοχής αυτής, σαν ένα τόπο που πρέπει να προστατευτεί.

3.2 Μορφολογία στην περιοχή του ποταμού Κηφισού

Ο ποταμός Κηφισός με γενική διεύθυνση ροής από τα βορειοανατολικά προς τα νοτιοδυτικά, χαρακτηρίζεται από έντονο μαιανδρισμό με αποτέλεσμα η διεύθυνση ροής - σε επί μέρους τμήματα της περιοχής - να είναι είτε από βορρά προς νότο είτε από νοτιοανατολικά προς βορειοδυτικά.

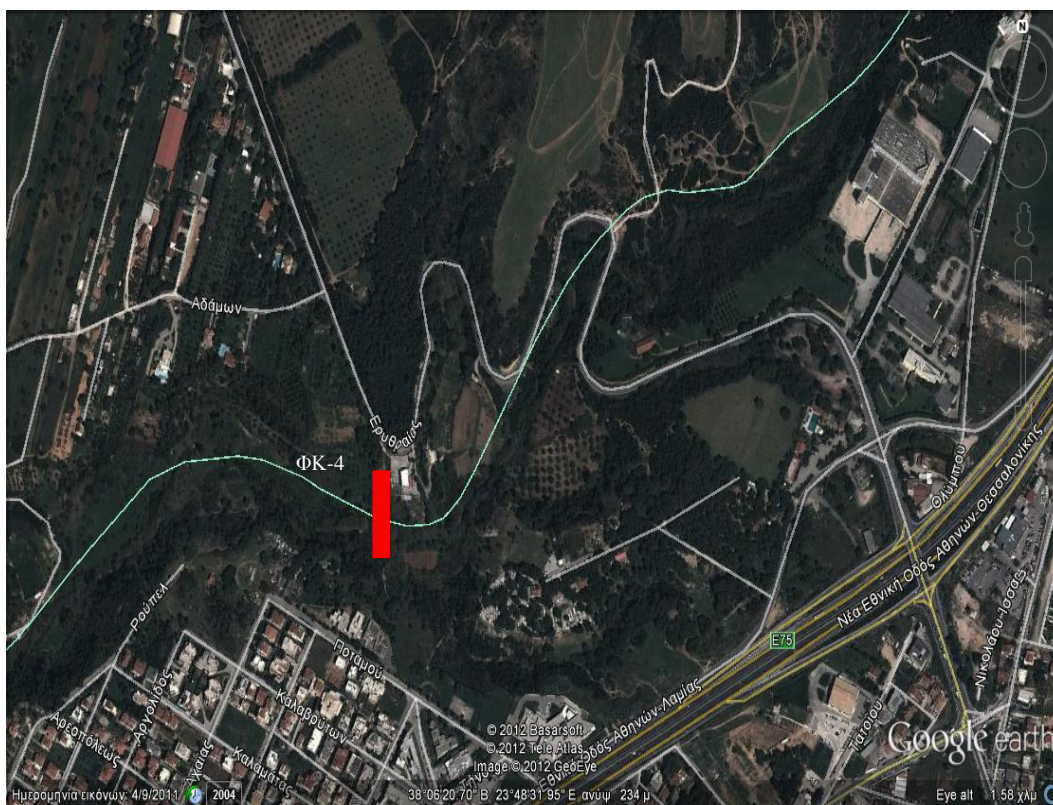
Τα πρηνή χαρακτηρίζονται από μέτριες έως - κατά περιοχές - απότομες κλίσεις, όπου η διαβρωτική διεργασία του ποταμού, έχει απογυμνώσει τα πρηνή από τα επιφανειακά εδαφικά υλικά. Τα υψηλότερα τμήματα των αντρερισμάτων, τα οποία καλύπτονται από χαλαρά εδαφικά υλικά, χαρακτηρίζονται από ήπιες έως πολύ ήπιες κλίσεις.

3.3 Μορφολογία στην περιοχή του φράγματος ΦΚ-4 και της λεκάνης κατάκλυσης

Η περιοχή του φράγματος ΦΚ-4, όπως φαίνεται κι από το Σχήμα 3.2 είναι ορεινή στα ανάντη με έντονη μορφολογία, εμφανή κοίτη, ήπιες κλίσεις πρηνών και κατά μήκος κλίση που γίνεται ηπιότερη προς τα κατόντη.

Χαρακτηρίζεται από έντονη θαμνώδη και δασώδη βλάστηση στην ορεινή λεκάνη, καθώς και περιορισμένες καλλιέργειες κατάντη. Στις κατοικημένες περιοχές χαρακτηρίζεται από ομαλό ανάγλυφο στο μεγαλύτερο μέρος.

Η περιοχή της λεκάνης κατάκλυσης, εντοπίζεται στο βόρειο ήμισυ της περιοχής έρευνας, αμέσως ανάντη της συμβολής του κύριου κλάδου με το μεγάλο πλευρικό ρεύμα, χαρακτηρίζεται από έντονο μορφολογικό ανάγλυφο με κλίση φυσικών πρανών 26° έως 30° στο χαμηλότερο τμήμα και ήπιο μορφολογικό ανάγλυφο με κλίση φυσικών πρανών μικρότερη από 14° στο υψηλότερο τμήμα των αντερεισμάτων. Η κατά μήκος κλίση του κύριου κλάδου του ρέματος στο τμήμα αυτό είναι της τάξης του 5%, το δε πλάτος της ευρύτερης κοίτης κυμαίνεται από 10 έως 40 m (ΕΥΔΑΠ, 2000).



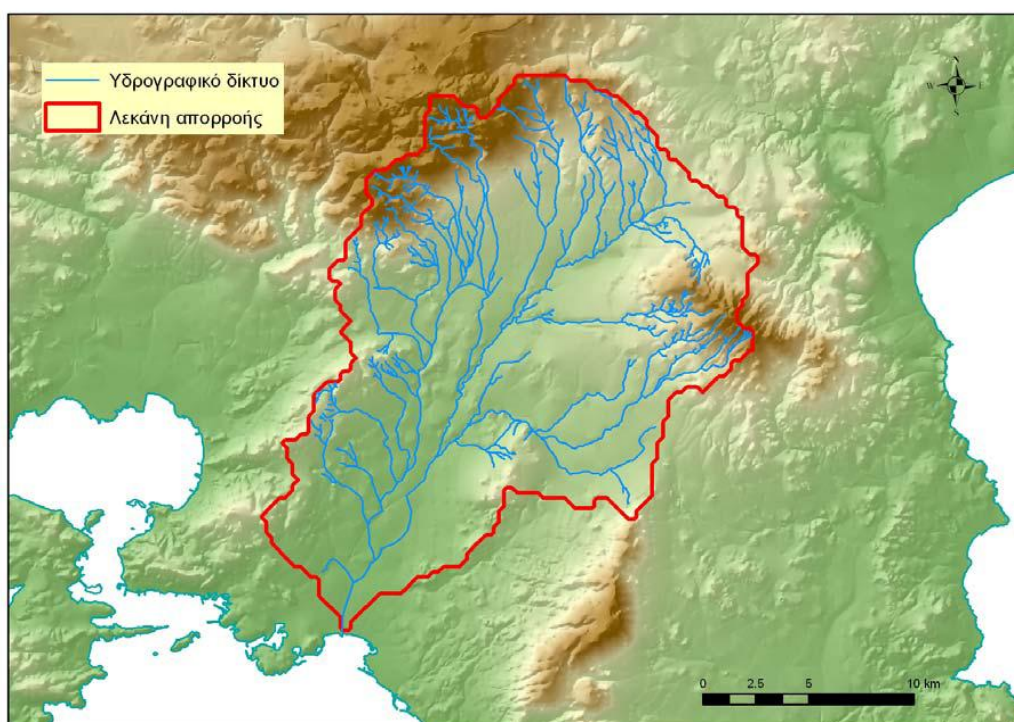
Σχήμα 3.2. Δορυφορική εικόνα του ΦΚ-4 (google earth)

4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1 Λεκάνη απορροής

4.1.1 Ευρύτερη λεκάνη απορροής

Ο Κηφισός αποτελεί τον κύριο αποδέκτη του λεκανοπεδίου της Αττικής (ΕΥΔΑΠ, 2000). Η επιφάνεια της λεκάνης απορροής είναι 380 km² (σχήμα 4.1) περίπου και το μήκος του 22 km, εκ των οποίων τα 14 km βρίσκονται εντός αστικής περιοχής και τα 8 km εκτός. Η περιοχή μελέτης, καλύπτει μια έκταση συνολικού εμβαδού 138,75 km². Ο Κηφισός είναι ο κεντρικός αποδέκτης των όμβριων υδάτων. Το ρόλο των συλλεκτήρων έχουν τα ρέματα, που διασχίζουν την περιοχή και τελικώς εκβάλουν στον Κηφισό. Ο χωρισμός των υπολεκανών απορροής έγινε με βάση αυτές τις φυσικές μισγάγγειες. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εξετάζεται η υπολεκάνη του ρέματος Φασίδερι - Αγίας Παρασκευής, στην οποία πρόκειται να κατασκευαστεί το φράγμα ΦΚ-4.



Σχήμα 4.1. Χάρτης της Λεκάνης Απορροής και του Υδρογραφικού Δίκτυου του Κηφισού Ποταμού (Φαλιάγκας, 2010)

Οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης ποικίλουν. Κυριαρχούν στις ανάντη ορεινές περιοχές τα δάση, θαμνώδεις εκτάσεις και κατάντη οι αστικές περιοχές. Υπάρχουν καλλιεργημένα εδάφη και περιοχές βιομηχανικής χρήσης. Πυρκαγιές έχουν υποστεί στο παρελθόν οι δασικές εκτάσεις της Πεντέλης, στα ανατολικά όρια της λεκάνης απορροής, οι οποίες μείωσαν τη δασοκάλυψη, που όμως έχει αναπτυχθεί ικανοποιητικά μετά τις αναδασώσεις.

Η μορφολογία των κατοικημένων περιοχών της λεκάνης Κηφισού χαρακτηρίζεται στο μεγαλύτερο μέρος της, από ομαλό ανάγλυφο. Στην ορεινή και ημιορεινή λεκάνη συναντώνται κυρίως ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, σχιστόλιθοι και προσχώσεις, ενώ αρκετές πεδινές περιοχές έχουν οικοδομηθεί.

Στην περιοχή μελέτης, υπάρχουν σημαντικά τεχνικά έργα. Η Λεωφόρος Ελευσίνας - Σταυρού - Σπάτων (Αττική οδός) διασχίζει την περιοχή από ανατολικά προς δυτικά, κοντά στο νότιο άκρο. Η εθνική οδός διασχίζει την γραμμή Αθηνών - Θεσσαλονίκης με διεύθυνση πάρομοια με της Εθνικής οδού, με διέλευσή της στο ύψος της Άνοιξης. Στο δυτικό όριο του αεροδρομίου του Τατοΐου έχει κατασκευαστεί το Ολυμπιακό χωριό. Η γραμμή μεταφοράς φυσικού αερίου έχει κατασκευαστεί και διασχίζει τις περιοχές Κρουονερίου, Θρακομακεδόνων και Μενιδίου με κατεύθυνση νοτιοδυτικά.

Η διατομή, το βάθος της και η κατά μήκος κλίση του Κηφισού, ποικίλουν στα περίπου 15 km μήκους του ρέματος στην περιοχή μελέτης. Είναι φυτοκαλυμμένη με θάμνους και δέντρα. Δεν λείπουν τα σημεία, που έχουν υποστεί καταπατήσεις και οικοδόμηση, ιδιαίτερα εντός των κατοικημένων περιοχών. Η διατομή του ρέματος για 1500 m περίπου είναι φυσική. Στα τελευταία 336 m, ανάντη της συμβολής με το ρέμα Αχαρνών, η κλειστή ορθογωνική διατομή του ρέματος έχει διευθετηθεί με διαστάσεις 12,00 X 6,00 m. Η διατομή αυτή διευρύνεται, κατά 6 m σε πλάτος, κατάντη, μετά τη συμβολή με το ρέμα Αχαρνών. Για μήκος 126,50 m, μέχρι τη γέφυρα μεταξύ Λεωφόρου Φιλαδέλφειας και Λάμπρου Κατσώνη, η διατομή έχει πλάτος 14 m και ύψος 6 m.

Σχετικά με υφιστάμενα δίκτυα Οργανισμών Κοινής Ωφέλειας (Ο.Κ.Ω.) στην περιοχή μελέτης, αναφορά γίνεται στον Παρακηφίσιο Συλλεκτήρα Ακαθάρτων

(Π.Σ.Α.), ο οποίος μάλιστα διέρχεται κάτω από τον Κηφισό στο ύψος της οδού Παπανικολή στην περιοχή της Νέας Φιλαδέλφειας. Επίσης, στην περιοχή της συμβολής του ρέματος Χελιδονούς στον Κηφισό, υπάρχουν εγκαταστάσεις της Ε.Υ.Δ.Α.Π. Από εκεί, ξεκινάει αγωγός ύδρευσης από χυτό σκυρόδεμα Φ1700, του οποίου η χάραξη ακολουθεί χωματόδρομο, σε ύψος 8-12 m από τη φυσική μισγάγγεια, για μήκος περί τα 2,50 km, μέχρι να εισέλθει σε αστική περιοχή. Κατά μήκος της οδοποιίας υπάρχουν σώματα αγκύρωσης και τεχνικά έργα εξαερισμού του εν λόγω αγωγού.

4.1.2 Υπολεκάνη ρέματος Φασίδερι

Η λεκάνη απορροής των ρεμάτων Φασίδερι και Αγίας Παρασκευής έχει έκταση 9,23 km² (ΕΥΔΑΠ, 2000). Το ρέμα Φασίδερι, διέρχεται με ανοιχτή διατομή από τις περιοχές του Κρουονερίου και της Άνοιξης και αφού προηγουμένως συμβάλει με το ρέμα της Αγίας Παρασκευής, καταλήγει στο ρέμα του Διονύσου.

Σε μεγάλο τμήμα της διαδρομής του, εκατέρωθεν της Εθνικής οδού, που το ρέμα διέρχεται από βιομηχανική περιοχή, όπως και στο τμήμα μεταξύ της σιδηροδρομικής γραμμής και της οδού Αγίου Αθανασίου, που διέρχεται από τις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας ΒΙC, έχουν γίνει επεμβάσεις στο ρέμα. Η διάβαση της Εθνικής οδού γίνεται μέσω φρεατίου, εισόδου πλάτους 6 μέτρα και δύο ορθογωνικών οχετών 4,00 X 1,50 m, οι οποίοι διατάσσονται δεξιά και αριστερά της οδικής διάβασης. Τεχνικά έργα διάβασης υπάρχουν στην Λεωφόρο Κρουονερίου, στη σιδηροδρομική γραμμή Αθήνας-Θεσσαλονίκης και στη διασταύρωση με την οδό Αγίου Αθανασίου, κατόπιν της σιδηροδρομικής γραμμής, ενώ εντός της ιδιοκτησίας ΒΙC, το ρέμα έχει αντικατασταθεί από ανοιχτή ορθογωνική διατομή 2,00 X 2,00 m.

4.2 Μαθηματική προσομοίωση της λεκάνης απορροής.

Ο όρος μαθηματική προσομοίωση της λεκάνης απορροής, θεωρείται η προσομοίωση με μαθηματικές σχέσεις, της συσχέτισης βροχόπτωσης - απορροής, η μετατροπή δηλαδή του υετογράμματος, που αποτελεί την είσοδο του συστήματος (input data), σε υδρογράφημα πλημμυρικών απορροών, που αποτελεί την έξοδο του συστήματος (output).

Μέσω του μαθηματικού προσομοιώματος είναι δυνατή η συνολική, λεπτομερής και σε βάθος μελέτη μιας υδρολογικής λεκάνης και των αναγκαίων έργων αντιπλημμυρικής προστασίας.

Η απόκριση μιας υδρολογικής λεκάνης, επηρεάζεται από φυσικές καταστροφές και ανθρώπινες επεμβάσεις. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα, αποτελούν οι πυρκαγιές, οι αλλαγές χρήσεως γης που προκύπτουν από την αστικοποίηση των αγροτικών περιοχών, η επιτάχυνση της ροής των ομβρίων υδάτων μέσω των τεχνητών υδαταγωγών αποχέτευσης, καθώς και η διακοπή του φυσικού ρου των ρεμάτων, που προκαλείται από τα οδικά έργα και την αυθαίρετη δόμηση. Έτσι, η κατάστρωση του μαθηματικού προσομοιώματος του ρέματος κρίθηκε σκόπιμο να γίνει τόσο για τις υφισταμένες συνθήκες, όσο και για τις μελλοντικές συνθήκες, που αφορούν την κατασκευή του φράγματος ανάσχεσης ΦΚ-4 και των συναφών έργων, ώστε να διερευνηθεί η συμπεριφορά του συστήματος.

Το μαθηματικό προσομοίωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το HEC-1 (Hydrologic Engineering Center, 1998) , το οποίο περιγράφει τη διαδικασία βροχόπτωσης - επιφανειακής απορροής αναπαριστώντας τη λεκάνη απορροής ως ένα σύνολο υπολεκανών, με το αντίστοιχο δίκτυο ρεμάτων.

Για τη σωστή κατάστρωση της μαθηματικής προσομοίωσης είναι απαραίτητο να γίνει η σωστή επιλογή της διάρκειας της βροχόπτωσης και να γίνει ο υπολογισμός των πλημμυρικών υδρογραφημάτων.

4.2.1 Διάρκεια Βροχόπτωσης-Υετόγραμμα

Η επιλογή της διάρκειας της βροχόπτωσης εξαρτάται από το μέγεθος της λεκάνης απορροής, το είδος και την σημασία του έργου (ΕΥΔΑΠ, 2000) .

Λαμβάνοντας υπόψη, ότι η λεκάνη απορροής είναι μικρή και με ομοιόμορφη κλίση και το προτεινόμενο φράγμα ΦΚ-4 είναι ένα φράγμα ανάσχεσης, τότε γίνονται οι εξής παραδοχές:

- βωρη διάρκεια βροχόπτωσης για τη διαστασιολόγηση του φράγματος ανάσχεσης και για τα έργα διευθετήσεων ρεμάτων και συλλεκτήρων

- $T=1000$ έτη και εξάωρη βροχόπτωση για τη διαστασιολόγηση των υπερχειλιστών και τον καθορισμό του υψόμετρου στέψης του φράγματος
- 12ωρη βροχόπτωση για $T=50$ έτη για την υφισταμένη και μελλοντική κατάσταση με τα έργα που προτείνονται.

Για την κατανομή του συνολικού ύψους βροχής στη μετρούμενη διάρκεια βροχόπτωσης, η μορφή του υετογράμματος λαμβάνεται "συμμετρική" σύμφωνα με τη σχετική μεθοδολογία η οποία περιλαμβάνεται στο χρησιμοποιούμενο προσομοίωμα HEC-1. Η συνολική χρονική διάρκεια της βροχόπτωσης t_r , κατανέμεται σε n χρονικά βήματα διάρκειας Δt το κάθε ένα. Χρησιμοποιώντας την όμβρια καμπύλη, υπολογίζεται η ένταση και το ύψος βροχής, που αντιστοιχεί σε διάρκειες Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$ κλπ. Στη συνέχεια με αφαίρεση, υπολογίζεται το επί πλέον ύψος βροχής, που αντιστοιχεί σε κάθε πρόσθετο χρονικό βήμα Δt . Το μέγιστο ύψος βροχής, διάρκειας Δt , λαμβάνεται στο μέσον του υετογράμματος. Τα υπόλοιπα ύψη βροχής διάρκειας Δt , λαμβάνονται διαδοχικά και με φθίνουσα σειρά εκατέρωθεν του μέσου.

4.2.2 Πλημμυρικά υδρογραφήματα

Ο υπολογισμός των πλημμυρικών υδρογραφημάτων, γίνεται στα διάφορα σημεία ελέγχου (κόμβους του δικτύου ρεμάτων), τα οποία υπολογίζονται στην έξοδο της υπολεκάνης μέσω της μεθόδου συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος κατά SCS (Soil Conservation Service, 1972).

Η μέθοδος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος κατά SCS είναι μια ρεαλιστική, εύχρηστη και σχετικά πρόσφατη μέθοδος, η οποία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ύψους περισεύματος βροχόπτωσης από μια δεδομένη βροχή με τη βοήθεια τριών μεταβλητών: του ύψους βροχής, της αρχικής κατάστασης υγρασίας εδάφους και του υδρολογικού συμπλόκου εδάφους- καλύμματος.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, το μοναδιαίο υδρογράφημα είναι τριγωνικό, με παροχή αιχμής (σε m^3/sec) $Q_p=2,08 F/T_p$, όπου F είναι η έκταση της λεκάνης σε km^2 και T_p ο χρόνος ανόδου του μοναδιαίου υδρογραφήματος σε ώρες. Ο χρόνος ανόδου υπολογίζεται από τη σχέση $T_p=t_r/2+t_{lag}$, όπου t_r είναι η

διάρκεια της βροχόπτωσης και t_{lag} ο χρόνος υστέρησης του υδρογραφήματος, το χρονικό δηλαδή διάστημα μεταξύ του κέντρου βάρους της βροχόπτωσης και του χρόνου της αιχμής της πλημμύρας. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ο χρόνος υστέρησης προτείνεται να λαμβάνεται ίσος με το 60% του χρόνου συγκεντρώσεως της λεκάνης ($t_{lag}=0,60T_c$). Ο χρόνος καθόδου του υδρογραφήματος λαμβάνεται ίσος με $1,67T_p$.

Ο χρόνος συγκεντρώσεως της λεκάνης απορροής, αποτελεί σύμφωνα με τα παραπάνω, σημαντική παράμετρο κατά τον προσδιορισμό του υδρογραφήματος. Ο υπολογισμός του χρόνου συγκεντρώσεως γίνεται με τη μέθοδο SCS σύμφωνα με τη σχέση:

$$t_c = (100L^{0.8}[(1000/CN) - 9]^{0.7}) / (1900s^{0.5})$$

t_c : ο χρόνος συρροής σε λεπτά

CN: ο αριθμός καμπύλης απορροής της λεκάνης

L: το υδραυλικό μήκος της λεκάνης απορροής σε ft

s: η μέση κλίση της λεκάνης(%)

Στην παραπάνω σχέση, με τον όρο υδραυλικό μήκος της λεκάνης απορροής L, νοείται το μέγιστο μήκος διαδρομής του νερού μέσα στη λεκάνη και επομένως το μήκος από το σημείο εξόδου της λεκάνης, έως το πλέον απομακρυσμένο σημείο του υδροκρίτη. Σαν αριθμό καμπύλης απορροής CN της λεκάνης, ονομάζουμε το δείκτη, ο οποίος δείχνει την κατάσταση του εδάφους σε σχέση με την απορροή. Ως μέση κλίση της λεκάνης νοείται η μέση εγκάρσια κλίση στις κλιτύες της υπολεκάνης. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι αυτό μπορεί να ισχύσει γενικά για μικρού μεγέθους υπολεκάνες με σχετικά ομοιόμορφες κλίσεις. Για μεγαλύτερες λεκάνες με σημαντικά μήκη μισγάγγειας, υπάρχουν επιφυλάξεις όσον αφορά την εφαρμογή της εγκάρσιας κλίσης, γιατί ενδέχεται να οδηγήσει σε υποεκτιμήσεις του χρόνου συρροής και επομένως σε υπερεκτιμήσεις των παροχών αιχμής. Στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκε για την υπολεκάνη του ρέματος Φασίδερι, η εγκάρσια κλίση των κλιτύων με τη σκέψη, ότι η υπολεκάνη που ορίζεται είναι αρκετά μικρή, με ομοιόμορφη κλίση και ότι η ευνοϊκή επίδραση των μικρότερων κλίσεων της

κύριας μισγάγγειας, λαμβάνεται υπόψη έτσι κι αλλιώς στη διόδευση πλημμύρας, των υδρογραφημάτων κατά μήκος των ρεμάτων.

Σε περιπτώσεις, που η υπολεκάνη είναι πολύ μικρή, ή έχει σχετικά μεγάλη κλίση και σχετικά υψηλούς αριθμούς CN, οι χρόνοι συγκεντρώσεως, που υπολογίζονται από την παραπάνω σχέση, είναι πολύ μικροί. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ως ελάχιστος χρόνος συγκεντρώσεως, θεωρήθηκαν τα 15 λεπτά. Για τον υπολογισμό των πλημμυρικών υδρογραφημάτων, το μαθηματικό προσομοίωμα προσδιορίζει:

- Τις υδρολογικές απώλειες.
- Τα επί μέρους υδρογραφήματα της υπολεκάνης.
- Τη σύνθεση και διόδευση των επί μέρος υδρογραφημάτων, μέσω του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης.
- Τη διόδευση των υδρογραφημάτων μέσω φραγμάτων και ταμιευτήρων.

Με τον όρο διόδευση εννοούμε τον υπολογισμό του πλημμυρικού υδρογραφήματος σε μια θέση Β στα κατόντη ενός υδατορρεύματος, όταν αυτό είναι γνωστό, σε μια θέση Α στα ανάντη ή αντίστοιχα τον υπολογισμό του πλημμυρικού υδρογραφήματος στην έξοδο ενός ταμιευτήρα όταν το υδρογράφημα είναι γνωστό στην είσοδο του ταμιευτήρα.

Για τους παραπάνω υπολογισμούς μέσω του HEC-1, δίνεται τη δυνατότητα εφαρμογής διαφόρων εναλλακτικών μεθόδων. Έτσι, για τον προσδιορισμό των υδρολογικών απωλειών, χρησιμοποιείται η μέθοδος κατά SCS. Για τον υπολογισμό των επί μέρους υδρογραφημάτων της υπολεκάνης από την απορρέουσα βροχόπτωση, επιλέγεται η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος, κατά SCS. Η διόδευση των πλημμυρικών υδρογραφημάτων μέσω του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης, γίνεται με τη μέθοδο Muskingum - Cunge. Για τον προσδιορισμό της διόδευσης του πλημμυρικού υδρογραφήματος, μέσω ταμιευτήρων και υπερχειλιστών, το HEC-1 προσφέρει κατάλληλες τεχνικές. Για τις υπολογισμούς των παροχών του Κηφισού θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση που έχει προκύψει για την περιοχή Δάλλα-Περισσού, για συχνότητα $T=50$ έτη για τον υπολογισμό παροχών του

Κηφισού και συμβαλλόντων, καθώς και για τον υπολογισμό παροχών σχεδιασμού, υπερχειλιστών έργων ανάσχεσης για τον όγκο ανάσχεσης μέχρι 5.000 m³:

$$i = \frac{47.26}{t^{0,71}} \quad (T=50)$$

Όπου i = Η ένταση της βροχόπτωσης για το χρόνο συγκέντρωσης και

t = Ο χρόνος συγκέντρωσης

4.2.2.1 Υδρολογικές απώλειες

Ο προσδιορισμός των υδρολογικών απωλειών, δηλαδή της κατακράτησης και της διήθησης, είναι πρωτίστης σημασίας, για τον αξιόπιστο υπολογισμό των πλημμυρικών παροχών (ΕΥΔΑΠ, 2000).

Οι πλήρεις θεωρητικές μέθοδοι για τον αναλυτικό προσδιορισμό της διήθησης και της κατακράτησης, γενικά δεν είναι εύχρηστες και εφαρμόσιμες. Οι συνήθως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι, διαχωρίζουν το σύνολο των υδρολογικών απωλειών από την βροχόπτωση, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες, όπως το ολικό ύψος βροχής, την περατότητα του εδάφους, την φυτοκάλυψη, τις χρήσεις γης και τις προϋπάρχουσες συνθήκες από πλευράς εδαφικής υγρασίας.

Στην παρούσα μελέτη, για το διαχωρισμό των συνολικών υδρολογικών απωλειών από το συνολικό ύψος βροχόπτωσης, χρησιμοποιείται η μέθοδος SCS, η οποία περιλαμβάνεται στο ομοίωμα HEC-1.

Σύμφωνα με τη μέθοδο SCS, αν δεν υπάρχει μέτρηση της απορροής, τότε οι παράγοντες που καθορίζουν το ύψος των υδρολογικών απωλειών και αντίστοιχα το ύψος της απορρέουσας βροχόπτωσης, περιγράφονται συνολικά από τον Αριθμό Καμπύλης Απορροής CN.

Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0 έως 100 και εξαρτάται από τις συνθήκες εδάφους και χρήσεις γης στην περιοχή, καθώς και από τις συνθήκες υγρασίας των προηγούμενων 5 ημερών.

Το μέγιστο δυνατό ύψος S των υδρολογικών απωλειών, υπολογίζεται από την εμπειρική εξίσωση βάσει του αριθμού CN:

$$S = \frac{25400}{CN - 254},$$

όπου S υπολογίζεται σε mm.

Το ύψος της απορρέουσας βροχόπτωσης Pe , δίδεται από τη σχέση:

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{(P + 0,80S)},$$

όπου P είναι το ύψος βροχής και Ia είναι το ύψος των αρχικών απωλειών, που πραγματοποιούνται στην αρχή της βροχόπτωσης πριν αρχίσει η απορροή. Λαμβάνεται $Ia=0,2S$. Η απορρέουσα βροχόπτωση υπολογίζεται αθροιστικά για τα διαδοχικά χρονικά βήματα Δt .

Το ύψος των υδρολογικών απωλειών, επηρεάζεται καταρχήν από τις προϋπάρχουσες της βροχόπτωσης συνθήκες στη λεκάνη απορροής. Οι προϋπάρχουσες συνθήκες, θεωρείται ότι διαμορφώνονται από το ύψος βροχής στη λεκάνη απορροής, 5 έως 30 ημέρες, πριν την εξεταζόμενη βροχόπτωση, και διακρίνονται κατά τη μέθοδο SCS σε τρεις κατηγορίες:

- Κατά την κατηγορία I, το έδαφος θεωρείται στεγνό,
- Κατά την κατηγορία II, αντιστοιχεί στις συνθήκες, που κατά μέσο όρο προϋπάρχουν της μέγιστης ετήσιας πλημμύρας.
- Κατά την κατηγορία III, αντιστοιχεί σε σχεδόν κορεσμένο έδαφος στη λεκάνη απορροής, το οποίο δημιουργείται από έντονες βροχοπτώσεις, κατά τις τελευταίες 5 ημέρες πριν την εξεταζόμενη βροχόπτωση, ή από λιγότερες έντονες βροχοπτώσεις, σε συνδυασμό με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Στην παρούσα μελέτη λαμβάνονται οι αριθμοί CN, που αντιστοιχούν στις προϋπάρχουσες συνθήκες της κατηγορίας II, δηλαδή των συνθηκών που κατά μέσο όρο προϋπάρχουν της μέγιστης ετήσιας πλημμύρας. Θεωρείται, ότι η παραδοχή της ύπαρξης συνθηκών κορεσμένου εδάφους (κατηγορία III),

παράλληλα με τις λαμβανόμενες περιόδους επαναφοράς βροχοπτώσεων 50 ή 10 ετών, αποτελεί σπάνιο συνδυασμό και θα οδηγήσει σε υπερδιαστασιολόγηση των έργων. Παρατηρείται, ότι η παραδοχή των συνθηκών της κατηγορίας III, δηλαδή των συνθηκών που αντιστοιχούν σε σχεδόν κορεσμένο έδαφος στη λεκάνη απορροής, αντιστοιχεί σε αύξηση του αριθμού CN έως 50%, σε σύγκριση με την παραδοχή της κατηγορίας II.

Όσον αφορά την επίδραση της περατότητας του εδάφους στον αριθμό CN, τα εδάφη διακρίνονται στις ακόλουθες 4 κατηγορίες: (ΕΥΔΑΠ, 2000)

- Κατηγορία εδάφους A:σχηματισμοί υψηλής περατότητας.
- Κατηγορία εδάφους B:σχηματισμοί μέτριας-υψηλής περατότητας
- Κατηγορία εδάφους C:σχηματισμοί μέτριας-χαμηλής περατότητας
- Κατηγορία εδάφους D:σχηματισμοί χαμηλής περατότητας

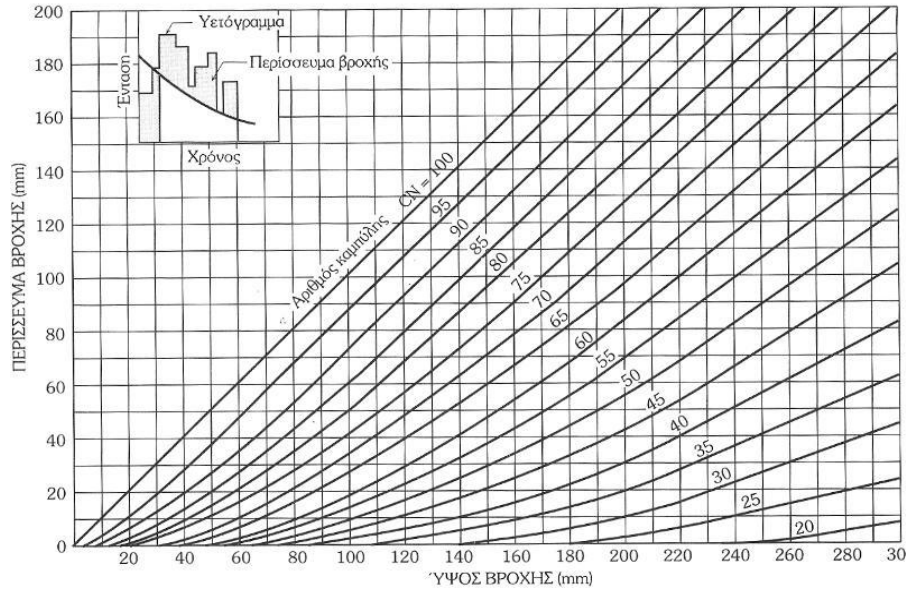
Το σύμπλοκο εδάφους φυτοκάλυψης που αντιπροσωπεύει τον τύπο του εδάφους από υδρολογική άποψη και την κατηγορία φυτοκάλυψης και χρήσης γης μπορεί να εκφρασθεί με τον αριθμό καμπύλης απορροής CN. Η SCS έχει δώσει πίνακες με τις τιμές του CN ανάλογα με την κατηγορία εδάφους και τη χρήση γης (Τσακίρης, 1995). Στον πίνακα 4.1 βλέπουμε τις προτεινόμενες τιμές του αριθμού καμπύλης απορροής CN.

Πίνακας 4.1. Τιμές CN που προσαρμόζονται καλύτερα στις ελληνικές συνθήκες (Wanielista, 1978)

Χρήση Γης	Υδρολογικός Τύπος Εδάφους			
	A	B	C	D
Καλλιεργημένες εκτάσεις				
• Χωρίς έργα συντήρησης	72	81	88	91
• Με έργα συντήρησης	62	71	78	81
Ορεινοί βοσκότοποι				
• Κακή κατάσταση	68	79	86	89
• Καλή κατάσταση	39	61	74	80
Λιβαδικές εκτάσεις				
• Καλή κατάσταση	30	58	71	78
Δασικές εκτάσεις				
• Αραιή συστάδα	45	66	77	83
• Πυκνή συστάδα	25	55	70	77

Ελεύθερες εκτάσεις, γήπεδα γκολφ, πάρκα				
• Καλή κατάσταση, κάλυψη με γρασίδι στο 75% της έκτασης	39	61	74	80
• Μέτρια κατάσταση, κάλυψη με γρασίδι στο 50% της περιοχής	49	69	79	84
Εμπορικές περιοχές (85% αδιαπέρατες)	89	92	94	95
Βιομηχανικές περιοχές (72% αδιαπέρατες)	81	88	91	93
Οικιστικές περιοχές				
Μέσο μέγεθος οικοπέδου	Ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας			
< 500	65	77	85	90
1000	40	61	75	83
1500	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Χώροι πάρκινγκ, στέγες κτλ.	98	98	98	98
Δρόμοι				
• με οδόστρωμα και αγωγούς ομβρίους	98	98	98	98
• χαλικόστρωτοι	76	85	89	91
• χωματόδρομοι	72	82	87	89
Αστικές συνθήκες				
• Γυμνό έδαφος	77	86	91	94
• Κήποι ή θάμνοι	72	81	88	91
• Μεγάλη κάλυψη με πράσινο (75% της διαπερατής περιοχής)	39	61	74	80
• Μέτρια κάλυψη πρασίνου (50-75% της διαπερατής περιοχής)	49	69	79	84
• Μικρή κάλυψη πρασίνου (< 50% της διαπερατής περιοχής)	68	79	86	89
• Άλση	36	60	73	79

Στο σχήμα 4.2 βλέπουμε τις τιμές που παίρνει ο αριθμός καμπύλης απορροής CN συναρτήσει του ύψους και του περισεύματος βροχής.



Σχήμα 4.2 Τιμές του CN συναρτήσει του ύψους και του περισσέυματος βροχής
(Κιουλέπογλου, 2009)

4.2.2.2 Διόδευση υδρογραφημάτων

Για τον υπολογισμό της διόδευσης των πλημμυρικών υδρογραφημάτων μέσω του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής, εφαρμόζεται στο μαθηματικό προσομοίωμα η μέθοδος Muskingum-Cunge (Mc Graw-Hill, 1988). η οποία θεωρείται ότι είναι απλούστερη και με λιγότερες αστάθειες αριθμητικών υπολογισμών χωρίς να υστερεί σε ακρίβεια έναντι άλλων μεθόδων. Επίσης θεωρείται κατάλληλη για ασταθείς ροές σε φυσικά ρεύματα χωρίς σημαντική αποθήκευση.

Για την εφαρμογή της μεθόδου Muskingum-Cunge απαιτούνται τα ακόλουθα στοιχεία:

- το μήκος διόδευσης L του εκάστοτε υδρογραφήματος και η κατά μήκος κλίση J
- μία αντιπροσωπευτική διατομή στο υπό εξέταση τμήμα του ρέματος
- ο συντελεστής τραχύτητας n (Manning) στον πυθμένα και τα πρανή της διατομής

Κατά την προσομοίωση των μελλοντικών καταστάσεων η διόδευση των πλημμυρικών υδρογραφημάτων, γίνεται μέσω των προτεινόμενων διατομών διευθετήσεων ρεμάτων και συλλεκτήρων.

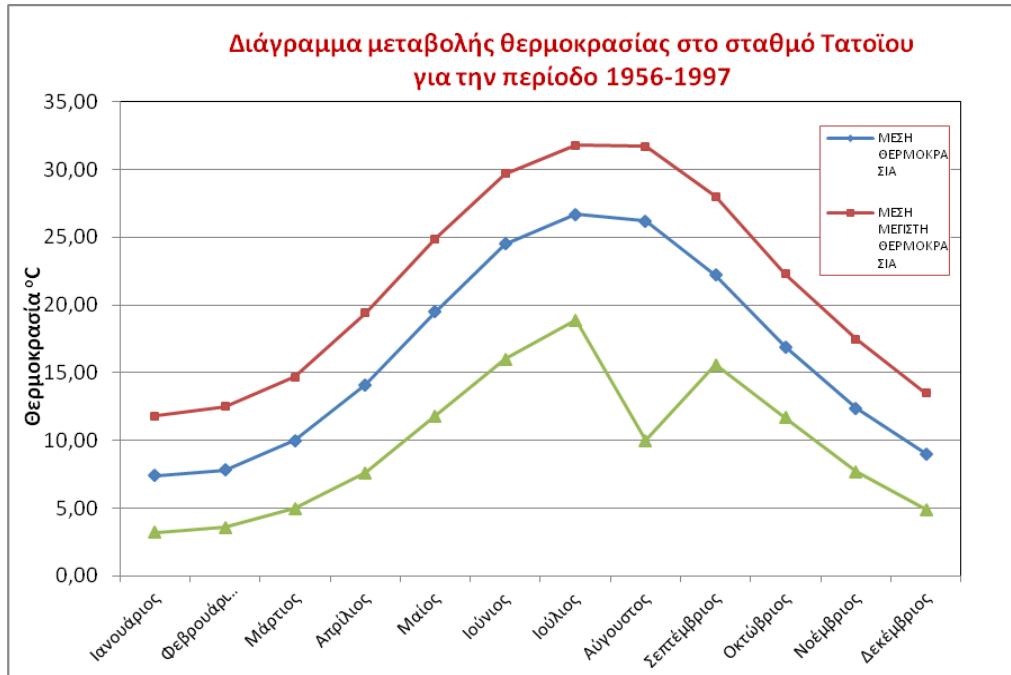
4.3 Μετεωρολογικά στοιχεία

Τα μετεωρολογικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης προέρχονται από το Μετεωρολογικό σταθμό Τατοΐου. Στον πίνακα 4.3 δίνονται τα συνοπτικά μηνιαία στοιχεία για την θερμοκρασία αέρα, την ατμοσφαιρική πίεση, τη σχετική υγρασία, τη νέφωση και τις βροχοπτώσεις. Το θερμοκρασιακό εύρος στη διάρκεια του χρόνου, κυμαίνεται μεταξύ 7,4° C και 26,7° C, ενώ η μέση μέγιστη είναι 31,8° C κατά το μήνα Ιούλιο και η μέση ελάχιστη 3,2° C κατά το μήνα Ιανουάριο. Κατά τον Ιούλιο έχουμε και την απόλυτη μέγιστη τιμή με 48° C, ενώ τον Ιανουάριο έχουμε την απόλυτη ελάχιστη τιμή με -8,8° C. Κατά συνέπεια, υπάρχουν ακραίες θερμοκρασιακές καταστάσεις. Έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές παρατηρούνται μεταξύ Απριλίου και Ιουλίου. Ο πιο ζεστός μήνας είναι ο Ιούλιος και αμέσως μετά ο Αύγουστος, ενώ οι πιο ψυχροί είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος. Οι βροχοπτώσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν περιορισμένες, εντοπίζονται κυρίως το Νοέμβριο, Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο, όπου οι τιμές της βροχής είναι 55,9 mm, 76 mm, 70,1 mm, 51,4 mm αντιστοίχως. Σχετική υγρασία παρατηρούμε κυρίως Ιανουάριο με 75,6%, Νοέμβριο με 75,4% και Δεκέμβριο με 77,9%. Τέλος νέφωση παρατηρείται κυρίως την περίοδο Νοεμβρίου- Μαρτίου.

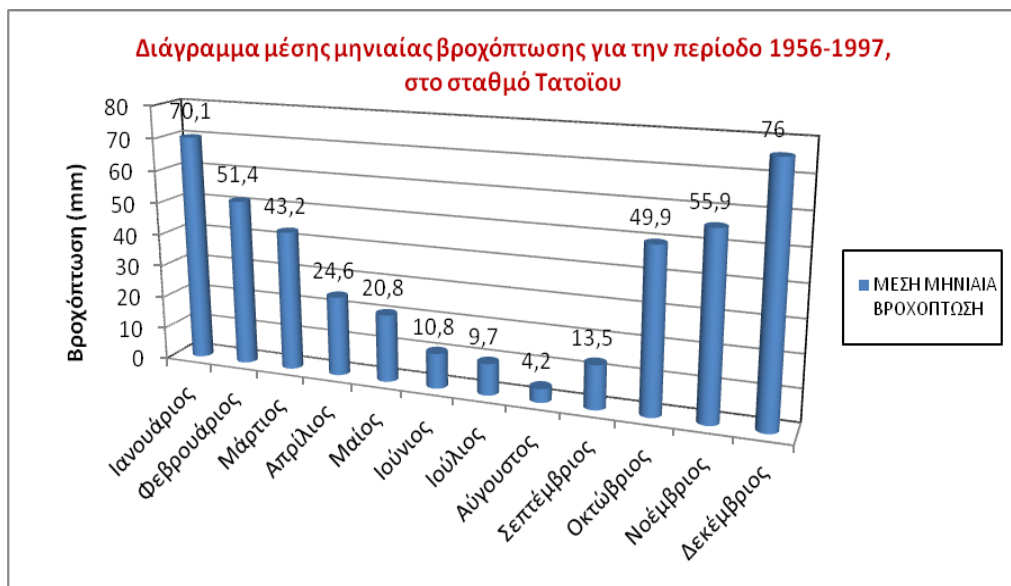
Πίνακας 4.2. Συνοπτικά μηνιαία στοιχεία για: α)την θερμοκρασία αέρα, β)την ατμοσφαιρική πίεση, γ)τη σχετική υγρασία, δ)τη νέφωση, ε)τις βροχοπτώσεις. (Μετεωρολογικός Σταθμός Τατοΐου)

ΜΗΝΑΣ	ΠΙΕΣΗ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ					ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΜΕΣΗ ΝΕΦΩΣΗ	ΒΡΟΧΗ
		ΜΕΣΗ	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ			
	(mBar)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(ημ/μήνα)	(mm)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1017,4	7,4	11,8	3,2	22,0	-8,8	75,6	4,7	70,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1016,3	7,8	12,5	3,6	24,4	-5,2	74,7	4,7	51,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	1015,1	10,0	14,7	5,0	26,0	-7,0	71,1	4,5	43,2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1012,6	14,1	19,4	7,6	30,0	1,8	64,6	3,9	24,6
ΜΑΙΟΣ	1013,0	19,5	24,9	11,8	39,0	2,4	56,4	3,1	20,8
ΙΟΥΝΙΟΣ	1012,1	24,5	29,7	16,0	42,0	7,0	47,9	2,0	10,8
ΙΟΥΛΙΟΣ	1011,0	26,7	31,8	18,9	48,0	10,4	44,7	1,1	9,7
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1011,5	26,2	31,7	10	43,0	10,5	45,8	1,0	4,2

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1014,6	22,2	28,0	15,6	39,6	6,1	54,6	1,7	13,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1017,1	16,9	22,3	11,7	38,0	1,5	66,6	3,2	49,9
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1017,6	12,4	17,5	7,7	28,6	-2,1	75,4	4,2	55,9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1016,9	9,0	13,5	4,9	22,4	-5,0	77,9	4,7	76,0



Σχήμα 4.3. Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας στο σταθμό Τατοΐου για την περίοδο 1956-1997



Σχήμα 4.4. Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για την περίοδο 1956-1997 στο σταθμό Τατοΐου

4.3.1 Κλίμα

Για το χαρακτηρισμό του κλίματος της περιοχής, υπολογίζεται ο βιοκλιματικός δείκτης. Για τη Μεσόγειο το ομβροθερμικό πηλίκο του Emberger είναι (Emberger, 1971):

$$Q = \frac{100P}{2(M-m)\frac{M+m}{2}} = 100\frac{P}{M^2 - m^2}$$

όπου

P ετήσια βροχόπτωση σε χιλιοστά

M μέση μέγιστη θερμοκρασία του θερμότερου μήνα

m μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα

Για την περιοχή μελέτης για τα έτη 1956-1997, P=430,1χιλ. , M=31,8°C και m=3,2°C επομένως Q=751,92, με δεδομένη μέση ελάχιστη θερμοκρασία (χειμώνα) 3,2°C και το δείκτη Q=751,92

5. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΣΤΟΝ 4^ο ΚΛΑΔΟ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ (ΡΕΜΑ ΦΑΣΙΔΕΡΙ)

5.1 Γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής

5.1.1 Γεωτεκτονικό πλαίσιο

Η ευρύτερη περιοχή του προτεινόμενου έργου, εντάσσεται στην Πελαγονική ζώνη, η οποία συναντάται στο Βορειοδυτικό όριο της περιοχής έρευνας και στη σειρά Αλμυροποτάμου- Αττικής, η οποία εντάσσεται στη ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως και εμφανίζεται στην περιοχή μελέτης με τη μορφή τεκτονικού παραθύρου. Η σειρά αυτή συναντάται στο Ανατολικό και Βορειοανατολικό όριο της περιοχής έρευνας (Φώτη, 2000).

Η γεωλογική εικόνα της περιοχής συμπληρώνεται από τους νεώτερους μεταλπικούς σχηματισμούς, οι οποίοι έχουν αποτεθεί σε όλα τα τεκτονικά βυθίσματα της περιοχής.

A. Πελαγονική ζώνη

Το τμήμα της Πελαγονικής ζώνης αποτελείται από (Φώτη, 2000):

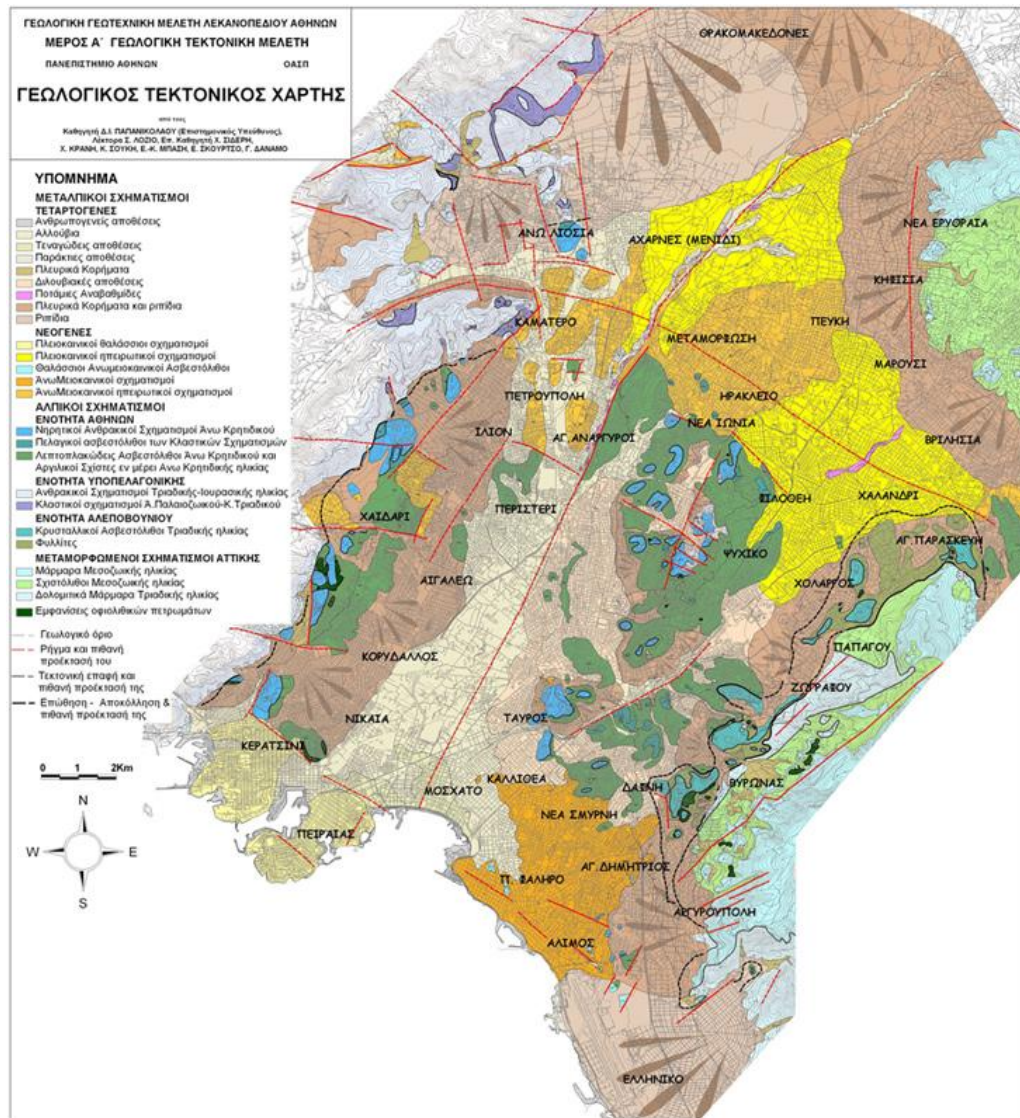
- Ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες του Μ. Τριαδικού-Κ. Ιουρασικού. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι ανοικτότεφροι και μερικές φορές σκοτεινότεφροι, μέσο στρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, έντονα κερματισμένοι, μικροκρυσταλλικοί και κατά θέσεις έντονα κρυσταλλικοί. Το πάχος τους, υπολογίζεται ότι φθάνει τα 700 m περίπου.
- Αρκόζες, γραουβάκες και αργιλικούς σχιστόλιθους του Ανώτερου Λιθανθρακοφόρου-Περμίου. Οι σχηματισμοί αυτοί συναντώνται σε εναλλαγές με φυλλίτες και χαλαζιακά κροκαλοπαγή. Πολύ συχνά, συναντώνται φακοειδείς ενστρώσεις ασβεστολίθων τεφρού έως μελανότεφρου χρώματος, πάχους μέχρι 200 m.

Β. Σειρά Αλμυροποτάμου-Αττικής

Η σειρά αυτή διακρίνεται σε τρεις επιμέρους λιθοστρωματογραφικές σειρές (Φώτη, 2000): Στη σειρά Αλμυροποτάμου στη Ν. Εύβοια, στη σειρά βορειοανατολικής Αττικής και στη σειρά Υμηττού-Ν. Αττικής.

Η ευρύτερη περιοχή των έργων εντάσσεται στη σειρά της Βορειοανατολικής Αττικής, οι σχηματισμοί της οποίας καταλαμβάνουν σχεδόν ολόκληρη την περιοχή της Βορειοανατολικής Αττικής, συμπεριλαμβανομένου και του ορεινού όγκου της Πεντέλης.

Η σειρά της Βορειοανατολικής Αττικής διακρίνεται, από τους παλαιότερους προς τους νεώτερους, στους παρακάτω επτά λιθοστρωματογραφικούς ορίζοντες:



Σχήμα 5.1. Γεωλογικός –Τεκτονικός χάρτης της Αττικής (Παπανικολάου, 2000)

- Μάρμαρα Πεντέλης, Παλαιοζωικής ηλικίας: Αποτελούν τον κατώτερο ορίζοντα της σειράς και είναι λευκού, λευκότεφρου ή κυανού χρώματος, λεπτά έως χονδροκρυσταλλικά, μεσοστρωματώδη έως παχυστρωματώδη και κατά θέσεις δολομιτικά.
- Σχιστόλιθοι Διονύσου, Τριαδικής ή Νεοπαλαιοζωικής ηλικίας : Εμφανίζονται στην περιοχή της Πεντέλης και παρεμβάλλονται μεταξύ των μαρμάρων της Πεντέλης και των μαρμάρων Γραμματικού. Οι σχιστόλιθοι Διονύσου περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία σχηματισμών, χαμηλού έως μέσου βαθμού μεταμόρφωσης (επιδοτικοί - κερροσιλβικοί, γνεύσιοι, αμφιβολίτες και σχιστόλιθοι κ. α.) καθώς και ορίζοντες παχυστρωματώδων μαρμάρων.
- Μάρμαρα Γραμματικού, Ιουρασικής ηλικίας: Αναπτύσσονται στη δυτική πλευρά της Πεντέλης και είναι λεπτοστρωματώδη έως μεσοστρωματώδη, τεφρόλευκα, αδροκλαστικά, μέτριας καρσικότητας. Τοπικά μεταπίπτουν σε σιπολινικά μάρμαρα και ασβεστιτικούς σχιστολίθους.
- Σχιστόλιθοι Μαραθώνα, Ιουρασικής ηλικίας: Είναι χλωριτικοί και μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι με ενστρώσεις σιπολινικών μαρμάρων.
- Μάρμαρα Μαραθώνα, Κατώτερης Κρητιδικής ηλικίας: Είναι λεπτοστρωματώδη έως μεσοστρωματώδη, μικροκρυσταλλικά με φακούς και ενστρώσεις πυριτολίθων, δολομιτικών μαρμάρων, λατυποπαγών μαρμάρων και σχιστολίθων.
- Σχιστόλιθοι Ραμνούντας, Μεσοκρητιδικής ηλικίας: Είναι μοσχοβιτικοί, χλωριτικοί, χαλαζιακοί και ανθρακικοί σχιστόλιθοι με παρεμβολές σιπολινικών μαρμάρων.
- Μάρμαρα Αγίας Μαρίνας, Ανωκρητιδικής ηλικίας: Είναι μεσο-έως παχυστρωματώδη, τεφρά έως υπόλευκα χωρίς σχιστολιθικές ενστρώσεις.

Γ. Μεταλλικά ιζήματα

Η παλαιογεωγραφική και τεκτονική εξέλιξη του Ελλαδικού χώρου μετά την Αλπική ορογένεση, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, καθόσον κατά την περίοδο

αυτή έχουν αποθεθεί ιζήματα, που χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία υλικών και δομής. Σύμφωνα με τα δεδομένα στην περιοχή έρευνας εντοπίστηκαν οι παρακάτω-κατά σειρά ηλικίας-μεταλλικοί σχηματισμοί που έχουν ως εξής (Φώτη, 2000):

- Νεογενείς αποθέσεις: Στη βάση των αποθέσεων αυτών, συναντώνται εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης, μάργες, άργιλοι και ψαμμίτες με παρεμβολές κροκαλοπαγών και κοιτάσματα λιγνιτών (περιοχή Περιστερίου). Οι νεογενείς σχηματισμοί εξελίσσονται σε χερσαίους σχηματισμούς, αποτελούμενοι από ερυθροπηλούς και κροκαλοπαγή.
- Πλειστοκαινικές αποθέσεις: Οι αποθέσεις αυτές διακρίνονται στις αποθέσεις της κλειστής λεκάνης Σκούρτων, οι οποίες αποτελούνται από αργιλοαμμώδη υλικά με ασβεστιτικά συγκρίματα και διάσπαρτες κροκαλολατύπες, μικρής συνεκτικότητας, καστανού-ερυθρού χρώματος. Το μέγιστο εκτιμώμενο πάχος των υλικών αυτών είναι 30 m. Επίσης διακρίνονται στα ραπίδια των χειμάρρων και στα προσχωσιγενή υλικά των κοιλάδων, που αποτελούνται από λατυποκροκάλες ποικίλου μεγέθους, ασβεστολιθικής κυρίως σύστασης, ισχυρά συνδεδεμένες με ψαμμιτομαργαϊκό συνδετικό υλικό, με μορφή λατυποκροκαλοπαγών σε παχιές τράπεζες. Το μέγιστο ορατό πάχος των υλικών αυτών είναι της τάξης των 30 m, ενώ από γεωτρήσεις έχει διαπιστωθεί ότι το πάχος αυτών φθάνει κατά περιοχές μέχρι τα 100 m.
- Ολοκαινικές αποθέσεις: Οι αποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν τις αλλουβιακές και ελλουβιακές προσχώσεις ως εξής:
 - Οι σύγχρονες και παλιότερες ποτάμιες αποθέσεις περιλαμβάνουν χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, ασύνδετες άμμους και κροκαλολατύπες στις κοίτες των ρεμάτων, ερυθρογή με κροκαλολατύπες σε μικρές εσωτερικές λεκάνες και σε μικρές χειμαρρώδεις αναβαθμίδες.
 - Τα πλευρικά κορήματα και αποσαθρώματα αποτελούνται από ασύνδετα αμμοϊλυώδη έως αργιλοϊλυώδη υλικά και χάλικες, κροκάλες. Ασύνδετα ή μικρής συνεκτικότητας κώνοι κορημάτων

και πλευρικά κορήματα συναντώνται κοντά στους ορεινούς όγκους.

5.1.2 Λιθοστρωματογραφικές ενότητες που συναντώνται στην στενή περιοχή ενδιαφέροντος

Εκτός από τη σειρά **Βορειοανατολικής Αττικής** και την **Πελαγονική ζώνη**, που ήδη αναφέρθηκαν παραπάνω, οι υπόλοιπες λιθοστρωματογραφικές ενότητες που συναντώνται ύστερα από συνοπτική ομαδοποίηση, είναι οι εξής: (Φώτη, 2000)

- **Νεογενείς αποθέσεις**

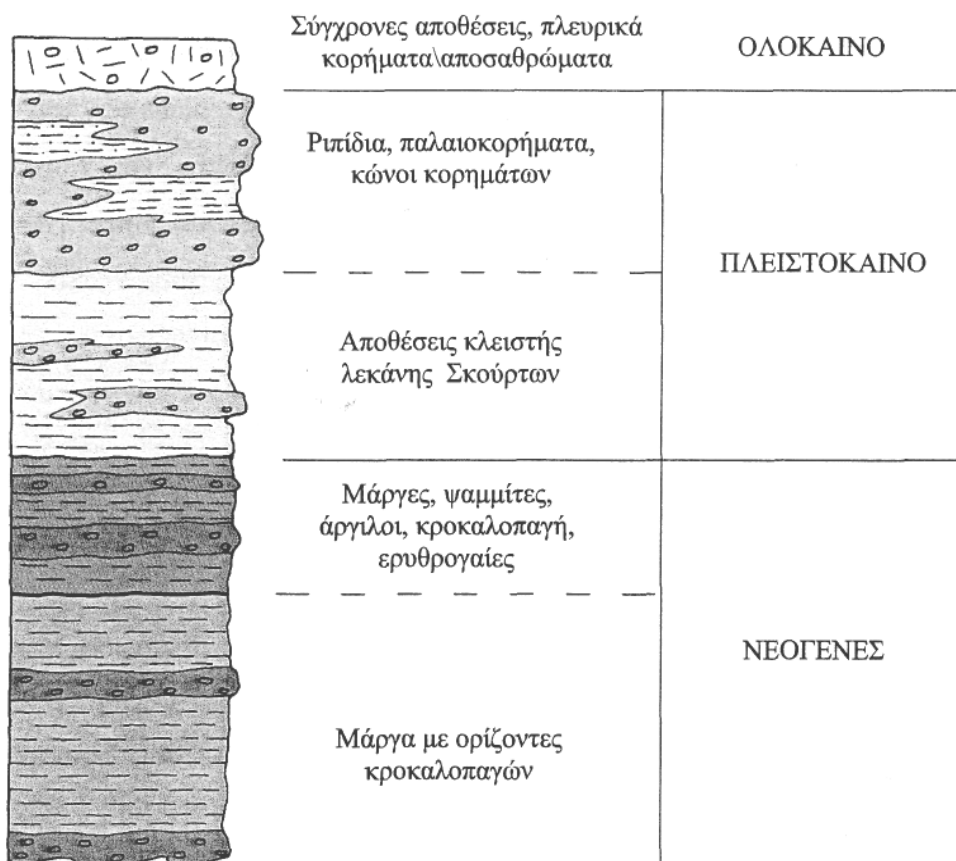
Οι νεογενείς αποθέσεις, οι οποίες συναντώνται τοπικά μόνο σε περιοχές με έντονη διάβρωση, αποτελούνται από μάργες γκρίζου χρώματος με ενστρώσεις παχυστρωματωδών κροκαλοπαγών και από μάργες ερυθρού - γκρίζου χρώματος με ενστρώσεις και φακούς παχυστρωματωδών κροκαλοπαγών.

- **Πλειστοκαινικές αποθέσεις**

Οι αποθέσεις αυτές, οι οποίες καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής έρευνας, αποτελούνται από δύο ευδιάκριτους ορίζοντες:

- **Ο κατώτερος στρωματογραφικά ορίζοντας** αποτελείται από εναλλαγές λεπτοκλαστικών, μεσοκλαστικών και αδροκλαστικών υλικών όπως π.χ. αργιλοϊλυώδη έως αμμο-ιλυώδη υλικά, άμμους, κροκαλοπαγή με όλους τους ενδιάμεσους λιθολογικούς τύπους. Συχνά συναντώνται ακανόνιστοι φακοί και αποσφηνώσεις υλικών με γρήγορη κοκκομετρική μετάβαση από τον ένα λιθολογικό τύπο στον άλλο.
- **Ο ανώτερος στρωματογραφικά ορίζοντας** αποτελείται από ψαμμιτομαργαϊκά λατυποκροκαλοπαγή με ισχυρή σύνδεση και τοπικά με μέτρια έως χαλαρή σύνδεση. Πολύ συχνά περιέχονται φακοειδείς ενστρώσεις καστανέρυθρου, αμμούχου, αργιλομαργαϊκού υλικού.

Στο παρακάτω σχήμα (5.2) δίνεται η απλουστευμένη λιθολογική στήλη των μεταλλικών ιζημάτων που συναντώνται στην περιοχή μελέτης.

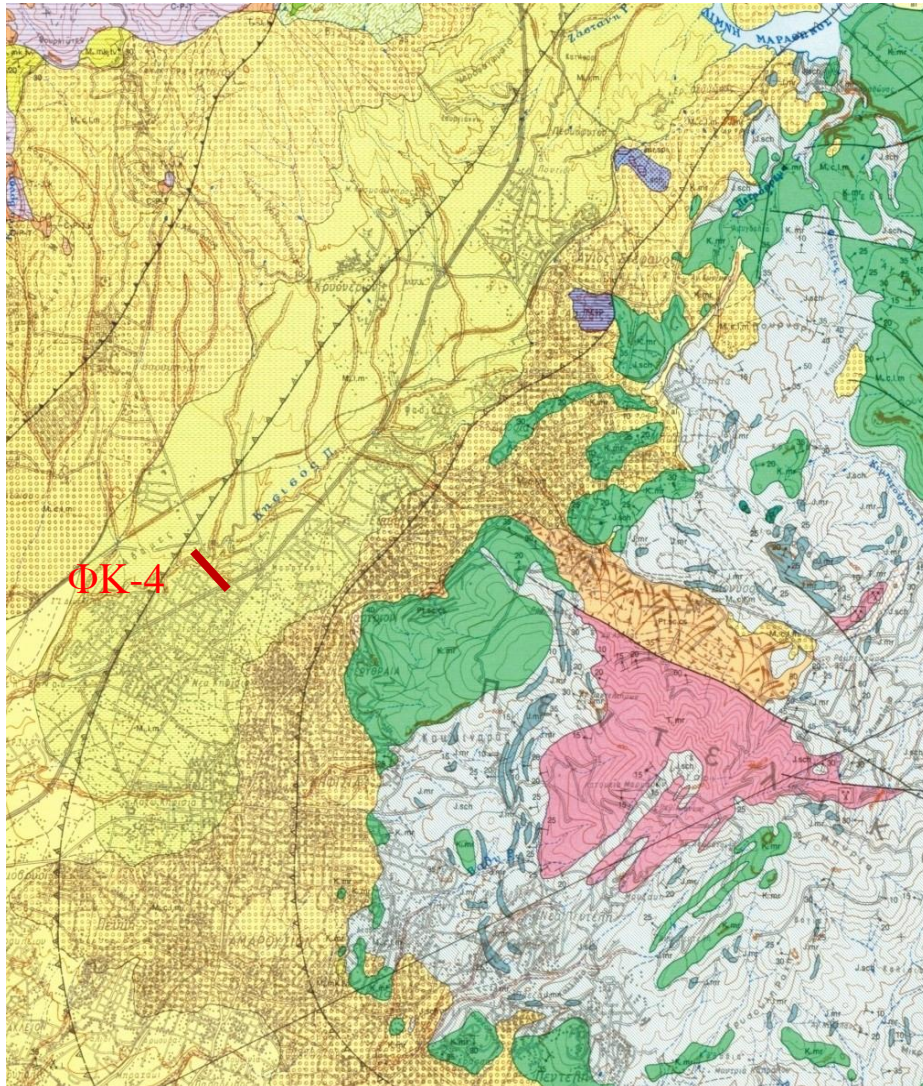


ΒΡΑΧΩΔΕΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Σχήμα 5.2. Απλουστευμένη και ενδεικτική στήλη των μεταλλικών ιζημάτων που συναντώνται στην περιοχή του έργου (Φώτη, 2000)

5.2 Γεωλογία στην περιοχή του φράγματος ΦΚ-4

Η θέση του φράγματος ΦΚ-4 και της λεκάνης κατάκλισης δομείται από Πλειστοκαινικούς σχηματισμούς, όπως φαίνεται και από τα σχήματα 5.3, 5.4 και 5.5 (Φώτη, 2000), οι οποίοι αποτελούν το υπόβαθρο θεμελίωσης του φράγματος και των συναφών έργων, καθώς και το υπόβαθρο της λεκάνης κατάκλισης. Αποτελούνται από εναλλαγές στρωμάτων αμμοιλύων, χαλίκων, κροκάλων με χαλαρή έως μέτρια σύνδεση και στρωμάτων μικροκροκαλοπαγών, κροκαλοπαγών με ισχυρή σύνδεση, οι οποίοι εμφανίζονται σε καλά διαμορφωμένους πάγκους, το πάχος των οποίων φθάνει τα 2.00 m . Οι πλειστοκαινικοί σχηματισμοί τόσο στην περιοχή του φράγματος όσο και στην περιοχή της λεκάνης κατάκλισης έχουν ΒΑ/κή-ΝΔ/κή



Σχήμα 5.3. Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής του ΦΚ-4 (ΙΓΜΕ, 2002)

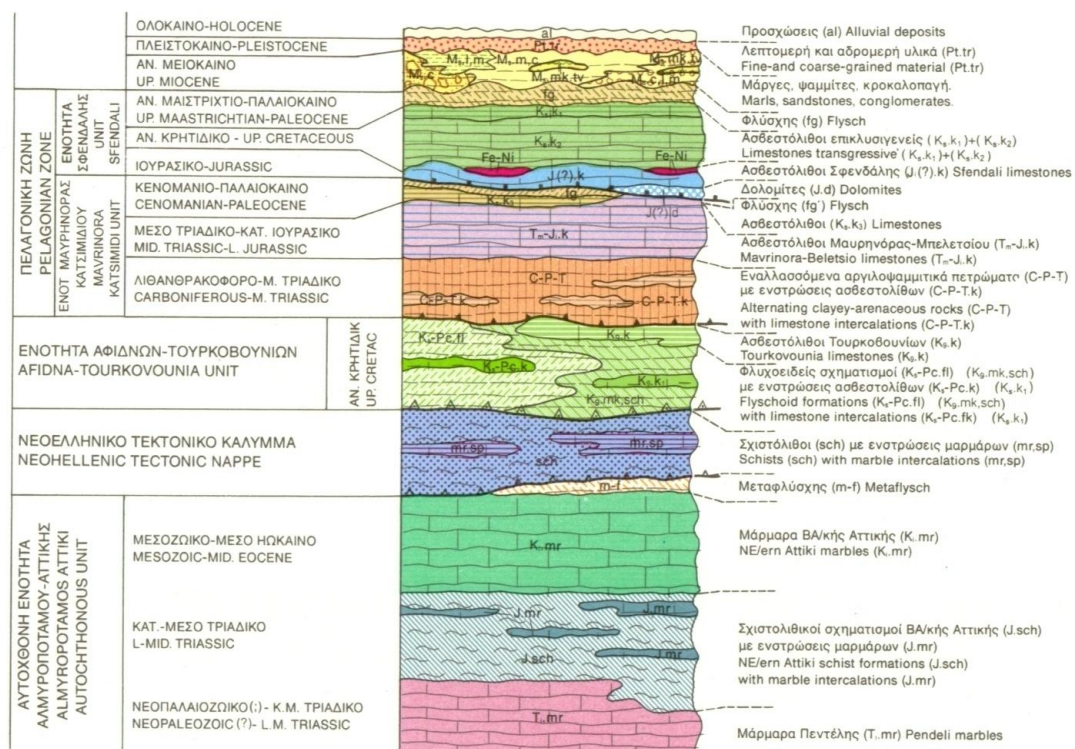
έως ΒΔ/κή-ΝΑ/κή διεύθυνση (παράταξης) και πολύ μικρές κλίσεις.

Σε αρκετές θέσεις καλύπτονται από χαλαρά εδαφικά υλικά, όπως τα πλευρικά κορήματα / αποσαθρώματα στην περιοχή των αντρεισμάτων και τις σύγχρονες / παλαιότερες προσχώσεις του ποταμού στην περιοχή της κοίτης.

Από υδρογεωλογική άποψη, οι Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί της περιοχής χαρακτηρίζονται αντίστοιχα από μικρή έως μέτρια διαπερατότητα (υλικά με χαλαρή έως μέτρια σύνδεση) και από μεγάλη έως πολύ μεγάλη διαπερατότητα (υλικά με ισχυρή σύνδεση).

Σε περιόδους πλημμυρικών παροχών και προσωρινής ανύψωσης της στάθμης του ταμειυτήρα, οι αδροκλαστικές ενστρώσεις - οι οποίες αποτελούν εύκολο μέσο διείσδυσης του νερού - θα πληρωθούν με νερό με αποτέλεσμα - λόγω της βύθισης των στρωμάτων προς το εσωτερικό των αντρεισμάτων -

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΤΗΛΗ
STRATIGRAPHIC - TECTONIC COLUMN

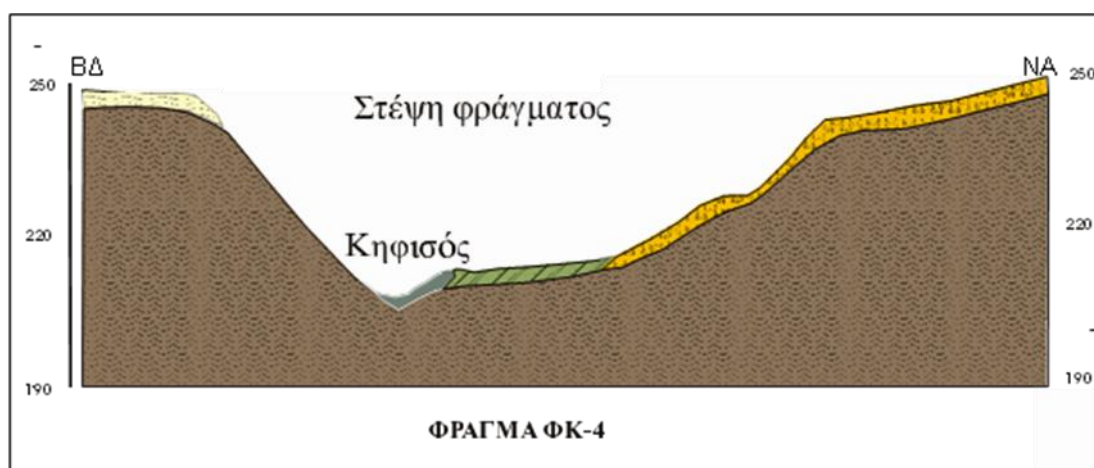







Σχήμα 5.4. Στρωματογραφική – Τεκτονική στήλη της περιοχής του ΦΚ-4 (ΙΓΜΕ, 2002)

να εμπλουτίζουν τους υπόγειους υδροφορείς και στις δύο πλευρές της λεκάνης.

Κατά τις εκκενώσεις του ταμιευτήρα και την αντιστροφή στη διεύθυνση κίνησης του υπόγειου νερού, εκτιμάται ότι θα υπάρξουν φαινόμενα διάβρωσης και απόπλυσης υλικών από τις λεπτοκλαστικές ενστρώσεις με αποτέλεσμα - μακροχρόνια - να δημιουργηθούν αποκολλήσεις και καταπτώσεις, ιδιαίτερα στις περιοχές, όπου τα πρανή είναι υψηλά και έχουν απότομες κλίσεις.

Από τεχνικογεωλογική άποψη, οι Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί έχουν μέτρια ποιοτικά χαρακτηριστικά, μέτριο συντελεστή διαβρωσιμότητας (υλικά με ισχυρή σύνδεση) και υλικά που έχουν πτωχά ποιοτικά χαρακτηριστικά και υψηλό συντελεστή διαβρωσιμότητας (υλικά με χαλαρή έως μέτρια σύνδεση).



-  Προϊόντα εκσκαφών, αστικά απορρίματα και άλλα εδαφικά υλικά του επιφανειακού μανδύα
-  Σύγχρονες ποτάμιες αποθέσεις αποτελούμενες από αμμο-ιλύδη υλικά, χάλικες, κροκάλες
-  Παλαιότερες ποτάμιες αποθέσεις αποτελούμενες από αργιλο-ιλύδη υλικά, χάλικες, κροκάλες
-  Πλευρικά κορήματα-αποσθρόματα αποτελούμενα από αργιλώδη έως αμμώδη υλικά, χάλικες, κροκάλες
-  Πλειστοκαινικές αποθέσεις αποτελούμενες από ερυθρού-γκρίζου χρώματος στρώματα/φακούς άμμων, ιλύων, χαλικών, κροκάλων με χαλαρή έως μέτρια σύνδεση και κροκαλοπαγή/μακροκροκαλοπαγή με ισχυρή σύνδεση

Σχήμα 5.5. Η τομή του φράγματος ΦΚ-4 (Φώτη, 2000)

Εκτός των πλειστοκαινικών σχηματισμών στη βάση των υψηλών πρανών συναντιούνται - κατά θέσεις - ογκόλιθοι, οι οποίοι προέρχονται από καταπτώσεις των υπερκείμενων κροκαλοπαγών σχηματισμών.

Στα υψηλότερα τμήματα των αντερεισμάτων, έχουν αποθεθεί - κατά θέσεις - μεγάλες ποσότητες από προϊόντα εκσκαφής και άλλα εδαφικά υλικά του επιφανειακού μανδύα και τα οποία προκαλούν αστάθεια στα αντερείσματα.

Επίσης οι συνθήκες ευστάθειας των αντερεισμάτων, επηρεάζονται από τη συνεχιζόμενη διαβρωτική διεργασία του ποταμού, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την υποσκαφή των πρανών και την πρόκληση ασταθειών, κυρίως καταπτώσεων, ιδιαίτερα στις περιοχές όπου ο ποταμός έχει δημιουργήσει βαθιές εγκολπώσεις με υψηλά πρανή και απότομες κλίσεις.

Σύμφωνα με τα παραπάνω το λιθόρριπτο φράγμα ΦΚ-4 προτείνεται με κλίσεις πρανών ανάντη 1÷5 και κατόντη 1÷2 και λιθορριπή προστασίας του ανάντη πρανούς πάχους 0,90 μέτρων και μεμβράνη στεγανότητας.

Παρακάτω βλέπουμε μερικές φωτογραφίες από την περιοχή του προτεινόμενου φράγματος.



Φωτογραφία 5.1. Θέση φράγματος ΦΚ-4.

Μερική άποψη του αριστερού αντερείσματος.



Φωτογραφία 5.2. Θέση φράγματος ΦΚ-4.
Γενική άποψη του αριστερού αντερείσματος.



Φωτογραφία 5.3. Μακρινή εικόνα από την περιοχή του φράγματος ΦΚ-4



Φωτογραφία 5.4. Θέση φράγματος ΦΚ-4.
Μερική άποψη του δεξιού αντερείσματος



Φωτογραφία 5.5. Θέση φράγματος ΦΚ-4.
Γενική άποψη του δεξιού αντερείσματος



Φωτογραφία 5.6. Το ανατολικό μέρος του δεξιού αντερείσματος



Φωτογραφία 5.7. Κοντινό μέρος του δεξιού αντερείσματος

Στην επόμενη φωτογραφία βλέπουμε την περιοχή μεταξύ του ΦΚ-4 και του φράγματος που προτάθηκε να κατασκευαστεί ανάντη.



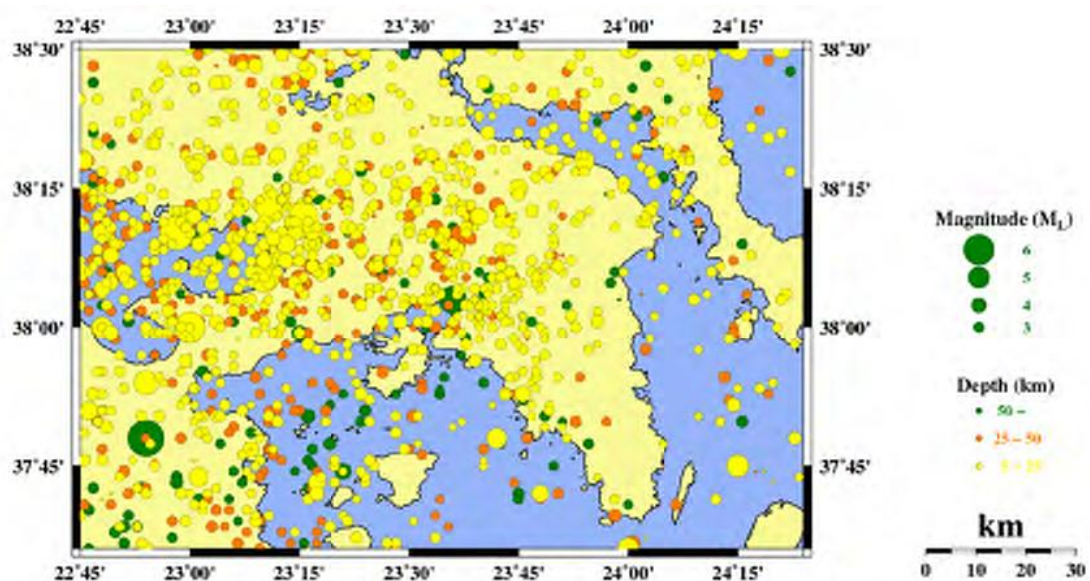
Φωτογραφία 5.8. Το χαμηλότερο τμήμα του πρανούς δομείται από αργιλοϊλυώδη υλικά ερυθρού χρώματος με ενστρώσεις άμμων και μικροκροκαλοπαγών ημισυνεκτικής δομής (ορίζοντας 1). Το υψηλότερο τμήμα του πρανούς, δομείται από εναλλαγές άμμων και κροκαλοπαγών, ημισυνεκτικής δομής (ορίζοντας 2).

6. ΣΕΙΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

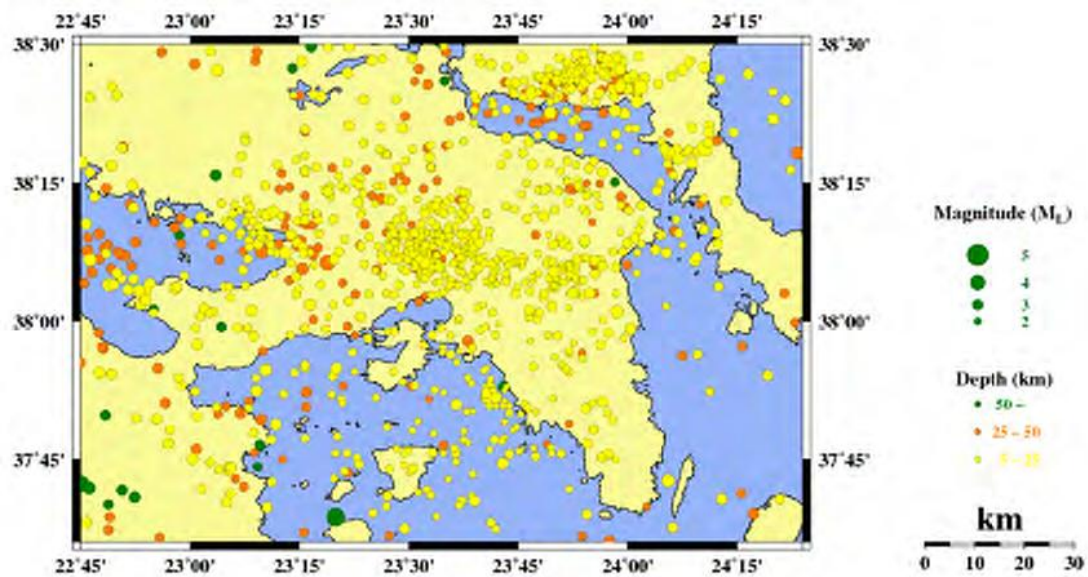
Η ευρύτερη περιοχή της Αττικής, η οποία θεωρείται ως μια περιοχή χαμηλής σεισμικότητας, από άποψη φιλοξενίας σεισμικών επικέντρων (Γαλανόπουλος 1966), επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τα ρήγματα του Ανατολικού Κορινθιακού κόλπου, τη σεισμογενή ζώνη Θηβών και το ρήγμα Αταλάντης - Μαρτίνου.

Σημειώνεται, ότι μετά τη σεισμική δραστηριότητα, που εκδηλώθηκε κατά την περίοδο Σεπτεμβρίου 1999 στην περιοχή της Πάρνηθας, η ευρύτερη περιοχή της Αττικής, βρίσκεται κάτω από συνεχή έλεγχο της σεισμικής δραστηριότητας. Πριν από το σεισμό της 7ης Σεπτεμβρίου 1999, ο μόνος σεισμός με επίκεντρο στην περιοχή της Αττικής, που προκάλεσε σημαντικές βλάβες (ένταση VII – VIII βαθμών) ήταν της 20ης Ιουλίου 1938 (M=6.0, βόρειες παρυφές Πάρνηθας).

Παρακάτω δίνονται τα σχήματα 6.1 και 6.2. Ο χάρτης του σχήματος 6.1 αναφέρεται για την χρονική περίοδο 1951-2007, ενώ ο χάρτης του σχήματος 6.2 για την περίοδο 2001-2007 από τον οποίο οι επιλύσεις των σεισμών προέρχονται μετά την ανάπτυξη του ψηφιακού δικτύου του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου.



Σχήμα 6.1 Χάρτες χωρικής κατανομής σεισμικών επικέντρων στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, για την περίοδο 1950-2007 (Καλογεράς, Μελής, Κωνσταντίνου, Σταυρακάκης, 2008)



Σχήμα 6.2 Χάρτες χωρικής κατανομής σεισμικών επικέντρων στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, για την περίοδο 2001-2007 (Καλογεράς, Μελής, Κωνσταντίνου, Σταυρακάκης, 2008)

7. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΦΚ-4 (ΡΕΜΑ ΦΑΣΙΔΕΡΙ)

7.1 Έλεγχος ευαισθησίας των παραδοχών του μαθηματικού προσομοιώματος της λεκάνης του ποταμού Κηφισού ανάντη του Κόκκινου Μύλου

Για τη σωστή κατάστρωση ενός υδρολογικού μοντέλου θα πρέπει αρχικά να γίνει έλεγχος, ως προς την ορθότητα των αποτελεσμάτων του. Στην προκειμένη περίπτωση, θα γίνει μια προσπάθεια ανάλυσης της ευαισθησίας στις μεταβολές των τιμών των σχετικών παραμέτρων, όπως δίνονται στα επόμενα κεφάλαια, ενώ στη συνέχεια θα γίνει περιγραφή της μεθοδολογίας και των κριτηρίων κατάστρωσης των υδρολογικών μοντέλων, για την περιοχή του ΦΚ-4, ώστε να γίνει προσπάθεια να παρουσιαστούν οι εξεταζόμενες περιπτώσεις με τα αντίστοιχα συμπεράσματα, καθώς και τα συμπεράσματα από το πόσο οι μεταβολές στις τιμές των παρακάτω παραμέτρων θα επηρεάσουν την ακρίβεια του μαθηματικού προσομοιώματος.

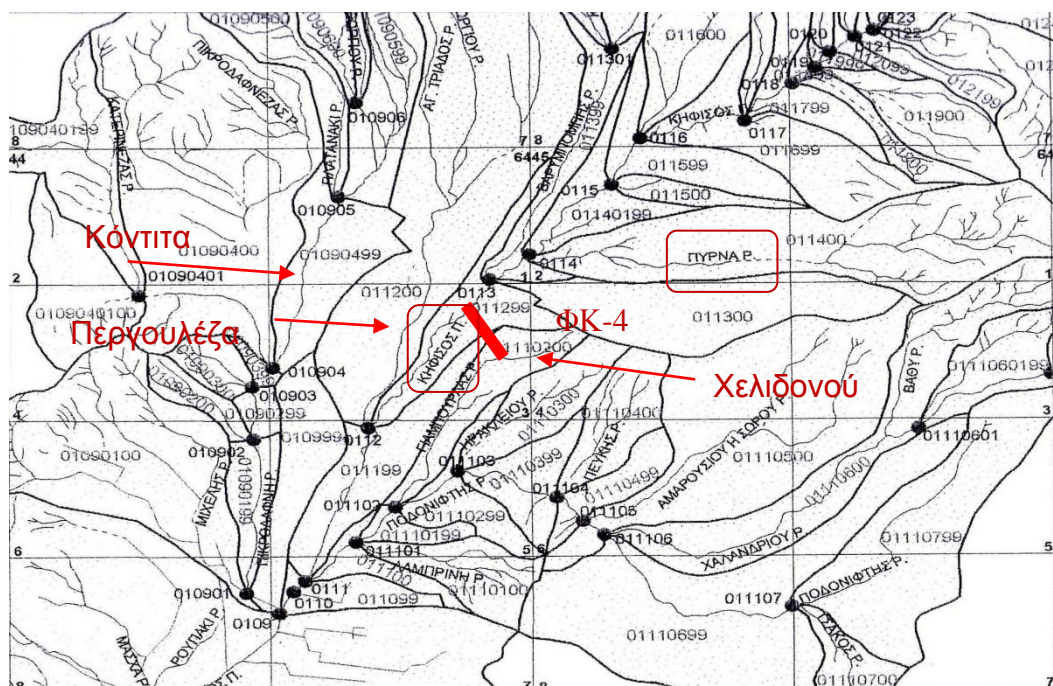
Για τον έλεγχο της ευαισθησίας της μαθηματικής προσομοίωσης, στη μεταβολή των διάφορων παραμέτρων, έγιναν διάφοροι έλεγχοι της υφιστάμενης κατάστασης, ώστε να διαπιστωθεί εάν και σε ποιο βαθμό οι μεταβολές αυτές επηρεάζουν τα αποτελέσματα του προσομοιώματος και ποια η συμπεριφορά του σε περίπτωση λανθασμένης εκτίμησης των παραμέτρων αυτών. (ΕΥΔΑΠ, 2000)

Για το σκοπό αυτό έγιναν οι έλεγχοι του μαθηματικού ομοιώματος μεταβάλλοντας τις τιμές των παρακάτω παραμέτρων:

1. Αριθμός καμπύλης απορροής (Curve Number, CN)
2. Κατά μήκος κλίση (S) του ρέματος
3. Ο συντελεστής τραχύτητας (K) Manning
4. Κλίσεις πρηνών του ρέματος (Z)
5. Το πλάτος (B) της διατομής του ρέματος

Μέσα από τους ελέγχους που έγιναν, έγινε μια προσπάθεια να προσδιοριστούν οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των παραπάνω παραμέτρων προκειμένου να εκτιμηθούν τα πιθανά λάθη κατά τις μετρήσεις. Μέσα από τις εκτιμήσεις αυτές προέκυψε και η γενική αυξομείωση κατά ποσοστό ή κατά απόλυτη τιμή για κάθε παράμετρο ξεχωριστά. Σημειώνεται ότι οι γενικές αλλαγές (αυξομειώσεις) για κάθε παράμετρο ξεχωριστά στο σύνολο της ανάντη του Κόκκινου Μύλου λεκάνης του Κηφισού, οδηγούν σε συντηρητικά αποτελέσματα όσον αφορά στην επιρροή των αλλαγών αυτών στο μαθηματικό προσομοίωμα.

Στο σχήμα 7.1 βλέπουμε τα ρέματα του κλάδου 1 του Κηφισού, Περγουλέζας, Κόντιπας, Χελιδονού και Πύρνας, στα οποία έγιναν οι έλεγχοι για την αξιοπιστία της μαθηματικής προσομοίωσης στην αυξομείωση των παραπάνω παραμέτρων.



Σχήμα 7.1 Χάρτης των ρεμάτων, κλ. 1:5.000 (ΓΥΣ)

Στους πίνακες που θα ακολουθήσουν (βλέπε μετρήσεις ΕΥΔΑΠ) θα δούμε τις ποσοστιαίες μεταβολές της παροχής κατά τη συμβολή του ποταμού Κηφισού με τα ρέματα του παραπάνω σχήματος:

α. Αριθμός καμπύλης απορροής (CN)

Για τον προσδιορισμό της επιρροής του αριθμού καμπύλης απορροής (curve number), έγιναν οι έλεγχοι θεωρώντας ότι το πιθανό λάθος στην εκτίμησή του είναι της τάξεως του ± 3 κατά απόλυτη τιμή. Οι γενικές αλλαγές που έγιναν στο μαθηματικό ομοίωμα ήταν ± 5 και ± 3 κατ' απόλυτη τιμή, καθώς και κατά ποσοστό ± 3 % και ± 5 %.

Στους πίνακες 7.1- 7.3 παρατηρούμε ότι ενδεχόμενη αυξομείωση ± 5 % των τιμών CN κατά απόλυτη τιμή προκαλεί μια αρκετά μεγάλη αυξομείωση στην παροχή κι ειδικά για τον κλάδο 1 του Κηφισού, όπου οι τιμές είναι 40,92% και -31,45% και για το ρέμα Περγουλέζας είναι 43,49% και -31,16%. Αντιστοίχως και τα για τα υπόλοιπα ρέματα η αύξηση της παροχής είναι άνω ± 30 % με εξαίρεση τα ρέματα Πύρνας και Αχαρνών όπου η μείωση της παροχής είναι -29,04 και -29,03. Επίσης όσον αφορά την αυξομείωση ± 3 % των τιμών CN τότε παρατηρείται μια επίσης μεγάλη αυξομείωση στις τιμές των παροχών με μια μέση τιμή της τάξεως του ± 20 %. Μεγαλύτερη αύξηση παρατηρούμε στα ρέματα Περγουλέζας με 25,53%, κλάδου 1 του Κηφισού με 23,93% και Χελιδονούς με 23,91%. Αντιθέτως τη μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζουν τα ρέματα κλάδου 1 του Κηφισού, Περγουλέζας και Κόντιπας με μια μείωση της τάξεως άνω του -19%.

Παρακάτω φαίνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα λόγω των αυξομειώσεων της παραμέτρου CN στη λεκάνη του Κηφισού, ανάντη του Κόκκινου Μύλου για την υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 7.1. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN κατά απόλυτη τιμή σε συμβολή με τον κλάδο 1 του Κηφισού και το ρέμα της Περγουλέζας (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ. CN	Κλάδος 1	Κηφισός	Συμβολή	Περγουλέζα	Κηφισός	Συμβολή
+5%	48,94	40,84	40,92	44,98	39,28	43,49
+3%	28,52	23,89	23,93	26,78	23,06	25,53
-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-3%	-24,09	-19,34	-19,44	-22,26	-18,79	-19,27
-5%	-38,62	-31,36	-31,45	-34,12	-30,80	-31,16

Πίνακας 7.2. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN κατά απόλυτη τιμή σε συμβολή με το ρέμα Κόντιπας και Χελιδονού (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ. CN	Κόντιπα	Κηφισός	Συμβολή	Χελιδονού	Κηφισός	Συμβολή
+5%	20,90	37,50	32,39	32,83	42,32	36,45
+3%	10,09	22,23	18,36	19,00	24,78	23,91
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-3%	-20,47	-18,16	-19,56	-17,67	-19,54	-18,97
-5%	-30,95	-29,33	-31,03	-28,75	-31,45	-30,70

Πίνακας 7.3. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN κατά απόλυτη τιμή σε συμβολή με το ρέμα Πύρνας και Αχαρνών (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ. CN	Πύρνας	Κηφισός	Συμβολή	Αχαρνών	Κηφισός	Συμβολή
+5%	34,79	39,77	37,62	30,09	33,05	32,82
+3%	20,78	23,44	22,21	18,14	19,65	19,52
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-3%	-18,37	-18,84	-17,97	-16,83	-18,58	-17,85
-5%	-29,15	-30,43	-29,04	-27,37	-29,53	-29,03

Στους πίνακες 7.4-7.6 διαπιστώνεται ότι λάθος εκτίμηση κατά ± 3 της παραμέτρου CN έχει σαν αποτέλεσμα λάθος υπολογισμό της παροχής στα ρέματα κλάδου 1, Περγουλέζας και Χελιδονούς της τάξεως του 18-19% και -14%. Για το ρέμα Κόντιπα η αυξομείωση είναι 13,51% και -15,46%, για το ρέμα Πύρνα 16,64% και -13,85%, ενώ για το ρέμα Αχαρνών είναι +/-24%. Η αντίστοιχη μεταβολή για λάθος εκτίμηση του CN κατά +5% είναι της τάξεως του 28-30% στα ρέματα κλάδου 1, Περγουλέζας και Χελιδονούς, για τα ρέματα Κόντιπα και Αχαρνών είναι της τάξεως του 24% ενώ για το ρέμα Περγουλέζα είναι 19%. Αντίστοιχα σε ενδεχόμενη μεταβολή κατά -5 % η παροχή μειώνεται σε ποσοστό -23-24%.

Από τους ελέγχους προκύπτει ότι ο αριθμός CN έχει σημαντική βαρύτητα στην ακρίβεια του μαθηματικού ομοιώματος.

Πίνακας 7.4. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN σε συμβολή με τον κλάδο 1 του Κηφισού και το ρέμα της Περγουλέζας (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ. CN	Κλάδος 1	Κηφισός	Συμβολή	Περγουλέζα	Κηφισός	Συμβολή
+5%	26,28	30,65	30,69	33,26	29,33	19,36
+3%	20,90	18,32	18,26	18,89	17,71	19,32
-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-3%	-16,90	-14,71	-14,71	-16,56	-14,58	-14,97
-5%	-29,12	-24,71	-24,75	-27,69	-24,30	-24,62

Πίνακας 7.5. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN σε συμβολή με το ρέμα Κόντιπας και Χελιδονού (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ. CN	Κόντιπα	Κηφισός	Συμβολή	Χελιδονού	Κηφισός	Συμβολή
+5%	13,77	28,35	23,88	28,68	31,99	30,97
+3%	6,29	16,61	13,51	17,37	18,62	18,02
-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-3%	-17,37	-13,98	-15,46	-15,43	-15,17	-14,58
-5%	-25,22	-23,32	-24,74	-25,51	-24,93	-24,38

Πίνακας 7.6. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από αυξομείωση των τιμών CN σε συμβολή με το ρέμα Πύρνας και Αχαρνών (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ. CN	Πύρνας	Κηφισός	Συμβολή	Αχαρνών	Κηφισός	Συμβολή
+5%	29,88	30,14	28,23	24,73	24,30	24,51
+3%	17,77	17,61	16,64	15,20	14,16	14,62
-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-3%	-16,02	-14,57	-13,85	-14,41	-14,41	-14,15
-5%	-25,29	-24,19	-23,04	-23,54	-23,59	-23,11

β. Κατά μήκος κλίση ρεμάτων

Λάθος στην εκτίμηση της κατά μήκος κλίσης, πρέπει να θεωρηθεί ότι δεν μπορεί να είναι πάνω από $\pm 10\%$, ως ποσοστό της κλίσης. Στους πίνακες 7.7-7.9 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των ελέγχων, λόγω των αυξομειώσεων της κατά μήκος κλίσης των ρεμάτων κατά $\pm 10\%$ και $\pm 20\%$.

Στους πίνακες 7.7-7.9, διαπιστώνουμε ότι η ποσοστιαία αυξομείωση $\pm 20\%$ των τιμών κατά μήκος της κλίσης S προκαλεί μια αυξομείωση της τάξεως 2-5% και -3-6%, κάτι που σημαίνει ότι οι ενδεχόμενες αυξομειώσεις των τιμών της κατά μήκος κλίσης S δεν έχουν μεγάλη βαρύτητα στην ακρίβεια του μαθηματικού προσομοιώματος. Αντιστοίχως, προέκυψε ότι διαφοροποιήσεις στις κατά μήκος κλίσεις των ρεμάτων κατά $\pm 10\%$ έχουν αμελητέα επίπτωση στις παροχές αιχμής καθώς κυμαίνονται από 0,82% για τον κλάδο 1 του Κηφισού έως 2,95% για το ρέμα Αχαρνών και από -1,53% για τον κλάδο 1 του Κηφισού έως -3,20% για το ρέμα των Αχαρνών.

Από τους ελέγχους αυτούς, επομένως, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι τα ενδεχόμενα λοιπόν σφάλματα, στην εκτίμηση των κατά μήκος κλίσεων των ρεμάτων, δεν έχουν επιρροή στον υπολογισμό των πλημμυρικών παροχών.

Πίνακας 7.7. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των τιμών της κατά μήκος κλίσης S σε συμβολή με τον κλάδο 1 του Κηφισού και το ρέμα της Περγουλέζας (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ.S	Κλάδος 1	Κηφισός	Συμβολή	Περγουλέζα	Κηφισός	Συμβολή
+20%	5.72	2.29	2.05	1.55	2.55	3.07
+10%	4.43	0.81	0.82	1.41	1.74	1.69
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-10%	-5.89	-1.52	-1.53	1.92	-2.26	-1.99
-20%	-10.49	-3.48	-3.58	-2.97	-4.96	-4.53

Πίνακας 7.8. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των τιμών της κατά μήκος κλίσης S σε συμβολή με το ρέμα Κόντιπας και Χελιδονούς(ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ.S	Κόντιπας	Κηφισός	Συμβολή	Χελιδονούς	Κηφισός	Συμβολή
+20%	5,59	4,50	4,87	0,41	2,90	3,45
+10%	2,23	2,43	2,48	0,25	1,69	1,97
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-10%	-3,42	-2,67	-3,17	-0,14	-2,04	-2,24
-20%	-8,40	-6,05	-6,70	-0,23	-4,75	-5,07

Πίνακας 7.9. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των τιμών της κατά μήκος κλίσης S σε συμβολή με το ρέμα Πύρνας και Αχαρνών. (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ.S	Πύρνας	Κηφισός	Συμβολή	Αχαρνών	Κηφισός	Συμβολή
+20%	1,50	3,53	4,26	3,25	5,14	5,56
+10%	1,05	2,11	2,43	1,85	2,49	2,95
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-10%	-0,71	-2,52	-2,64	-2,09	-3,36	-3,20
-20%	-1,83	-5,41	-5,89	-4,67	-6,86	-6,99

γ. Συντελεστής τραχύτητας κατά Manning

Με τον όρο συντελεστή τραχύτητας κατά Manning, εκφράζονται οι αντιστάσεις των τριβών οι οποίες οφείλονται στην τραχύτητα μιας βρεχόμενης περιμέτρου. Η εκτίμηση του συντελεστή, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και δεν υπάρχει ακριβής μέθοδος για τον προσδιορισμό του.

Σε φυσικές κοίτες ρεμάτων ο συντελεστής τραχύτητας μεταβάλλεται σημαντικά και εξαρτάται κυρίως από το είδος του εδάφους, τη βλάστηση, το βαθμό της ανομοιομορφίας και μεταβολής των διατομών, την ύπαρξη τεχνικών ή οποιονδήποτε εμποδίων της ροής καθώς και την οριζοντιογραφική διάταξη.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνεται ο υπολογισμός ενός σύνθετου συντελεστή τραχύτητας κατά Manning με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot n_5$$

όπου:

n_0 : βασική τιμή του συντελεστή τραχύτητας που εξαρτάται από το είδος του εδάφους

n_1 : τιμή που εκφράζει το βαθμό των ανωμαλιών της κοίτης

n_2 : τιμή που περιγράφει τη μεταβολή στο σχήμα και το μέγεθος της διατομής

n_3 : τιμή που περιγράφει την επίδραση των εμποδίων που υπάρχουν μέσα στην κοίτη, όπως τεχνικά που εμποδίζουν τη ροή, μπάζα, ρίζες κλπ.

n_4 : τιμή που περιγράφει την επίδραση της βλάστησης της κοίτης στη ροή

n_5 : διορθωτικός συντελεστής που εξαρτάται από τους μαιανδρισμούς του ρέματος.

Οι αντίστοιχες τιμές για τους παραπάνω επιμέρους συντελεστές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (7.10)

Πίνακας 7.10 Τιμές συντελεστών n (Manning) (Cowan W. L., 1956)

Επικρατούσες συνθήκες		Τιμή	
Είδος εδάφους	Γαίες	n0	0,010
	Βράχος		0,015
	Λεπτόκοκκο υλικό		0,014
	Χονδροκόκκο υλικό		0,028
Βαθμός ανωμαλιών	Πολύ μικρός	n1	0,000
	Μικρός		0,005
	Μεσαίος		0,010
	Μεγάλος		0,020
Μεταβολή μεγέθους και σχήματος διατομής	Βαθμιαία	n2	0,000
	Σποραδική		0,005
	Συχνή		0,010-0,015

Επίδραση ανωμαλιών	Πολύ μικρή	n3	0,000
	Μικρή		0,010-0,015
	Μεσαία		0,020-0,030
	Μεγάλη		0,040-0,060
Επίδραση βλάστησης	Πολύ μικρή	n4	0,005-0,010
	Μικρή		0,010-0,025
	Μεσαία		0,025-0 050
	Μεγάλη		0,050-0 100
Μαιανδρισμοί	Μικροί	n5	1,000
	Αρκετοί		1,150
	Σημαντικοί		1,300

Στον πίνακα 7.11 προτείνονται συντελεστές τραχύτητας για διάφορους αγωγούς.

Πίνακας 7.11. Τιμές συντελεστών n (Manning) κατά Robert Horton

(Robert Horton, 1916)

ΤΥΠΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΚΑΝΟΝΙΚΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ
A. ΔΙΕΥΘΕΤΗΜΕΝΑ ΡΕΜΑΤΑ			
α. γαίες, ευθύγραμμη χάραξη, ομοιόμορφη διατομή			
1. καθαρισμένη διατομή, πρόσφατα κατασκευασμένη	0,016	0,018	0,020
2. καθαρισμένη μετά από αποσάθρωση	0,018	0,022	0,025
3. καθαρισμένη διατομή, αμμοχάλικο	0,022	0,025	0,030
4. με μικρή ποσότητα βλάστησης από αγριόχορτα	0,022	0,027	0,033
β. γαίες, χάραξη με μαιανδρισμούς, βραδύρους			
1. χωρίς βλάστηση	0,023	0,025	0,030
2. αραιή βλάστηση από αγριόχορτα	0,025	0,030	0,033
3. πυκνή βλάστηση με αγριόχορτα και υδρόβια φυτά σε βαθιά ρέματα	0,030	0,035	0,040
4. πυθμένας από γαίες και επιχωματομένα πρηνή	0,028	0,030	0,035
5. βραχώδης πυθμένας και πρηνή με αγριόχορτα	0,025	0,035	0,040
6. λιθόστρωτος πυθμένας και καθαρά πρηνή	0,030	0,040	0,050

γ.			
1. χωρίς βλάστηση	0,025	0,028	0,033
2. μικρή βλάστηση με θάμνους στις όχθες	0,035	0,050	0,060
δ. βραχώδη εδάφη			
1. ομαλά και ομοιόμορφης διατομής	0,025	0,035	0,040
2. ακανόνιστα και με ανωμαλίες στην κοίτη	0,035	0,040	0,050
ε. παραμελημένα ρέματα μη καθαρισμένα από αγριόχορτα και θάμνους			
1. ομαλά και ομοιόμορφα	0,050	0,080	0,120
2. καθαρός πυθμένας, αγριόχορτα στα πρανή	0,040	0,050	0,080
3. όπως το 2 αλλά με υψηλή στάθμη νερού	0,045	0,070	0,110
4. πυκνοί θάμνοι, υψηλή στάθμη νερού	0,080	0,100	0,140
B. ΦΥΣΙΚΑ ΡΕΜΑΤΑ			
B1 . Μικρά ρέματα (μέγιστο πλάτος νερού σε πλημμύρα < 30 μ)			
α. Πεδινά ρέματα			
1 , καθαρή διατομή, ευθύγραμμη χάραξη χωρίς σχισμές και κοιλότητες	0,025	0,030	0,033
2. όπως 1 αλλά με περισσότερες πέτρες και αγριόχορτα	0,030	0,035	0,040
3. καθαρή, με μαιανδρισμούς με μικρές κοιλότητες	0,033	0,040	0,045
4. όπως 3 αλλά με περισσότερες πέτρες και αγριόχορτα	0,035	0,045	0,050
5. όπως 4 αλλά χαμηλές διατομές, ανεπαρκείς στις πλημμύρες	0,040	0,048	0,055
6. όπως 4 με περισσότερες πέτρες	0,045	0,050	0,060
7. τμήματα βραδείας ροής, αρκετά αγριόχορτα, βαθιές κοιλότητες	0,050	0,070	0,080
8. πολύ πυκνή χαμηλή βλάστηση και κορμοί δέντρων	0,075	0,100	0,150
β. ορεινά ρέματα χωρίς βλάστηση μέσα στο �έμα, όχθες απότομες,			
κορμοί δέντρων και θάμνοι βυθισμένοι στην περίπτωση της πλημμύρας			
1. πυθμένας από αμμοχάλικο, μεγάλους λίθους και κροκάλες	0,030	0,040	0,050
2. πυθμένας από μεγάλους λίθους και μεγάλες κροκάλες	0,040	0,050	0,070

B2. Πεδινά ρέματα			
α. Λιβάδια, χωρίς θάμνους			
1 . μικρού ύψους χορτάρι	0,025	0,030	0,035
2. μεγάλου ύψους χορτάρι	0,030	0,035	0,050
β. Καλλιεργήσιμες εκτάσεις			
1. χωρίς βλάστηση	0,020	0,030	0,040
2. καλλιέργειες κατά γραμμές	0,025	0,035	0,045
3. καλλιέργειες καθ'όλη της έκταση	0,030	0,040	0,050
γ. Θαμνώδεις περιοχές			
1. διάσπαρτοι θάμνοι, πυκνά αγριόχορτα	0,035	0,050	0,070
2. αραιοί θάμνοι και δέντρα , το χειμώνα	0,035	0,050	0,060
3. αραιοί θάμνοι και δέντρα, το καλοκαίρι	0,040	0,060	0,080
4. μεσαίοι έως πυκνοί θάμνοι, το χειμώνα	0,045	0,070	0,110
5. μεσαίοι έως πυκνοί θάμνοι, το καλοκαίρι	0,070	0,100	0,160
δ. Δένδρα			
1. πυκνά δέντρα , καλοκαίρι	0,110	0,150	0,200
2. καθαρισμένη γη με κορμούς δένδρων, χωρίς βλαστάρια	0,030	0,040	0,050
3, όπως 2 αλλά με πυκνά βλαστάρια	0,050	0,060	0,080
4. πολλοί κορμοί δένδρων, μερικά δέντρα πεσμένα, μικρή χαμηλή βλάστηση, η στάθμη του νερού δεν φθάνει στα κλαδιά	0,080	0,100	0,120
5. όπως 4. αλλά η στάθμη του νερού φθάνει στα κλαδιά	0,100	0,120	0,160
B3. Σημαντικά ρέματα (μέγιστο πλάτος νερού σε πλημμύρα >30 m)			
Η τιμή του συντελεστή π είναι μικρότερη από αυτή των μικρών ρεμάτων με την αντίστοιχη περιγραφή γιατί οι όχθες προσφέρουν μικρότερη αντίσταση			
α. ομαλές διατομές χωρίς κροκάλες ή θάμνους	0,025	-	0,060
β. Ανόμαλες και τραχείς διατομές	0,035	-	0,100

Στην παρούσα μελέτη ελήφθησαν υπόψη όλα τα παραπάνω και υιοθετήθηκε για κάθε τμήμα ρέματος, ο καταλληλότερος συντελεστής τραχύτητας ο οποίος κυμαίνεται για τα τμήματα που δεν έχουν διευθετηθεί μεταξύ $n = 0,200$ και $n = 0,040$.

Για τους αγωγούς από σκυρόδεμα λαμβάνεται $n=0,016$, ενώ όταν υπάρχει επένδυση πυθμένα με κολυμβητούς λίθους, λαμβάνεται $n=0,018$. Για ανοιχτή χωμάτινη διατομή, λαμβάνεται $n=0,033$ και για επένδυση με συρματόπλεκτα κιβώτια λαμβάνεται $n=0,025$.

Όσον αφορά στους ελέγχους, που έγιναν για την ευαισθησία του μαθηματικού ομοιώματος, στους πίνακες 7.12-7.14 βλέπουμε τη μεταβολή της παροχής στην ποσοστιαία αυξομείωση των συντελεστών n Manning. Το λάθος στην εκτίμηση του συντελεστή τραχύτητας, δεν είναι δυνατόν να υπερβαίνει το $\pm 25\%$.

Για τον έλεγχο λοιπόν της ευαισθησίας του μαθηματικού ομοιώματος, έγιναν συνολικές αλλαγές του συντελεστή τραχύτητας σε ποσοστό $\pm 10\%$ και $\pm 20\%$.

Όπως προκύπτει και από τους πίνακες, μία αυξομείωση του συντελεστή τραχύτητας ($n=1/k$) κατά $\pm 20\%$, έχει σαν αποτέλεσμα μείωση παροχής κατά 4,52% στον κλάδο 1 του Κηφισού, 5,97% στο ρέμα Περγουλέζας, 9,02% στο ρέμα Κόντιπας, 6,80% στο ρέμα Χελιδονούς, 8,33% στο ρέμα Πύρνας και 9,84% στο ρέμα Αχαρνών. Αντιστοίχως έχει αύξηση της τάξεως του 4,91% στον κλάδο 1 του Κηφισού, 7,20% στο ρέμα Περγουλέζας, 9,52% στο ρέμα Κόντιπας, 7,61% στο ρέμα Χελιδονούς, 8,01% στο ρέμα Πύρνας και 11,80% στο ρέμα Αχαρνών. Οι αντίστοιχες τιμές για αυξομείωση του n ή Manning κατά $\pm 10\%$ είναι από -2,23% για τον κλάδο 1 του Κηφισού έως -5,22 για το ρέμα Αχαρνών και από 4,91 για τον κλάδο 1 του Κηφισού έως 11,80 για το ρέμα Αχαρνών. Οι αυξομειώσεις που αφορούν σε $K > 15$ ($n=0,067$), έχουν περίπου μικρότερη επιρροή στην παροχή αιχμής σε σχέση με τις ίδιες σε ποσοστό αυξομειώσεις που αφορούν σε μικρότερα n .

Πίνακας 7.12. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των συντελεστών n Manning σε συμβολή με τον κλάδο 1 του Κηφισού και το ρέμα της Περγουλέζα (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ.η	Κλάδος 1	Κηφισός	Συμβολή	Περγουλέζα	Κηφισός	Συμβολή
+20%	-14,24	-4,42	-4,52	-2,51	-6,42	-5,97
+10%	-12,09	-2,13	-2,23	-3,38	-3,46	-3,22
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-10%	8,43	2,44	2,44	0,59	3,30	3,37
-20%	15,53	4,81	4,91	2,37	6,57	7,20

Πίνακας 7.13. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των συντελεστών n Manning σε συμβολή Κόντιπας και Χελιδονούς (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ.η	Κόντιπα	Κηφισός	Συμβολή	Χελιδονούς	Κηφισός	Συμβολή
+20%	-8,95	-8,40	-9,02	-0,38	-6,31	-6,80
+10%	-4,19	-4,38	-4,62	-0,07	-3,32	-3,66
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-10%	3,37	4,85	4,38	0,02	3,25	3,85
-20%	10,40	10,06	9,52	0,54	6,91	7,61

Πίνακας 7.14. Μεταβολή παροχών λεκάνης απορροής ρέματος Κηφισού από ποσοστιαία αυξομείωση των συντελεστών n Manning σε συμβολή με το ρέμα Πύρνας και Αχαρνών. (ENM ΕΠΕ, 2000)

Αυξομ.η	Πύρνας	Κηφισός	Συμβολή	Αχαρνών	Κηφισός	Συμβολή
+20%	-2,76	-7,33	-8,33	-6,90	-9,33	-9,84
+10%	-1,08	-3,92	-4,41	-3,37	-5,15	-5,22
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-10%	1,36	3,95	4,92	2,98	5,36	5,65
-20%	2,44	8,01	10,01	6,27	11,08	11,8

δ. Κλίσεις πρανών ρεμάτων (Z)

Για την εκτίμηση των κλίσεων των πρανών των ρεμάτων, το σφάλμα δεν είναι δυνατόν να υπερβαίνει το 50% (ENM ΕΠΕ, 2000). Για τον έλεγχο ευαισθησίας του μαθηματικού προσομοιώματος σε αλλαγές των κλίσεων των πρανών, έγιναν επιλύσεις του μαθηματικού προσομοιώματος της λεκάνης του Κηφισού με γενική αλλαγή των κλίσεων κατά +200%, +100%, -50% και -75%.

Από τους ελέγχους που έγιναν, προέκυψε ότι επιρροή του σφάλματος στην εκτίμηση της κλίσης των πρανών είναι αμελητέα και δεν παρουσιάζονται για την περίπτωση αυτή συνοπτικά αποτελέσματα.

ε. Κλίσεις Πλάτους (B) διατομών των ρεμάτων

Το πλάτος των διατομών σε τμήματα του ρέματος, που η κοίτη του έχει εκφυλιστεί από καταπατήσεις, ή σε τμήματα που διασταυρώνονται με δρόμους, χωρίς τεχνικά, θεωρήθηκε διατομή τριγωνική με μικρές κλίσεις πρανών.

Από τους ελέγχους που έγιναν (ENM ΕΠΕ, 2000), προέκυψε ότι η παράμετρος του πλάτους (B) των διατομών δεν είναι κρίσιμη για την προσομοίωση του μαθηματικού ομοιώματος, γιατί οι παροχές δεν παρουσιάζουν καμία ουσιαστική μεταβολή στις αυξομειώσεις του πλάτους.

7.2 Το προτεινόμενο φράγμα ανάσχεσης ΦΚ-4

Έπειτα από την κατάστρωση του μαθηματικού μοντέλου, προτάθηκε η κατασκευή 17 φραγμάτων μεταξύ των οποίων και το ΦΚ-4, το οποίο χαρακτηρίστηκε φράγμα ανάσχεσης Β φάσης.

Στον πίνακα 7.15 και το σχήμα 7.1 βλέπουμε τα χαρακτηριστικά του φράγματος ανάσχεσης ΦΚ-4. Το ΦΚ-4 βρίσκεται στην περιοχή του Κηφισού με λεκάνη απορροής 51,53 km². Η στάθμη του εδάφους του βρίσκεται σε ύψος 206 m, η στάθμη του υπερχειλιστή στα 223 m ενώ η στάθμη στέψης στα 227 m.

Ο όγκος του φράγματος ΦΚ-4 είναι 45 m³. Ο όγκος που αναμένεται να αποθηκεύεται στο φράγμα ΦΚ-4 και από τα υπόλοιπα φράγματα ανάσχεσης που αναμένεται να κατασκευαστούν στην περιοχή είναι συνολικά 372.933 m³,

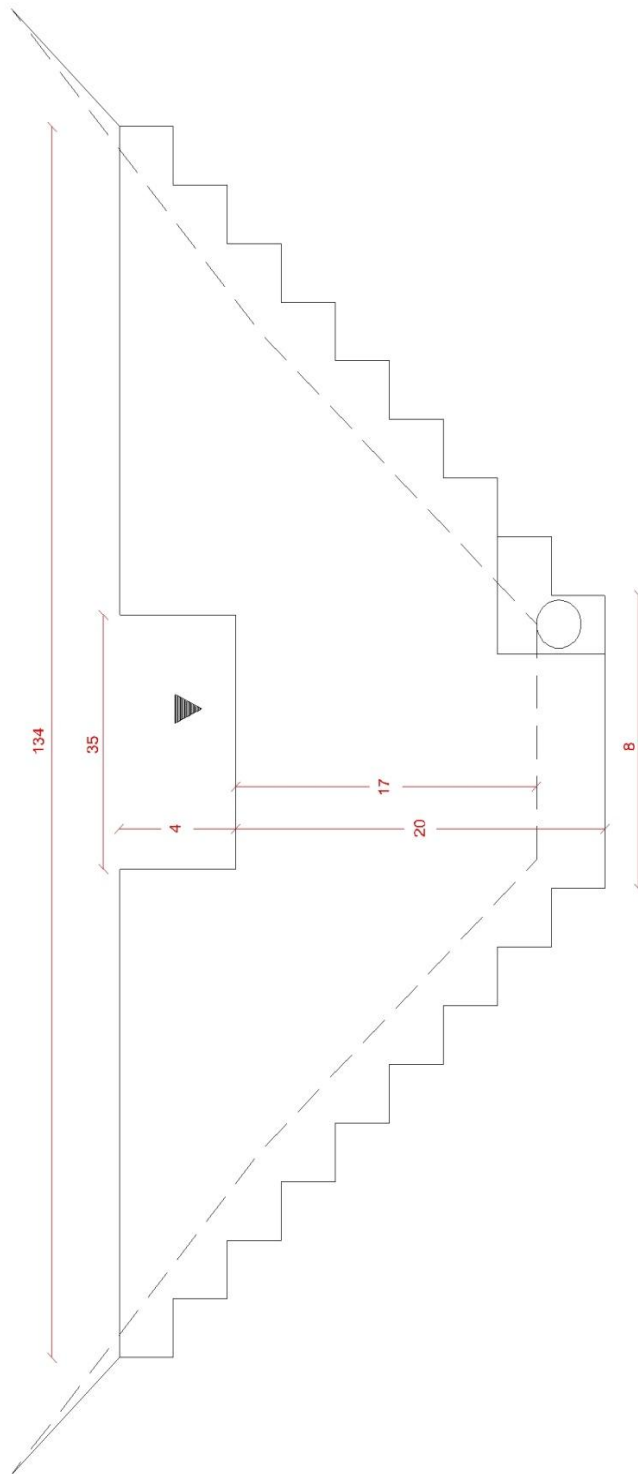
εκ των οποίων τα 12.336 m² είναι ο όγκος των φερτών. Επομένως, το ωφέλιμο φορτίο που αναμένεται να συγκρατάται στα φράγματα ανάσχεσης είναι 360.697 m². Το μήκος διατομής είναι L3=8 m. Το μήκος του υπερχειλιστή είναι L2=35 m, το ύψος του είναι H1=17 m ενώ το ύψος πτώσης του είναι H2=20 m. Επίσης το μήκος της στέψης είναι 134 m. Τέλος η διαφορά της στάθμης της στέψης της στέψης με τη στάθμη του υπερχειλιστή είναι H3=4 m.

Πίνακας 7.15. Πίνακας διαστάσεων φράγματος ΦΚ-4 (ΕΥΔΑΠ, 2000)

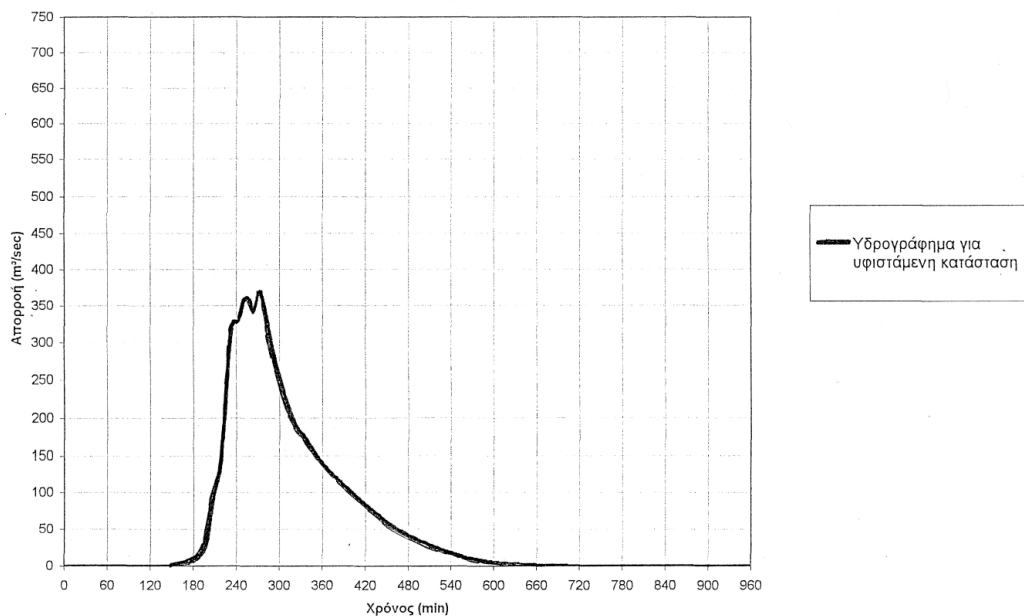
Ρέμα	Λεκάνη απορροής	Στάθμη εδάφους	Στάθμη υπερχειλιστή	Στάθμη στέψης	H1	H2	H3	L1	L2	L3
	Km ²	M	m	m	m	m	m	m	m	m
Κηφισού	51,53	206	223	227	17	20	4	134	35	8
Ρέμα	Νφρ.	Ναποθ.	Νφερτών	Νωφέλιμο						
	m ²	m ²	m ²	m ²						
Κηφισού	45	372.933	12.236	360.697						

Μετά την οριστικοποίηση των διαστάσεων του φράγματος, έγινε και η τελική επίλυση του μαθηματικού ομοιώματος για τη διερεύνηση των επιπτώσεων του φράγματος ανάσχεσης στις πλημμυρικές παροχές του Κηφισού.

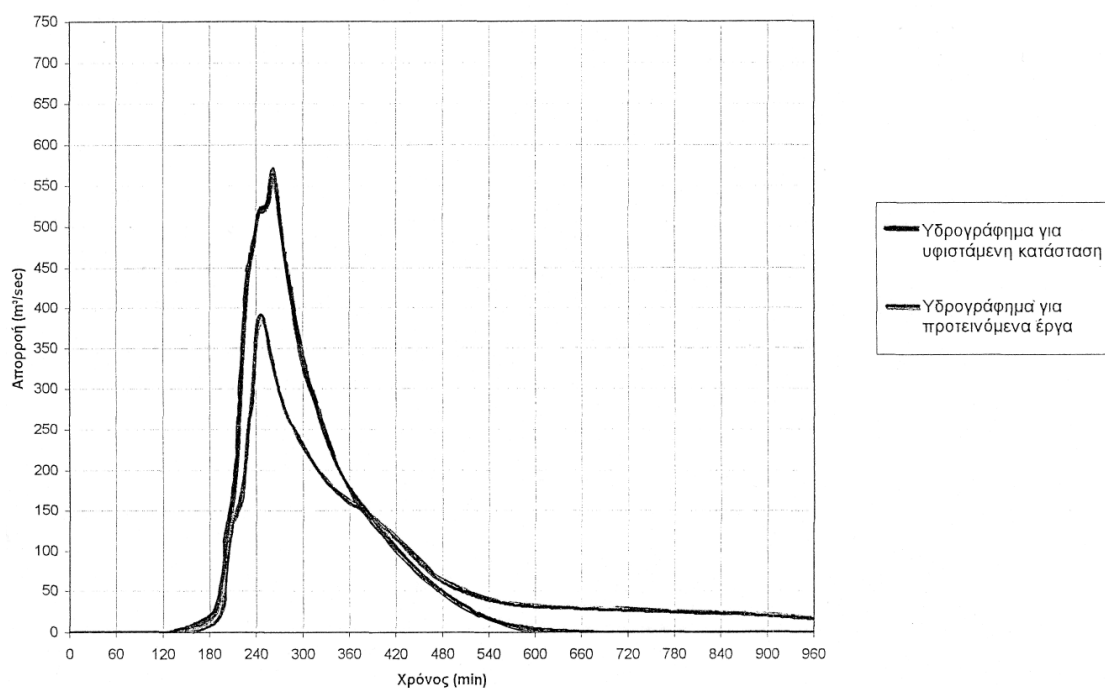
Επίσης στα σχήματα 7.3 και 7.4 βλέπουμε τα υδρογραφήματα για T=50 για 6ωρη και 12ωρη βροχόπτωση αντίστοιχα για την υφισταμένη κατάσταση και τη μελλοντική κατάσταση καθώς και στο σχήμα 7.2 για T=20 για την υφισταμένη κατάσταση.



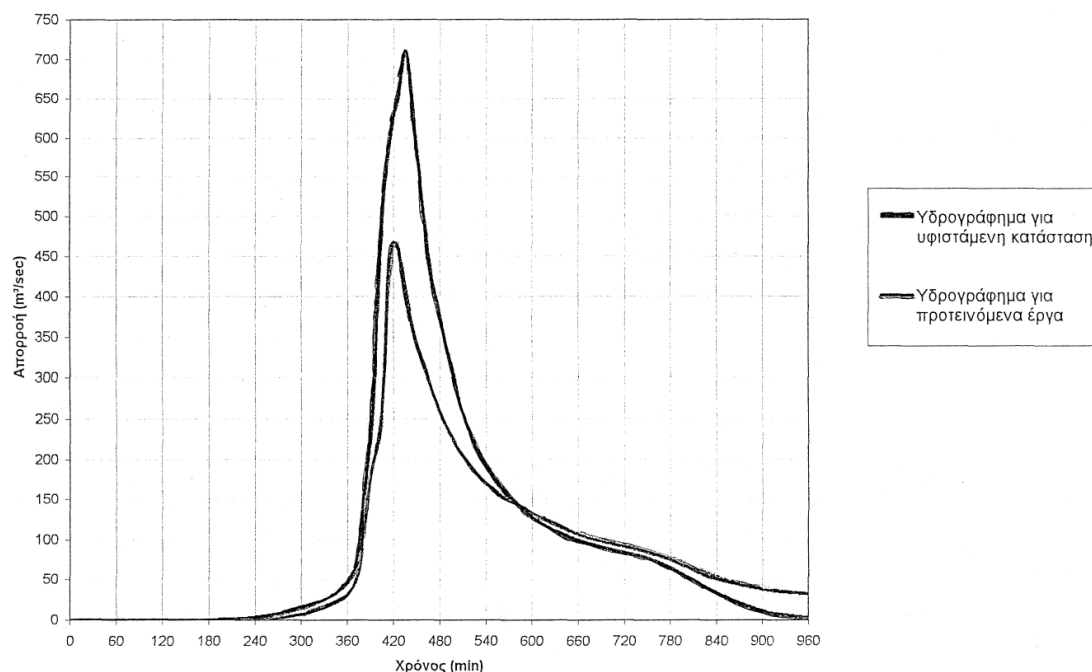
Σχήμα 7.2. Σχηματική διατομή φράγματος



Σχήμα 7.3. Υδρογράφημα στο κόμβο SK-33 για T=20 & 6-ωρη βροχόπτωση (ΕΥΔΑΠ, 2000)



Σχήμα 7.4. Υδρογράφημα στο κόμβο SK-33 για T=50 & 6-ωρη βροχόπτωση (ΕΥΔΑΠ, 2000)



Σχήμα 7.5. Υδρογράφημα στο κόμβο SK-33 για T=50 & 12-ωρη βροχόπτωση (ΕΥΔΑΠ, 2000)

7.2.1 Η συμβολή του φράγματος ΦΚ-4

Το φράγμα ΦΚ-4 προτείνεται να κατασκευαστεί σε θέση στην οποία η λεκάνη κατάκλισης θα είναι επαρκούς μεγέθους, με σκοπό την ανάσχεση των πλημμυρών και τη μείωση των παροχών στους κατάντη επιμέρους κλάδους, καθώς και τη μείωση της παροχής του Κηφισού στα σημεία συμβολής. Στους πίνακες 7.16-7.17 και μέσω των στοιχείων από την προκαταρκτική μελέτη της ΕΥΔΑΠ, παρατηρούμε τα ποσοστά μείωσης της παροχής της θέσης του φράγματος για T=50 έτη και 6h και 12h βροχόπτωσης.

Πίνακας 7.16. Ανάσχεση πλημμύρας στις θέσεις των φραγματων Β' φασης για T=50 και διάρκεια βροχόπτωσης 6h (ΕΥΔΑΠ, 2000)

α/α	ΡΕΜΑ	ΦΡΑΓΜΑ	ΠΑΡΟΧΗ ΕΙΣΡΟΗΣ (m ³ /sec)	ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /sec) ΚΑΤΑΝΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΤΟ ΦΡΑΓΜΑ %
1	ρ. Κηφισού	ΦΚ-4	82,29	36,13	56,09

Πίνακας 7.17. Ανάσχεση πλημμύρας στις θέσεις των φραγμάτων Β' φάσης για T=50 και διάρκεια βροχόπτωσης 12h (ΕΥΔΑΠ, 2000)

α/α	ΡΕΜΑ	ΦΡΑΓΜΑ	ΠΑΡΟΧΗ ΕΙΣΡΟΗΣ (m ³ /sec)	ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /sec) ΚΑΤΑΝΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΤΟ ΦΡΑΓΜΑ %
1	ρ. Κηφισού	ΦΚ-4	102,22	60,68	40,64

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι, ότι το προτεινόμενο φράγμα ανάσχεσης ΦΚ-4 έχει σημαντική επιρροή στη μείωση των κατάντη παροχών στους επιμέρους κλάδους που τοποθετείται, καθώς και στη μείωση της παροχής του Κηφισού στα σημεία συμβολής. Από τους παραπάνω πίνακες, διαπιστώνεται ότι η μείωση της παροχής στον Κηφισό λόγω του προτεινόμενου φράγματος ανάσχεσης είναι σημαντική, καθώς για διάρκεια βροχόπτωσης 6h το ποσοστό % ανάσχεσης της πλημμύρας στο φράγμα είναι 56,09%, ενώ για 12 h είναι 40,64%.

Εκτός της μείωσης των κατάντη παροχών, άλλα πλεονεκτήματα του προτεινόμενου φράγματος ανάσχεσης είναι η συγκράτηση των φερτών και η ενίσχυση του υδροφόρου ορίζοντα.

Η συγκράτηση φερτών υλικών, στο προτεινόμενο φράγμα ανάσχεσης, είναι σημαντικό μέρος της λειτουργίας του. Η στάθμη και η θέση που τοποθετείται ο αγωγός εκκένωσης, η λειτουργία του φράγματος (π.χ. χρόνος και τρόπος εκκένωσης) και η σύνθεση των υλικών που εισρέουν στον ταμιευτήρα χαρακτηρίζουν τη συνολική συμπεριφορά του φράγματος ανάσχεσης στη συγκράτηση φερτών.

Κύριο χαρακτηριστικό, αποτελεί η λειτουργία του φράγματος ανάσχεσης, όπου ο χρόνος παραμονής της πλημμύρας μέσα στον ταμιευτήρα είναι μικρός, άρα το μεγαλύτερο τμήμα των αιωρούμενων φερτών πρέπει να θεωρηθεί ότι θα διέρχεται, είτε από την εκκένωση, είτε από την υπερχειλίση. Άρα στο νεκρό όγκο, δηλαδή τον όγκο κάτω από το κατώφλι του αγωγού εκκένωσης, κύρια θα συγκρατούνται τα μεταφερόμενα φερτά και τα βαρύτερα πιθανόν των αιωρούμενων.

Στον πίνακα 7.18 γίνεται μια εκτίμηση του όγκου φερτών που κατακρατείται από το φράγμα στο χρονικό ορίζοντα 25 ετών. Στον πίνακα αυτόν παρατηρούμε ότι στην επιφάνεια απορροής του ΦΚ-4, συνολικού εμβαδού 7.53 km^2 , η παροχή εισροής είναι $82,29 \text{ m}^3/\text{s}$ ή αλλιώς $10,93 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, που είναι η παροχή εισροής ανά km^2 . Στο χρονικό όριο των 25 ετών η προβλεπόμενος όγκος φερτών αναμένεται να είναι 18.825 m^3 . Από τον συγκεκριμένο όγκο φερτών αναμένεται να κατακρατηθούν 12.236 m^3 φράγματα ανάσχεσης, ενώ η εκτίμηση για τη στάθμη των φερτών μετά το χρονικό όριο των 25 ετών είναι 211,50 m.

Πίνακας 7.18. Εκτίμηση του όγκου φερτών που κατακρατείται στο έργο στο χρονικό ορίζοντα 25ετίας (ΕΥΔΑΠ, 2000)

Φράγμα	Συνολική επιφάνεια απορροής	Πραγματική ή επιφάνεια απορροής	Παροχή εισροής αιχμής για T=50 και βροχόπτωση 6h	Παροχή εισροής αιχμής ανά km^2	Όγκος αποθήκευσης των έργων	Εκτίμηση συνολικού όγκου φερτών (25ετία)	Όγκος φερτών που κατακρατείται στα έργα (25ετία)	Εκτίμηση στάθμης φερτών μετά την 25ετία
	(km^2)	(km^2)	(m^3/s)	($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m)
1	2	3	4	(5)=(4)/(3)	7	8	12	14
ΦΚ-4	51,53	7,53	82,29	10,93	372.933	18.825	12.236	211,50

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Θεωρήθηκε

- 1)Ειδική στερεοπαροχή $100 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{yr}$
- 2)Δεν έχει αφαιρεθεί ο όγκος του σώματος του φράγματος που αντιστοιχεί στο τμήμα από τον άξονα και ανάντη
- 3)Το 35% των φερτών αποτελείται από ιλύ, άργιλο και κολοειδή αιωρούμενα στερεά που διαφεύγουν κατάντη και δεν κατακρατούνται από το έργο

7.3 Υλικά κατασκευής του ΦΚ-4

Το φράγμα προτείνεται με βαθμιδωτό υπερχειλιστή ασφάλειας από λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια και λεκάνη καταστροφής ενέργειας από προκατασκευασμένους κυβόλιθους από σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 (ΕΥΔΑΠ, 2000). Επίσης, όπου κρίνεται απαραίτητο και ανά αποστάσεις της τάξης των 20,00 m, προτείνονται χαλινοί από συρματοπλεκτα κιβώτια.

Το σώμα του φράγματος διαχωρίζεται σε τέσσερις κύριες ζώνες.

- Στη ζώνη, που αποτελεί το υλικό του ανάντη και κατάντη σώματος στήριξης φράγματος που είναι λιθορριπή λατομείου.
- Στη ζώνη, η οποία αποτελεί τη μεταβατική ζώνη μεταξύ του ανάντη σώματος στήριξης φράγματος και του φίλτρου και θα έχει πλάτος 4,00 μέτρα.
- Στο υλικό, που τοποθετείται επίσης σε ζώνες 4,00 μέτρα εκατέρωθεν της μεμβράνης στεγανότητας και αποτελείται από φυσικό αμμοχάλικο - λεπτό φίλτρο- 0,30-2,50 εκ. Το υλικό της ζώνης αυτής διαστρώνεται και συμπυκνώνεται
- Στη ζώνη που τοποθετείται μεταξύ της προηγούμενης ζώνης και του κατάντη σώματος στήριξης φράγματος, πλάτους 4,00 μέτρων και αποτελείται από επιλεγμένο υλικό λιθορριπής $D_{90} < 30$ εκ. και 2 εκ. $< D_{15} < 5$ εκ.
- επίσης, προβλέπεται τάφρος στεγανότητας και διάφραγμα από τσιμεντομπετονίτη σε βάθος της τάξεως των 20,00 μέτρων.
- Για υλικά δομής των λιθορριπτων φραγμάτων θα χρησιμοποιηθούν προϊόντα εξόρυξης από λατομείο.

Η επιλογή μετωπικού βαθμιδωτού υπερχειλιστή στο σώμα του φράγματος, έγινε αφενός μεν για μείωση της ενέργειας της υπερχειλίζουσας φλέβας με συνέπεια τη μείωση του μήκους της λεκάνης καταστροφής ενέργειας, λόγω των μορφολογικών περιορισμών και της έλλειψης χώρου για πλευρικούς υπερχειλιστές.

Εναλλακτική διατομή με γεωκυψέλες, αναμένεται να εξεταστεί σε κάποιο μεταγενέστερο στάδιο, δεδομένου όμως ότι, οι ταχύτητες της τάξης 4,00-5,00 m/sec είναι οριακά απαγορευτικές για την εφαρμογή τέτοιου τύπου διατομής. Για το συγκεκριμένο στάδιο πάντως, εκτιμάται ότι θα απαιτηθεί χρήση γης οπλισμένης με γεωπλέγματα σε ποσοστό της τάξης του 15% του μήκους της διεθύτησης. Μεταξύ των συρματοκιβωτίων και της επίχωσης ή/και της γραμμής εκσκαφής προτείνεται παρεμβολή γεωφάσματος διαχωρισμού κατηγορίας 400 gr/m².

Το σύρμα που προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για τα λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια, είναι από μαλακό γαλβανισμένο χάλυβα βαρέως τύπου, με επικάλυψη από κράμα τύπου GALMAK 95% ψευδαργύρου και 5% αλουμίνιο πλέον οξειδία σπανίων γαιών για προστασία από οξείδωση. Η επένδυση των συρματοπλεγμάτων με επικάλυψη τύπου GALMAK προτείνεται, γιατί έχει μικρότερο κόστος από την επένδυση με PVC, είναι μεγαλύτερης αντοχής σε πρόσφυση και σκουριά και έχει μεγαλύτερο χρόνο ζωής.

Όπου απαιτείται και για ταχύτητες μεγαλύτερες των 4,00 m/sec προβλέπεται διπλό συρματοπλέγμα στις παρειές των κιβωτίων που είναι σε επαφή με το νερό και μέχρι ύψος τη στάθμη ροής του νερού τουλάχιστον.

Απαιτούνται καθοδηγητικοί τοίχοι, στο κατάντη πρανές, για τον εγκλωβισμό της παροχής που υπερχειλίζει, καθώς και συμβατική λεκάνη καταστροφής ενέργειας στον πόδα του φράγματος για την προστασία του από διαβρώσεις.

Σε πρώτη φάση, δεν θεωρείται σκόπιμη η πρόβλεψη γέφυρας πάνω από τον υπερχειλιστή, αν και κατά κανόνα τα ανοίγματα είναι μικρά. Ο λόγος είναι να κρατηθεί το συνολικό κόστος χαμηλά, το οποίο επηρεάζεται πέρα από το ίδιο κόστος της γέφυρας, με την πρόβλεψη μεγαλύτερου ελεύθερου ύψους υπερχείλισης και συνεπώς υψηλότερου φράγματος.

7.4 Συναφή έργα

Η απλότητα κατασκευής και λειτουργίας των συναφών έργων, όπως είναι ο αγωγός εκκένωσης και ο υπερχειλιστής ασφαλείας είναι άλλο ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του προτεινόμενου φράγματος. (ΕΥΔΑΠ, 2000)

Οι αγωγοί εκκένωσης μπορούν να τοποθετηθούν στο σώμα του φράγματος σε κατάλληλα ορύγματα, εγκιβωτισμένοι σε σκυρόδεμα, ώστε να διευκολύνεται η εκβολή τους, η οποία πλέον μπορεί να γίνει στο πλάτος του υπερχειλιστή αξιοποιώντας τον ίδιο τον υπερχειλιστή για την καταστροφή της ενέργειας. Θα είναι χαλύβδινοι αγωγοί, μεγάλης διαμέτρου ή κιβωτοειδείς οχετοί και θα λειτουργούν ελεύθερα. Στο ανάντη στόμιό τους θα προβλεφθεί κατάλληλη εσχάρα συγκράτησης μεγάλων επιπλεόντων.

Οι αγωγοί εκκένωσης λειτουργούν ελεύθερα και βοηθούν στη βαθμιαία διέλευση προς τα κατάντη σημαντικού τμήματος του όγκου του

υδρογραφήματος εισροής μειώνοντας τις υπερχειλίσεις. Έτσι οι υπερχειλίσεις γίνονται αρκετά σπάνια και κύρια αφορούν στα πολύ μεγάλα πλημμυρικά φαινόμενα. Αποτέλεσμα αυτού του χαρακτηριστικού λειτουργίας, είναι η χρήση κατά κανόνα περισσότερο του ενός αγωγών εκκένωσης και η προκύπτουσα δυνατότητα μειωμένων απαιτήσεων στην κατασκευή των υπερχειλιστών ασφάλειας.

Λόγω της σπανιότητας του φαινόμενου υπερχείλισης, θα ήταν επιθυμητό να διατηρηθεί το ελεύθερο ύψος υπερχείλισης, το δυνατόν μικρότερο για να περιορισθεί το συνολικό κόστος, το οποίο αυξάνει γρήγορα με το ύψος του φράγματος λόγω και της μέτριας κατά κανόνα σχέσης ύψος φράγματος-χωρητικότητας ταμιευτήρα.

8. ΠΑΛΙΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΚΗΦΙΣΟΥ

Η κατασκευή του φράγματος ΦΚ-4 τελικά δεν υλοποιήθηκε. Στη θέση του φράγματος έχει ανακατασκευαστεί το παλιό υδραγωγείο (Ηλίας, 2008), το οποίο επί σειρά ετών αποτελούσε πηγή υδροδότησης των Αθηνών, με ποσότητα νερού 2.000.000 m³/έτος, καθώς η λίμνη του Μαραθώνα βρισκόταν σε χαμηλά επίπεδα.

Το συγκεκριμένο υδραγωγείο κατασκευάστηκε το 1938, στα πλαίσια ενίσχυσης των νερών της λίμνης του Μαραθώνα, που είχε φθάσει και ξεπεράσει τις δυνατότητές της. Τα νερά του Κηφισού και ιδιαίτερα του ρέματος Κρουονερίου, ήταν καθαρά και μέσω του υδραγωγείου οδηγούνταν στην έξοδο της σήραγγας Μπογιατίου στη Χελιδονού, καθώς και στη Μεταμόρφωση, όπου είχε κατασκευασθεί μικρό διυλιστήριο, για να καλύπτει τις ανάγκες των κατοίκων της. Το υδραγωγείο χρησιμοποιούταν για ύδρευση, τουλάχιστον μέχρι την έναρξη υδροδότησης του λεκανοπεδίου και από την Υλίκη το 1960. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο και την απελευθέρωση, όπου το έργο υδροληψίας του Κηφισού στη θέση Χελιδονού, είχε απόδοση 800.000-2.000.000 m³/έτος.

Το μήκος του υδραγωγείου είναι 2.500 μ. περίπου, στην περιοχή Αδάμες του Δήμου Κηφισιάς. Στις περισσότερες θέσεις διατηρείται καλά με εξαίρεση μικρά τμήματα, όπου έχει καταστραφεί και σε ορισμένα μπαζωθεί.

Στην οδό Ρεματιάς, το υδραγωγείο είναι υπερυψωμένο, όπως φαίνεται στις φωτογραφίες 8.1 και 8.2, διατομής τραπεζοειδούς, διαστάσεων, 45 εκ. η κάτω βάση, 90 εκ. η επάνω και ύψος 100 εκ., διατηρείται σε καλή κατάσταση με εξαίρεση τμήμα στην οδό Ρεματιάς, όπου τμήμα του έχει γκρεμισθεί. Σημειώνεται ότι η πρόσβαση ήταν δυνατή κάτω από την υδατογέφυρα, εφόσον κατέβαινε ο δρόμος. Επιπλέον στα περισσότερα σημεία του καναλιού έχουν ριχθεί διάφορα μπάζα.

Το υδραγωγείο στο μεγαλύτερο τμήμα του από την οδό Αίγλης μέχρι την οδό Αγράμπελης, είναι επίγειο ανοικτής τραπεζοειδούς διατομής, όπως φαίνεται και απ'τη φωτογραφία 8.3. Σε μικρό τμήμα του στην οδό Μυρτιάς, είναι μπαζωμένο από το οδόστρωμα. Σημειώνεται ότι σε αρκετά τμήματα, το κανάλι καλύπτεται από πουρνάρια, που έχουν 'λογγώσει' μεταξύ των οδών Σεραφείμ

και Μυρτιάς. Επιπλέον ορισμένα τμήματα, έχουν καλυφθεί με διάφορα μπάζα.



Φωτογραφία 8.1. Άποψη του υπερυψωμένου υδραγωγείου στην οδό Ρεματιάς



Φωτογραφία 8.2. Άποψη του υδραγωγείου στο φρύδι του Κηφισσού πλησίον της οδού Κυριαζή.



Φωτογραφία 8.3. Σημερινή κατάσταση του ανοικτού υδραγωγείου στην οδό Μυρτιάς
Στο μεγαλύτερο τμήμα του, στο πρηνές του Κηφισσού το υδραγωγείο είναι
υπόγειο σκυφοειδούς διατομής (Φωτ. 8.4).

Μετά την οδό Αγράμπελης, ένας κλάδος του οδηγεί στην έξοδο της σήραγγας
Μπογιατίου και ο άλλος ακολουθεί υπόγεια διαδρομή και στη συνέχεια
διασχίζει κάθετα την οδό Δεκέλειας, με υπερυψωμένο τμήμα μήκους 80 μ.
(Φωτ. 8.5) και συνεχίζει στο άλλο πρηνές προς τη Μεταμόρφωση.



Φωτογραφία 8.4. Άποψη του υδραγωγείου (κλειστό σκυφοειδούς σχήματος) στο πρηνές του Κηφισσού πλησίον της προέκτασης της οδού Τροιζηνίας.



Φωτογραφία 8.5. Άποψη του υπερυψωμένου υδραγωγείου πάνω από την οδό Δεκελείας

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

9.1. Συνοπτικές προτάσεις της μελέτης της ΕΥΔΑΠ σχετικά με το φράγμα

- Η μελέτη και κατασκευή του φράγματος ΦΚ-4 στους Πλειστοκαινικούς σχηματισμούς της περιοχής θα πρέπει να γίνει με συντηρητικές παραδοχές θεμελίωσης και στεγανοποίησης του υπόβαθρου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί αποτελούνται από εναλλαγές υλικών που έχουν μέτρια ποιοτικά χαρακτηριστικά και μέτριο συντελεστή διαβρωσιμότητας (υλικά με ισχυρή σύνδεση) , έχουν πτωχά ποιοτικά χαρακτηριστικά και υψηλό συντελεστή διαβρωσιμότητας (υλικά με χαλαρή έως μέτρια σύνδεση),
- Η συνεχιζόμενη διαβρωτική διεργασία του ποταμού και η υποσκαφή των αντερισμάτων, έχουν ως αποτέλεσμα την πρόκληση προβλημάτων ευστάθειας - κυρίως καταπτώσεις - ιδιαίτερα στις περιοχές, όπου ο ποταμός έχει ήδη δημιουργήσει βαθιές εγκολπώσεις και πρηνή μεγάλου ύψους με απότομες κλίσεις. Στα τμήματα αυτά απαιτείται η μελέτη και κατασκευή έργων αντιδιαβρωτικής προστασίας και διευθέτησης της κοίτης του ποταμού.
- Το προτεινόμενο φράγμα ΦΚ-4 προτείνεται αδιαπέρατο με μεμβράνη στεγανότητας. Το γεγονός ότι τα ρέματα για μεγάλη χρονική περίοδο στην περιοχή έχουν πολύ μικρή έως μηδενική παροχή, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι δε θα απαιτηθούν ειδικά έργα στη φάση κατασκευής όπως προφράγματα, μεγάλοι αγωγοί εκτροπής κτλ.
- Σε περιόδους πλημμυρικών παροχών και προσωρινής ανύψωσης της στάθμης του ταμιευτήρα θα σημειωθεί εμπλουτισμός στους υπόγειους υδροφορείς, καθόσον οι υδροπερατοί κροκαλοπαγείς σχηματισμοί βυθίζονται προς το εσωτερικό των αντερισμάτων.
- Κατά τις εκκενώσεις του ταμιευτήρα και την αντιστροφή στη διεύθυνση κίνησης του υπόγειου νερού, εκτιμάται ότι θα υπάρξουν φαινόμενα

διάβρωσης και απόπλυσης υλικών από τις λεπτοκλαστικές ενστρώσεις με αποτέλεσμα - μακροχρόνια - να δημιουργηθούν αποκολλήσεις και καταπτώσεις, ιδιαίτερα στις περιοχές, όπου τα πρανή είναι υψηλά και έχουν απότομες κλίσεις.

- Η ύπαρξη ασβεστολιθικών – καρστικών πετρωμάτων και κροκαλοπαγών μέσα στους ταμιευτήρες, καθιστά στις περισσότερες θέσεις αρκετά δαπανηρή αν όχι αδύνατη την εξασφάλιση στεγανότητας στους ταμιευτήρες με σκοπό την αποθήκευση νερού για οποιαδήποτε χρήση κατά την ξηρή περίοδο. Επομένως, η εξασφάλιση στεγανότητας στο σώμα του φράγματος, δεν είναι απαραίτητο στοιχείο στη λειτουργία των ταμιευτήρων και αυτή περιορίζεται μόνο στον περιορισμό των διαρροών, ώστε να μην τίθεται θέμα ασφάλειας για την ευστάθεια του φράγματος.
- Απότομη πλήρωση και εκκένωση των ταμιευτήρων κατά τη μακρόχρονη λειτουργία του έργου θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αποκολλήσεων και καταπτώσεων στα πρανή της λεκάνης, γεγονός που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για τυχόν ιδιοκτησίες, οι οποίες βρίσκονται στα πρανή των λεκανών.

9.2. Συμπεράσματα

Η ελλιπής αντιπλημμυρική προστασία στην περιοχή ανάντη του Κόκκινου Μύλου, είχε ως αποτέλεσμα να παρατηρούνται έντονες πλημμυρικές παροχές. Στο πλαίσιο αυτό προστασίας της περιοχής και αποφυγής κατολισθήσεων, λόγω έντονων βροχοπτώσεων, προτάθηκαν από την ΕΥΔΑΠ, 17 φράγματα στην υπό εξέταση λεκάνη απορροής του Κηφισού. Κατέληξαν στην πρόταση κατασκευής του φράγματος ΦΚ-4.

Το ΦΚ-4, σύμφωνα με την πρόταση της ΕΥΔΑΠ, λόγω του σκοπού λειτουργίας του, χαρακτηρίζεται φράγμα ανάσχεσης, θεωρείται μικρό σχετικά φράγμα (<15 μέτρα το ύψος του), ενώ από άποψη υλικών κατασκευής και γεωμετρίας ανήκει στην κατηγορία των εύκαμπτων και χαρακτηρίζεται ως λιθόρριπτο.

Η ΕΥΔΑΠ έκανε μαθηματική προσομοίωση της υδρολογικής λεκάνης, συσχετίζοντας τις βροχοπτώσεις και τις απορροές. Το αποτέλεσμα της προσομοίωσης ήταν ότι αν λειτουργήσει το φράγμα αναμένεται μείωση της παροχής του Κηφισού κατά 32%.

Γενικά η λειτουργία του φράγματος θα είχε τα εξής πλεονεκτήματα για την περιοχή:

- ✓ Μείωση των πλημμυρικών παροχών του Κηφισού
- ✓ Συγκράτηση των φερτών υλικών
- ✓ Εμπλουτισμός και τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων

Η κατασκευή του φράγματος τελικά δεν υλοποιήθηκε, θεωρήθηκε ότι δεν ήταν πλέον σημαντικές οι πλημμυρικές παροχές, πιθανότα λόγω του εγκιβωτισμού του Κηφισού, η πιθανότητα πλημμυρικών φαινομένων μειώθηκε σημαντικά, οπότε το κόστος κατασκευής να ήταν μεγαλύτερο από το αναμενόμενο όφελος στην περιοχή.

Αντί του φράγματος θεωρήθηκε καλή η λύση επαναλειτουργίας του παλιού υδραγωγείου, το οποίο παλαιότερα χρησιμοποιούνταν για την υδροδότηση των Αθηνών, όταν η στάθμη της λίμνης του Μαραθώνα ήταν σε χαμηλά επίπεδα. Το υδραγωγείο όμως παρουσιάζει διάφορα προβλήματα, κατά μήκος της διατομής του, δείχνοντας μια εικόνα εγκατάλειψης.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Γαλανόπουλος Α. (1966) : Επίδραση των διακυμάνσεων της στάθμης της λίμνης του Μαραθώνος επί της σεισμικής δράσεως του Λεκανοπεδίου της Αττικής, Αθήνα
- 2 ΓΥΣ : Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης 1:50.000, Χάρτης της περιοχής του φράγματος ΦΚ-4, Χάρτης των ρεμάτων του Κηφισού κλ.1:5.000
- 3 *ΕΝΜ ΕΠΕ* (Εξάρχου, Νικολόπουλος, Μπενσασσών) (2000): Προκαταρκτική Μελέτη διευθέτησης Κηφισού ανάντη Κόκκινου Μύλου με διερεύνηση ανάσχεσης πλημμύρας στην ορεινή λεκάνη, Τεχνική έκθεση, Αθήνα
- 4 ΕΥΔΑΠ (2000) : Προκαταρκτική Μελέτη διευθέτησης Κηφισού ανάντη Κόκκινου Μύλου με διερεύνηση ανάσχεσης πλημμύρας στην ορεινή λεκάνη, Τεχνική έκθεση, Αθήνα
- 5 Ηλίας Π., (2008) : Εσωτερική Έκθεση ΕΥΔΑΠ, Αθήνα
- 6 ΙΓΜΕ (2002): Γεωλογικός Χάρτης 1:50.000, Φύλλο Κηφισιάς, Στρωματογραφική- Τεκτονική στήλη
- 7 Καλογεράς, Μελής, Κωνσταντίνου, Σταυρακάκης (2008). Μελέτη της ισχυρής εδαφικής κίνησης στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας με την ευκαιρία των σεισμών της Πάρνηθας (1999) και των Κυθήρων (2006), Αθήνα
- 8 Κιουλέπογλου Α. (2009): Διπλωματική εργασία: Επίδραση των δασικών πυρκαγιών στο πλημμυρικό καθεστώς λεκανών απορροής: Η περίπτωση του ρέματος Αγ. Τριάδα στην Πάρνηθα, Αθήνα
- 9 Λιάκουρης Ε.Δ. (1995) : Η γεωλογία και τα φράγματα της ΔΕΗ
- 10 Παπανικολάου Δ. (2000) : Γεωλογικός- Τεκτονικός χάρτης λεκανοπεδίου Αττικής (κλίμακα 1:50.000)
- 11 Ρόζος Δ. (2007) : Εγχειρίδιο Τεχνικής Γεωλογίας II, Ταμιευτήρες νερού, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας-Υδρογεωλογίας, Σχολή Μηχ. Μεταλλείων- Μεταλλουργών, ΕΜΠ, Αθήνα
- 12 Τσακίρης (1995): Υδατικοί Πόροι: I Τεχνική Γεωλογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα

- 13 Φαλιάγκας Γ. (2010): Πτυχιακή Εργασία: Παραβατικότητα στο Χώρο και Περιβαλλοντικοί-Τεχνολογικοί Κίνδυνοι, Μελέτες Περίπτωσης: Ο Κηφισός Ποταμός, Το παράκτιο μέτωπο της Νοτιοανατολικής Αττικής, Πυρκαγιές στη Ζώνη Μίξης Δασών-Οικισμών, Αθήνα
- 14 Φώτη Σ. (2000) :Γεωλογική μελέτη, Έκθεση κύριου κλάδου Κηφισού, Αθήνα

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Chow, V.T., D.R. Maidment and L.R. Mays, "Applied Hydrology, Mc Graw-Hill, (1988)
2. Cowan, W.L., (1956) : Estimating Hydraulic Roughness Coefficients: Agricultural Engineering
3. Emberger L., 1971: Tzavoux de botanique el' d' ecologie. Masson, Paris
4. Horton, Robert E. (1916). Some better Kutter's formula coefficients. Eng. News
5. Hydrologic Engineering Center (HEC), 1998. HEC-1 Flood Hydrograph Package User's Manual, Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineering, California
6. Krynine P. D. – Judd R. W. (1957): Principles of Engineering Geology and Geotechnics, Mc Graw Hill Book Company, New York
7. Soil Conservation Service (1972) : National Engineering Handbook, section 4, Hydrology, U.S. Dept of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
8. Wanielista, M., (1978) Stormwater Management Quantity kai Quality. Ann Arbor Science, Ann Arbor
9. Zaruba Q., Mencl V., (1976): Engineering geology developments in geotechnical engineering, Vol. 10, Elsevier Amsterdam