



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΠΡΟΠΟΝΤΙΔΑΣ
Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**

Έργο:	Έργα αντιπλημμυρικής προστασίας οικισμών Σημάντρων και Ν. Γωνιάς του Δήμου Νέας Προποντίδας
Αρ. Μελ.:	45/2021
Προϋπολογισμός:	6.000.000,00€
CPV:	45246400-7

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΠΡΟΠΟΝΤΙΔΑΣ
Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Έργο: Έργα αντιπλημμυρικής προστασίας οικισμών Σημάντρων και Ν. Γωνιάς του Δήμου Νέας Προποντίδας
Αρ. Μελ.: 45/2021
Προϋπολογισμός: 6.000.000,00€
CPV: 45246400-7

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

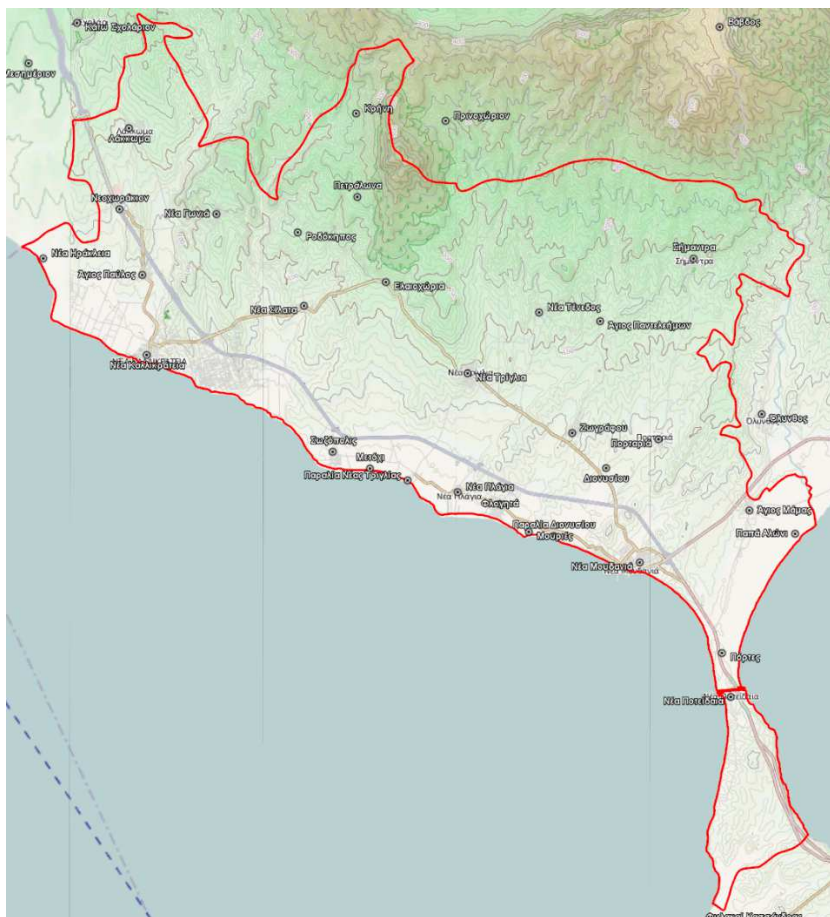
1. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται γεωγραφικά στην Κεντρική Μακεδονία, εντός των διοικητικών ορίων του Νομού Χαλκιδικής, ενώ υδρολογικά και σύμφωνα με τις διαιρέσεις του ΦΕΚ με Αρ. Φύλλου 1383 της 2ας Σεπτεμβρίου 2010, ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας και ειδικότερα επί της λεκάνης Απορροής Χαλκιδικής (EL 1005).



Σχήμα 1.1: Λεκάνες Απορροής και Υδατικά Διαμερίσματα. Με βέλος φαίνεται θέση τη περιοχής μελέτης (Πηγή: ΦΕΚ Αρ. Φύλλου 1383 2010)



Σχήμα 1.2: Χάρτης του δήμου Προποντίδας με την περιοχή του οικισμού Σημάντρων.

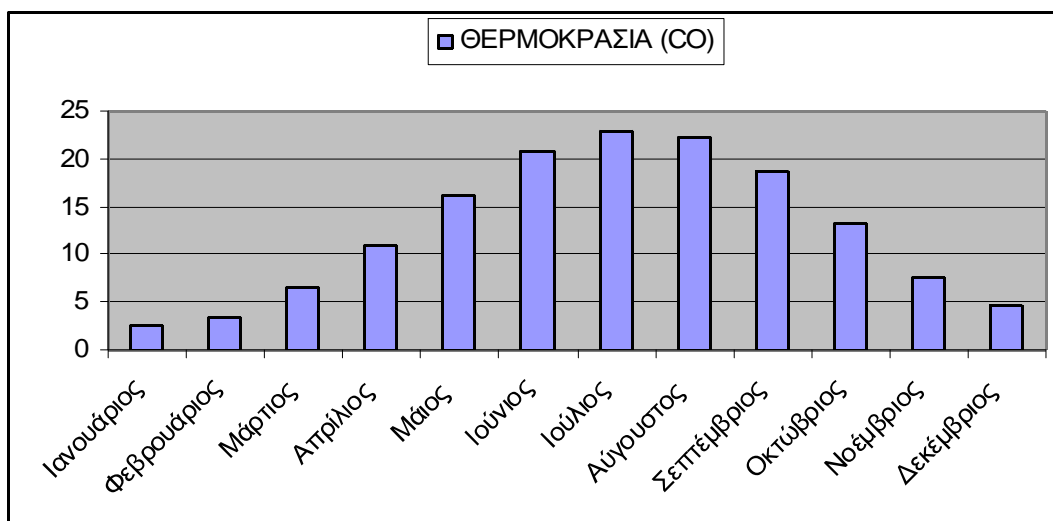
1.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το κλίμα που χαρακτηρίζει την ευρύτερη περιοχή μελέτης κατατάσσεται ως μεταβατικό μεταξύ του ηπειρωτικού κλίματος της κεντρικής Ευρώπης και του μεσογειακού και μεσευρωπαϊκού στις περιοχές των πεδινών Κοινοτήτων ενώ εξελίσσεται σε ηπειρωτικό - μεσευρωπαϊκό στις περιοχές των ορεινών Κοινοτήτων. Το κλίμα χαρακτηρίζεται από ψυχρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια.

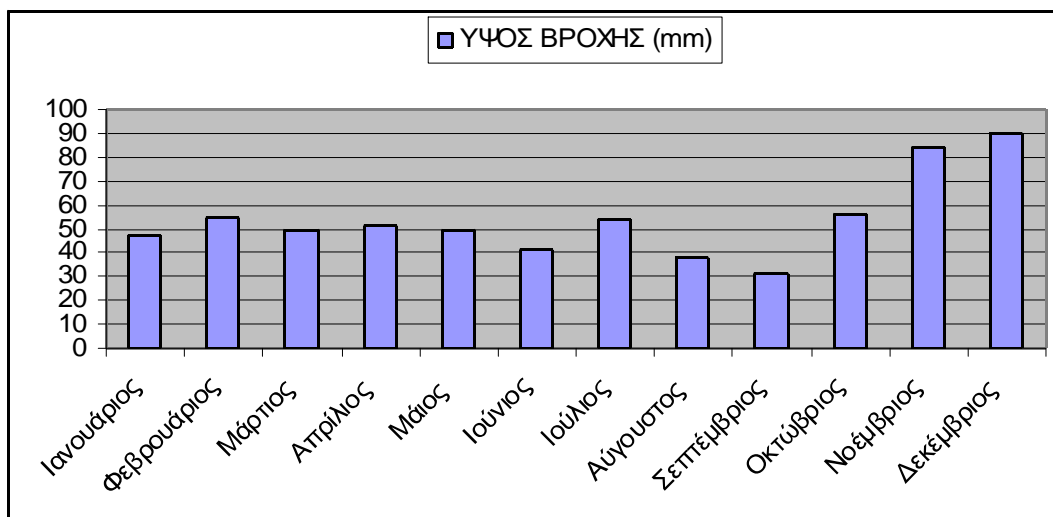
Πίνακας 1.1: Μέσες μηνιαίες τιμές βασικών κλιματολογικών χαρακτηριστικών σταθμού Αρναίας

Μήνας	Θερμοκρασία (C°)	Ύψος βροχής (mm)	Σχετική υγρασία (%)	Εξάτμιση (mm)
Ιανουάριος	2,6	47	85	21
Φεβρουάριος	3,4	55	83	21
Μάρτιος	6,5	50	80	34
Απρίλιος	11,0	51	73	51
Μάιος	16,2	50	71	59
Ιούνιος	20,9	41	66	76
Ιούλιος	22,9	54	65	84
Αύγουστος	22,3	38	67	80
Σεπτέμβριος	18,6	31	72	61
Οκτώβριος	13,3	56	80	40
Νοέμβριος	7,6	84	85	20
Δεκέμβριος	4,7	90	86	23

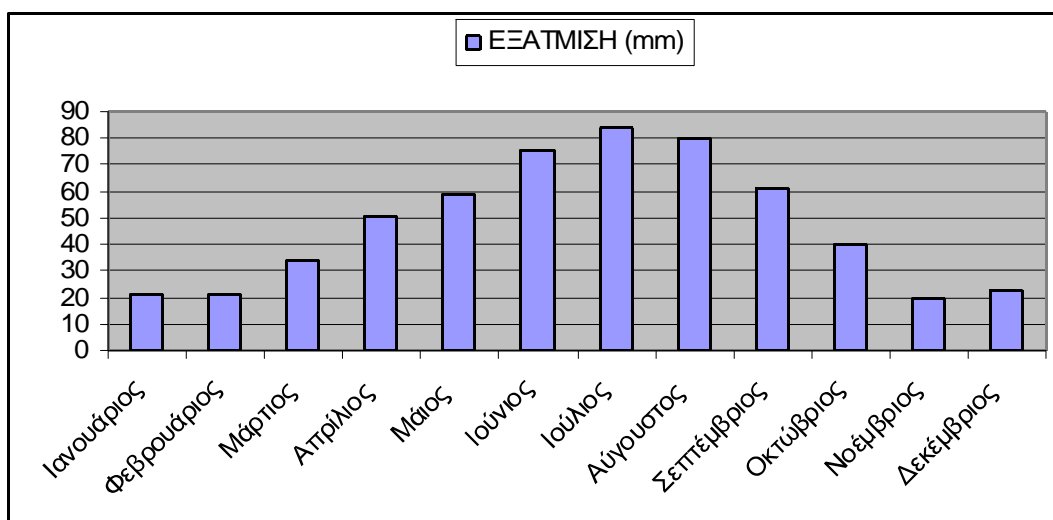
Παρακάτω παρουσιάζονται σε μορφή γραφημάτων οι βασικές τιμές των κλιματολογικών χαρακτηριστικών του μετεωρολογικού σταθμού Αρναίας



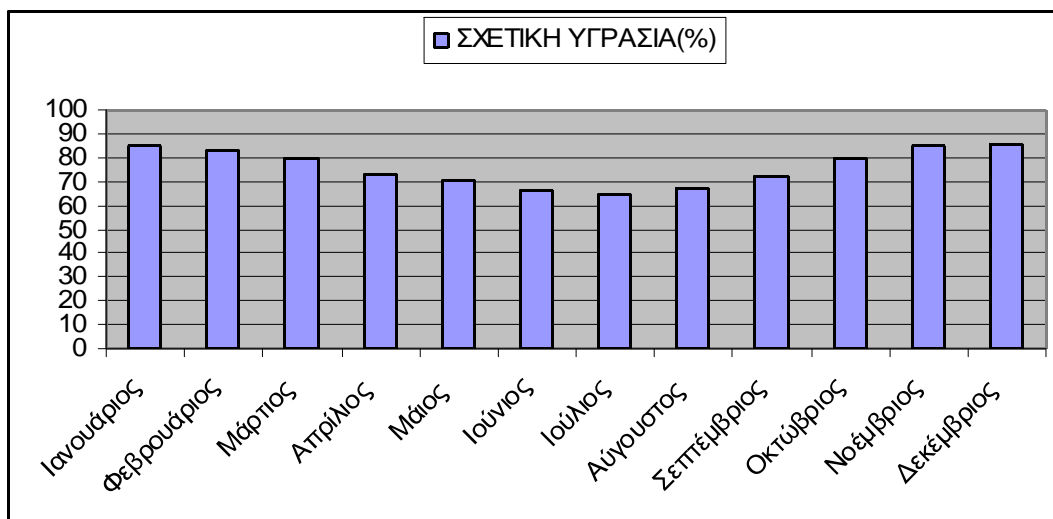
Διάγραμμα 1.1: Μέσες θερμοκρασίες σταθμού Αρναίας



Διάγραμμα 1.2: Μέσες τιμές ύψους βροχής σταθμού Αρναίας



Διάγραμμα 1.3: Μέσες τιμές εξάτμισης σταθμού Αρναίας



Διάγραμμα 1.4: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας σταθμού Αρναίας

Από τα γραφήματα παρατηρούμε ότι το μέσο μηνιαίο θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 2,6°C (Ιανουάριος) και 22,9°C (Ιούλιος). Η μέση μηνιαία σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 65% και 86% για τους μήνες Ιούλιο και Δεκέμβριο αντίστοιχα. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής διαμορφώνεται στα 647mm.

1.3 ΈΔΑΦΟΣ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

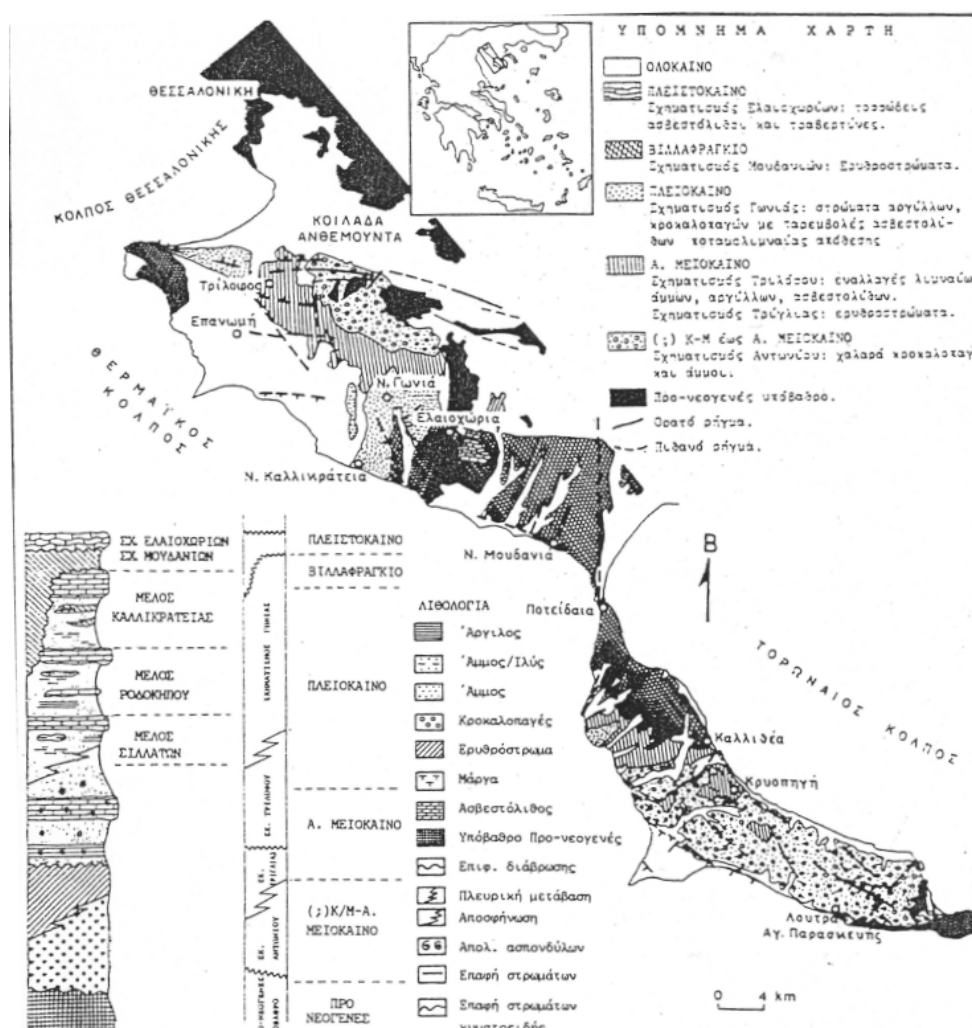
Από την χερσόνησο της Χαλκιδικής διέρχονται τρεις γεωλογικές ζώνες: η Περιροδοπική ζώνη, η Σερβομακεδονική ζώνη και η ζώνη της Παιονίας. Η περιοχή έρευνας ανήκει στη ζώνη Παιονίας. Η ζώνη της Παιονίας ανήκει στην ευρύτερη ζώνη του Αξιού μαζί με τις ζώνες του Πάικου και της Αλμωπίας.



Εικόνα 2.1. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας. Από αριστερά προς τα δεξιά διακρίνονται η Πελαγονική ζώνη (PI), η ζώνη Αλμωπίας (AI), η ζώνη Πάικου (Pa), η ζώνη Παιονίας (Pe), η Περιροδοπική ζώνη (CR) και η Σερβομακεδονική μάζα (Sm). (Πηγή: Μουντράκης, 1985).

Στη ζώνη της Παιονίας συναντώνται κατά κύριο λόγο Αλπικά ιζήματα όπως ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, ασβεστολίθους, μαρμαρυγιακούς και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, φυλλίτες καθώς και κάποια ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα. Όσον αφορά το προαλπικό υπόβαθρο της ζώνης Αξιού υπάρχουν αρκετές εμφανίσεις μεταμορφωμένων πετρωμάτων - συχνά συμπτυχωμένων με αλπικά ιζήματα - η τεκτονική θέση των οποίων δείχνει, πολλές φορές με βεβαιότητα, ότι αντιπροσωπεύουν Παλαιοζωικά (προαλπικά) πετρώματα. Τα πετρώματα αυτά είναι γνεύσιοι, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, χαλαζιακοί - χλωριτικοί σχιστόλιθοι καθώς και μικρογρανιτικές και πηγματιτικές παρεμβολές. Η ηλικία των εμφανίσεων αυτών θεωρείται Παλαιοζωική διότι οι ραδιοχρονολογήσεις έδωσαν ηλικία Ερκύνιας μεταμόρφωσης (250 - 300 Ma). Είναι πιθανό ότι οι εμφανίσεις αυτών των Παλαιοζωικών μεταμορφωμένων πετρωμάτων έχουν προέλευση την

Σερβομακεδονική μάζα από όπου αποσπάσθηκαν τεκτονικά κατά την διάρκεια των πτυχώσεων και συμπτυχώθηκαν με τα αλπικά ιζήματα της ζώνης Αξιού. (Μουντράκης, 1985). Πιο συγκεκριμένα για την υποζώνη της Παιονίας ισχύει ότι οι αλπικοί σχηματισμοί της καλύπτονται σήμερα από τα μεταλπικά Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση στην περιοχή της δυτικής Χαλκιδικής και έχουν μεγάλο πάχος (Μουντράκης, 1985). Έτσι περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία ημιμεταμορφωμένων αλπικών ιζημάτων (ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, φυλλίτες, μαρμαρυγιακούς και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα), τα οποία έχουν αποτεθεί σε μια ωκεάνια αύλακα κατά το Μεσοζωικό. Μέσα σε αυτά ιζήματα εμφανίζονται επίσης μεγάλοι όγκοι οφειολιθικών εκχύσεων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της ζώνης Παιονίας είναι ότι τα πετρώματά της εμφανίζονται υπό μορφή μεγάλων λεπίων, αποκομμένων μεταξύ τους από τη κάλυψη της περιοχής με νεότερα ιζήματα. (Μουντράκης, 1985 στο Συρίδης, 1990). Πιο συγκεκριμένα στο τμήμα χαμηλού ανάγλυφου της δυτικής Χαλκιδικής και στην Κασσάνδρα το προ - Νεογενές υπόβαθρο καλύπτεται από ένα παχύ κάλυμμα νεότερων, χαλαρών κυρίως ιζημάτων. Πρόκειται για χερσοποτάμιες, ποταμοδελταϊκές, λιμνοδελταϊκές, λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις που σχηματίστηκαν κατά την εξέλιξη της ταφρογέννεσης στον ευρύτερο χώρο Αξιού - Θερμαϊκού. (Ψιλοβίκος et.al., 1988 στο Συρίδης 1990). Οι αποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία λιθολογικών τύπων, όπως: κροκαλοπαγή, ερυθροστρώματα, άμμους, ψαμμίτες, αργίλους, ιλυούχους αργίλους, ιλσοαργιλούχους άμμους, μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, τοφνώδεις ασβεστόλιθους, βιογενείς ασβεστόλιθους και τραβερτίνες. Τα ιζηματογενή στρώματα εμφανίζονται ελαφρώς κεκλιμένα είτε προς τα ΝΝΑ στην δυτική Χαλκιδική, είτε προς Β-ΒΔ στην Κασσάνδρα και ελέγχουν σε μεγάλο μέρος την πρόσφατη μορφολογία (Συρίδης, 1990). Τα ιζήματα αυτά θεωρείται ότι αποτέθηκαν στις ανατολικές παρυφές μιας παλαιολεκάνης που δημιουργήθηκε στον ευρύτερο χώρο Αξιού - Θερμαϊκού κατά το Νεογενές, όπου η διάταξη και οι κλίσεις των ιζημάτων ακολουθούν σε μεγάλο βαθμό την μορφολογία της. (Μουντράκης et al., 1993).



1.4 ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Κύριος στόχος της υδρολογικής μελέτης αποτελεί η πρόταση μιας αξιόπιστης καμπύλης **έντασης - διάρκειας, $i = i(t)$** , των αναμενόμενων κρίσιμων βροχοπτώσεων στην περιοχή του έργου, με βάση την οποία θα προσδιορισθούν οι πλημμυρικές παροχές ώστε στη συνέχεια να γίνει η επιλογή και διαστασιολόγηση των απαιτούμενων έργων.

Στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/EK η Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ), ως αρμόδιο όργανο, ανέθεσε την εκπόνηση μελετών που αφορούν στην κατάρτιση “ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ” στα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Χώρας. Σύμφωνα με τις σχετικές Τεχνικές Προδιαγραφές, στο πλαίσιο των συμβάσεων, καταρτίστηκαν εξισώσεις όμβριων καμπυλών (παραμετρικές σχέσεις υπολογισμού της έντασης της βροχόπτωσης για δεδομένη διάρκεια και περίοδο επαναφοράς) στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών σε κάθε Υδατικό Διαμέρισμα. Στόχος ήταν ο υπολογισμός της βροχόπτωσης σχεδιασμού στα διάφορα υδρολογικά σενάρια που εξετάστηκαν σχετικά με την πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας, δηλαδή υψηλή πιθανότητα εμφάνισης (περίοδος επαναφοράς 50 έτη), μέση πιθανότητα εμφάνισης (περίοδος επαναφοράς 100 έτη) και χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης (περίοδος επαναφοράς 1000 έτη).

Οι όμβριες καμπύλες που καταρτίστηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της έντασης της βροχόπτωσης σχεδιασμού, για επιλεγμένη διάρκεια και περίοδο επαναφοράς, σε οποιαδήποτε θέση ή λεκάνη απορροής της χώρας.

Για τη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε η παραμετρική εξίσωση που προκύπτει για το βροχομετρικό σταθμό Πολυγύρου που βρίσκεται πλησίον της υπό εξέταση περιοχής και έχει τη μορφή

$$i(d,T) = \frac{\lambda' [(T/\Delta)^{\kappa} - \psi']}{(1+d/\theta)^{\eta}}$$

όπου i = ένταση βροχής (mm/h) σε δεδομένη διάρκεια καταιγίδας $d(h)$

T = Περίοδος επαναφοράς (έτη) και

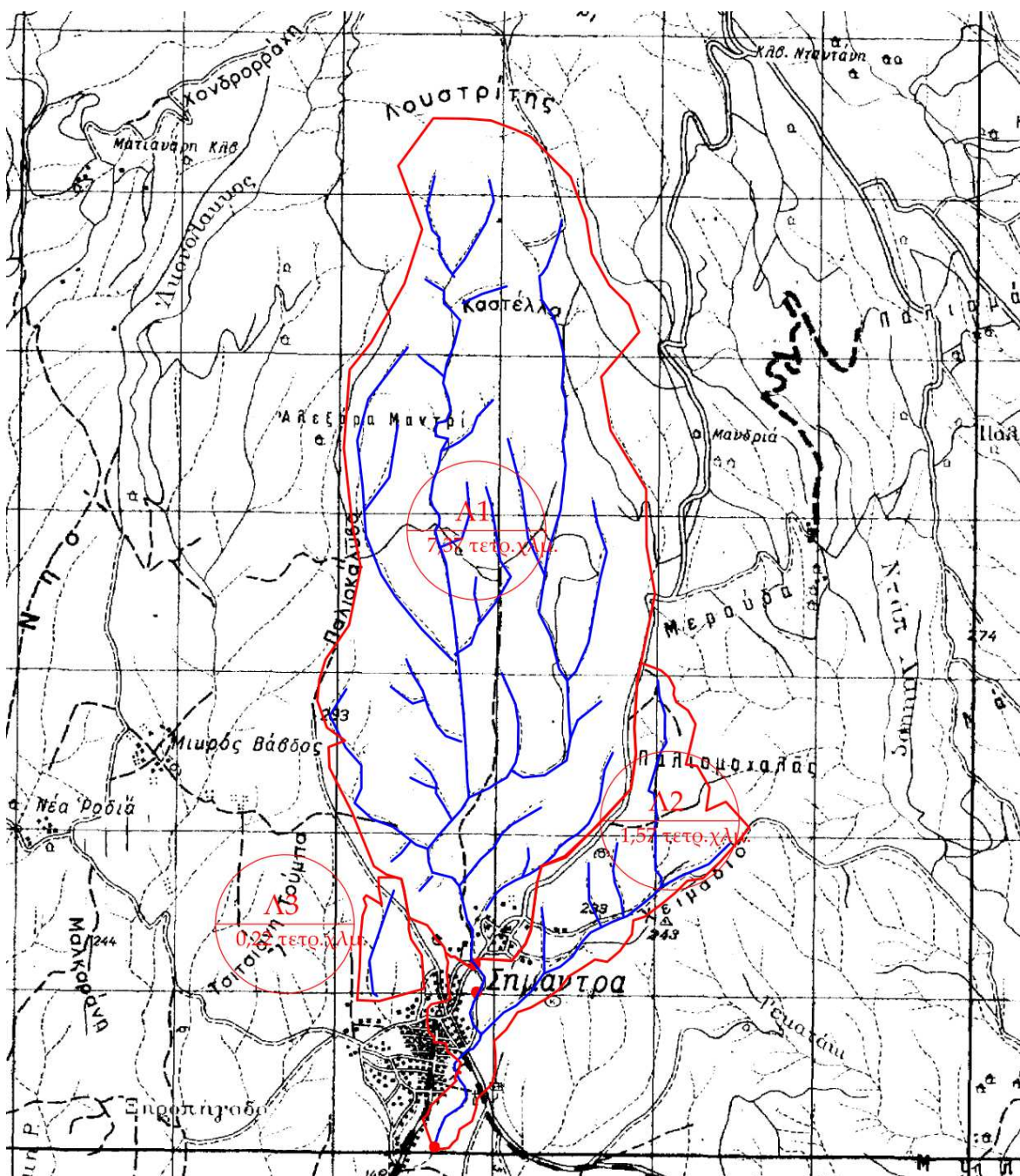
$\eta, \theta, \kappa, \lambda', \psi'$ συντελεστές που μεταβάλλονται για κάθε βροχομετρικό σταθμό της επικράτειας.

Πολύγυρος

η	θ	κ	λ'	ψ'
0,686	0,076	0,070	503	0,75

1.5 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΚΑΝΩΝ

Τα στοιχεία που χρειάζονται για την εφαρμογή της μεθόδου Giandotti προέκυψαν από ψηφιακή επεξεργασία - αναπαραγωγή των λεκανών απορροής των υδατορεμάτων. Ως υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού.



Σχήμα 1.3: Άποψη των υπό εξέταση λεκανών απορροής

Παρακάτω παρουσιάζονται τα γεωμετρικά υδρολογικά στοιχεία όλων των υπό εξέταση εξωτερικών λεκανών απορροής

Λεκάνη Λ1

Εμβαδά επιφανείας απορροή	F= 7.37 τετρ. χλμ.
Μήκος της κύριας μισγάγγειας	L= 5.30 Km
Μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης	H= 718.0 m
Μέσο υψόμετρο της λεκάνης	H= 308.40 m
Ελάχιστο υψόμετρο της λεκάνης	h= 174.00 m

Λεκάνη Λ2

Εμβαδά επιφανείας απορροής	F= 1.57 τετρ. χλμ
Μήκος της κύριας μισγάγγειας	L= 3.70 Km
Μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης	H= 281.0 m

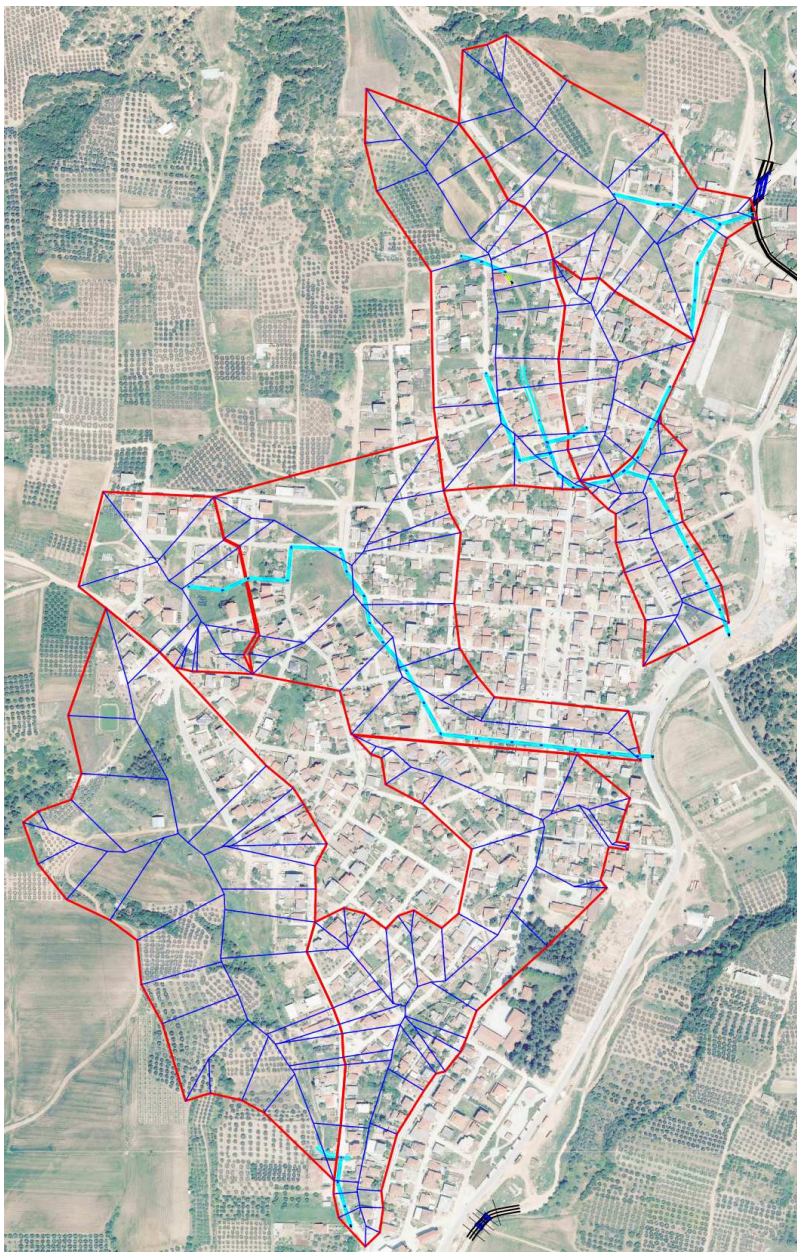
Μέσο υψόμετρο της λεκάνης	H= 207.0 m
Ελάχιστο υψόμετρο της λεκάνης	h= 142.70 m

Λεκάνη Λ3

Εμβαδά επιφανείας απορροής	F= 0.22 τετρ. χλμ
Μήκος της κύριας μισγάγγειας	L= 0.80 Km
Μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης	H= 245.0 m
Μέσο υψόμετρο της λεκάνης	H= 204.00 m
Ελάχιστο υψόμετρο της λεκάνης	h= 173.00 m

Όσον αφορά τις εσωτερικές λεκάνες για την ορθολογική εκτίμηση της παροχής των ομβρίων είναι αναγκαίος ο υπολογισμός της επιφάνειας που αποχετεύεται σε κάθε αγωγό. Σε κάθε διατομή ενός αγωγού ομβρίων αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη επιφάνεια, της οποίας τα όμβρια διέρχονται από τη διατομή αυτή.

Οι λεκάνες απορροής που αντιστοιχούν στους υπό μελέτη αγωγούς αποχέτευσης ομβρίων εμφανίζονται στο σχήμα 1.4 και στο σχέδιο Λ1 Εσωτερικές Λεκάνες Απορροής.



Σχήμα 1.4: Άποψη των υπό εξέταση εσωτερικών λεκανών απορροής

1.6 ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΡΡΟΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Στα πλαίσια των υδραυλικών υπολογισμών εξετάσθηκαν οι εξωτερικές και εσωτερικές υδρολογικές λεκάνες. Η χάραξη των εσωτερικών λεκανών απορροής (αστικές) των υπό μελέτη αγωγών πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας υψομετρικά δεδομένα αποτύπωσης πεδίου. Ο κρίσιμος χρόνος συρροής των υδάτων για τις εσωτερικές λεκάνες του δικτύου (αστικές) λαμβάνεται σύμφωνα με το Π.Δ. 696/74 ίσος με 10min.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για τις εξωτερικές λεκάνες απορροής ο κρίσιμος χρόνος συρροής των υδάτων μέχρι την εξεταζόμενη διατομή του υδατορρεύματος, υπολογίζεται με τη μέθοδο Giandotti. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ο χρόνος συρροής των υδάτων δίνεται από τη σχέση:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H-h}}$$

όπου:

t_c : είναι ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr,

A : είναι η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε km²,

L : είναι το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km,

h : είναι το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορέματος στη διατομή ελέγχου σε m,

H : είναι το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των λεκανών απορροής προκύπτουν για τις υπό εξέταση λεκάνες:

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ1: $t_c = 2.03$ h

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ2 : $t_c = 1.65$ h

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ3 : $t_c = 0.69$ h

2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΟΜΒΡΙΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το αποχετευτικό δίκτυο ομβρίων αποτελεί ένα σύνολο από αγωγούς που συλλέγουν και μεταφέρουν τα όμβρια ύδατα, εξοπλισμένο με τα κατάλληλα τυπικά και ειδικά τεχνικά έργα, που διευκολύνουν τη ροή στο δίκτυο και επιτρέπουν τη συντήρησή του. Το δίκτυο ομβρίων παροχετεύει το τμήμα της βροχόπτωσης που απορρέει επιφανειακά, κατά τη διάρκεια ενός πλημμυρικού φαινομένου. Επομένως, η απορροή των ομβρίων αποτελεί υδρολογικό μέγεθος και ο ποσοτικός προσδιορισμός του είναι αντικείμενο της Τεχνικής Υδρολογίας.

2.2 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ

Ο βαθμός προστασίας που παρέχει ένα δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων, περιγράφεται από την περίοδο επαναφοράς του επεισοδίου βροχής που μπορεί το δίκτυο να παροχετεύσει χωρίς προβλήματα. Όσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος επαναφοράς, για το οποίο έχει σχεδιαστεί το δίκτυο, τόσο μεγαλύτερη είναι η προστασία που αυτό παρέχει. Επισημαίνεται ότι ο όρος αστοχία του δικτύου σημαίνει ανεπαρκή αποχέτευση του συνόλου της απορροής και όχι καταστροφή του δικτύου.

Είναι προφανές ότι η αύξηση της περιόδου επαναφοράς σχεδιασμού συνεπάγεται αύξηση του κόστους του δικτύου, με παράλληλη μείωση των καταστροφών που προκαλούνται σε περίπτωση αστοχίας, καθώς και της συχνότητας των καταστροφών αυτών. Επομένως, η επιλογή της περιόδου επαναφοράς αποτελεί ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης με αντικειμενική συνάρτηση την ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής και του κόστους αποκατάστασης των ζημιών. Στην πράξη υιοθετούνται τυπικές τιμές των περιόδων επαναφοράς που είναι οι ακόλουθες:

- Για αγωγούς σε οικιστικές περιοχές 2 έως 15 χρόνια, με πιο συχνή τιμή 5 χρόνια.
- Για αγωγούς σε εμπορικές περιοχές 10 έως 50 χρόνια.
- Για αντιπλημμυρικά έργα 50 χρόνια ή περισσότερο.

Στην παρούσα μελέτη η περίοδος επαναφοράς για τους αγωγούς λήφθηκε ίση με 10 έτη και για τις εξωτερικές λεκάνες ίση με 50 έτη.

2.3 ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Ο υπολογισμός των παροχών θα γίνει με χρήση της ορθολογιστικής μεθόδου σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Ελληνικών Κανονισμών (άρθρο 187, Π.Δ. 696/74) και τις σχετικές οδηγίες της Ο.Σ.Μ.Ε.Ο. (κεφ. 3) της ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ Α..Ε.

Συγκεκριμένα:

Κατά την ορθολογιστική μέθοδο η παροχή απορροής σε μια θέση γίνεται από τη σχέση:

$$Q = C * I * A \quad (2.1)$$

όπου C : ο συντελεστής απορροής της αιχμής της πλημμύρας.

I : η μέση ένταση βροχής με διάρκεια ίση προς τον χρόνο απαιτείται να φθάσουν τα όμβρια νερά από το πλέον ακραίο σημείο της λεκάνης στην εξεταζόμενη θέση.

A : η επιφάνεια της λεκάνης απορροής.

Έτσι ο υπολογισμός της παροχής μελέτης των έργων αποχέτευσης όμβριων, για τις μονάδες που θα χρησιμοποιηθούν, θα γίνεται με βάση τη σχέση:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2.2)$$

όπου: C = ο συντελεστής απορροής

I = η ένταση της βροχόπτωσης σε (mm/ώρα)

A = το εμβαδόν της λεκάνης (στρέμματα)

Q = η παροχή υπολογισμού (lit/s)

2.4 ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Για τον υπολογισμό της μέγιστης έντασης βροχής θα χρησιμοποιηθεί η σχέση που αναφέρεται στο τεύχος: "Ομβρίες Καμπύλες" που συντάχθηκε στα πλαίσια του "Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας" (ΕΓΥ, ΥΠΕΚΑ, Ιούλιος 2017) και αποτελεί την μαθηματική έκφραση της όμβριας καμπύλης της ευρύτερης περιοχής του Πολυγύρου.

$$i = \frac{321,2 * (T^{0.12} - 0.66)}{(1+t/0,076)^{0.686}} \text{ (mm/h)} \quad (2.3)$$

Με βάση την παραπάνω σχέση προκύπτουν οι μέγιστες σημειακές εντάσεις της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς T=50 έτη και διάρκεια ίση με το χρόνο συγκέντρωσης για κάθε λεκάνη.

Για υδρολογικές εφαρμογές, χρειάζονται πάντα οι επιφανειακά μέσες εντάσεις για τη λεκάνη απορροής που μελετάται και όχι οι σημειακές εντάσεις. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητη μια μεθοδολογία για την αναγωγή των σημειακών σε επιφανειακές εντάσεις βροχής. Μετά τον καταρτισμό των όμβριων καμπυλών η σημειακή ένταση που υπολογίζεται από αυτές ανάγεται κατάλληλα ώστε να αντιπροσωπεύει την επιφανειακή ένταση. Η αναγωγή γίνεται με πολλαπλασιασμό επί τον συντελεστή επιφανειακής αναγωγής (areal reduction factor) (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999). Ο συντελεστής της έχει της ακόλουθες, εμπειρικά διαπιστωμένες, ιδιότητες:

- Είναι πάντα μικρότερος από 1: όταν καταγράφεται μέγιστη ένταση στη θέση του βροχογραφικού σταθμού, είναι απίθανο την ίδια στιγμή να καταγράφεται μέγιστη ένταση σε όλη την υπόψη επιφάνεια.
- Είναι φθίνουσα συνάρτηση της έκτασης: η αύξηση της έκτασης της επιφάνειας συνεπάγεται τη μείωση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.
- Είναι αύξουσα συνάρτηση της διάρκειας: η αύξηση της διάρκειας βροχής συνοδεύεται από αύξηση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.
- Εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από την περίοδο επαναφοράς και φαίνεται ότι η αύξηση της περιόδου επαναφοράς οδηγεί σε ασθενή μείωση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.

Στα πινακοποιημένα αποτελέσματα του National Environmental Research Council (1975), τα οποία είναι και τα πληρέστερα σε ό,τι αφορά στο εύρος μεταβολής της διάρκειας (1min - 25 ημέρες) και της έκτασης (1 - 30.000km²) προσαρμόστηκε η ακόλουθη αναλυτική έκφραση (Κουτσογιάννης, 1997).

$$\varphi = 1 - \frac{0,048 * A^{0.36-0.01 \ln A}}{d^{0.35}} \geq 0.25$$

Με βάση την παραπάνω σχέση για τις εξωτερικές λεκάνες προκύπτουν οι μέσες επιφανειακές εντάσεις της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς T=50 έτη και διάρκεια ίση με το χρόνο συγκέντρωσης:

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ1: i(max) = 26.97 mm/h

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ2: i(max) = 31.81 mm/h

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ3: i(max) = 42.45 mm/h

2.5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Από τους παράγοντες του ανωτέρω πίνακα, εκτιμήθηκε συντελεστής απορροής c για τις εσωτερικές λεκάνες απορροής ίσος με 0,60 και για τους δρόμους ίσος με 0,90.

Ο συντελεστής απορροής C στην ορθολογική εξίσωση αντιπροσωπεύει το ποσοστό των νερών που θα διασχίσουν την επιφάνεια της αποχετευόμενης λεκάνης, κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης, και θα φτάσουν στο εξεταζόμενο σημείο συγκέντρωσης της ροής. Το υπολειπόμενο ποσοστό της βροχόπτωσης που δε φτάνει (χάνεται) στο σημείο συγκέντρωσης συντίθεται από τα μέρη των νερών που διηθούνται στο έδαφος, απορροφούνται από τη βλάστηση, εξατμίζονται και κατακρατούνται στις επιφανειακές κοιλότητες ή γενικά στα χαμηλά σημεία της επιφάνειας του εδάφους.

Σε περιοχές εκτός ανάπτυξης (οδοί υπεραστικές - Ομάδα Οδών Α, οδοί περιαστικές - Ομάδα Οδών Γ, βλέπε [ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ](#)), το πεδίο των τιμών του συντελεστή απορροής C, καθορίζεται με βάση τα τέσσερα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους που είναι:

- το ανάγλυφο,
- η διηθητικότητα,
- η φυτική κάλυψη και
- η αποθηκευτική ικανότητα σε χαμηλά σημεία της επιφάνειας του εδάφους.

Ο συντελεστής απορροής υπολογίζεται ως το άθροισμα των επιμέρους συντελεστών C_r, C_i, C_v, C_s που λαμβάνονται από τον Πίνακα 2.1 και αντιστοιχούν στα προαναφερόμενα τέσσερα χαρακτηριστικά της επιφάνειας εδάφους της εξεταζόμενης λεκάνης.

Οι συντελεστές των εν λόγω πινάκων έχουν εφαρμογή σε υπολογισμούς για περιόδους επαναφοράς 5 - 10 έτη. Για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς δηλαδή, υψηλότερες εντάσεις βροχόπτωσης, συνήθως απαιτείται διόρθωση των τιμών των πινάκων επειδή η διηθητικότητα καθώς και τα άλλα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της αποχετευόμενης λεκάνης τα οποία απομεινώνουν την απορροή έχουν μια αναλογικά μικρότερη επίδραση στο συνολικό όγκο της απορροής. Η διόρθωση της εξίσωσης της ορθολογικής μεθόδου επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας τον υπολογιζόμενο συντελεστή C με το συντελεστή C_f (βλέπε Πίνακα 2.2) διατηρώντας όμως σε κάθε περίπτωση ως μέγιστη τιμή του αποτελέσματος του πολλαπλασιασμού C x C_f = 1,0.

Πίνακας 2.1: Συντελεστής διόρθωσης αναλόγως με περίοδο επαναφοράς

Περίοδος επαναφοράς	25	50	100
Συντελεστής διόρθωσης C _f	1,10	1,20	1,25

Πίνακας 2.2: Συντελεστές απορροής σε λεκάνες εκτός αναπτυσσόμενων περιοχών

Χαρακτηριστικά επιφάνειας εδάφους		ακραίες	Τιμές συντελεστή απορροής		χαμηλές
			υψηλές	συνήθεις	
	1	2	3	4	5
1	C _r Ανάγλυφο εδάφους	0,28 - 0,35 επικλινές, ανώμαλες επιφάνειες με μέσες κλίσεις >30%	0,20 - 0,28 λοφώδες, με μέσες κλίσεις 10 - 30%	0,14 - 0,20 κυματώδες με μέσες κλίσεις 5 - 10%	0,08 - 0,14 σχετικά επίπεδο, με μέσες κλίσεις 0-5%
2	C _i Διηθητικότητα εδάφους	0,12 - 0,16 μη επηρεαζόμενο κάλυμμα εδάφους, είτε βραχώδες είτε μανδύας λεπτόκοκκου εδάφους αμελητέας διηθητικότητας	0,08 - 0,12 βραδείας διηθητικότητας, άργιλοι ή αβαθή παχιά εδάφη χαμηλής διηθητικότητας, ατελώς ή πολύ μικρής αποστραγγιστικότητας	0,06 - 0,08 κανονικής διηθητικότητας καλά αποστραγγιζόμενο μικρής ή μεσαίας μακροϋφής εδάφη, αμμώδη παχιά εδάφη, ιλύες και ιλυώδη εδάφη	0,04 - 0,06 υψηλής διηθητικότητας βαθιά άμμος ή άλλο έδαφος που απορροφά το νερό, πολύ ελαφριά καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη
3	C _v Φυτική κάλυψη εδάφους	0,12 - 0,16 βλάστηση που δεν επηρεάζει, γυμνό ή πολύ αραιά κάλυψη	0,08-0,12 πτωχή έως μέτρια, καθαρές καλλιέργειες ή πτωχής φυσικής κάλυψης, λιγότερο από 20% της αποχετευόμενης επιφάνειας με καλή κάλυψη	0,06-0,08 μέτρια έως καλή, περίπου 50% της επιφάνειας είναι καλή φυτική γη ή δασώδες, λιγότερο από 50% επιφάνειας είναι καλλιέργειες	0,04 - 0,06 καλή έως άριστη, περίπου 90% της αποχετευόμενης επιφάνειας είναι καλή φυτική γη, δασώδες ή ισοδύναμης κάλυψης
4	C _s Αποθηκευτικότητα επιφάνειας εδάφους	0,10 - 0,12 αμελητέες ταπεινώσεις εδάφους και αβαθείς, διάδρομοι αποστράγγισης επικλινείς και μικροί, καθόλου τέλματα	0,08 - 0,10 χαμηλή, καλά οριζόμενο σύστημα διαδρόμων αποστράγγισης, όχι λιμνάζοντα νερά ή τέλματα	0,06-0,08 κανονική, σημαντικές επιφανειακές ταπεινώσεις, λιμνάζοντα νερά και τέλματα	0,04 - 0,06 υψηλή, αποθηκευτικότητα, σύστημα αποστράγγισης όχι καλά οριζόμενο, μεγάλος αριθμός πλημμυριζόμενων επιφανειών ή τελμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής επιλέχθηκαν οι παρακάτω επιμέρους συντελεστές

$$C_{\Lambda 1} = 0,50$$

$$C_{\Lambda 2} = 0,40$$

$$C_{\Lambda 3} = 0,50$$

Για τις εσωτερικές λεκάνες απορροής επιλέχθηκε συντελεστής απορροής ίσος με 0,60 και για τους δρόμους ίσος με 0,90.

2.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΔΑΤΟΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΩΝ

Με βάση όλα τα παραπάνω υπολογίζονται οι μέγιστες υδατοπαροχές για τις τρεις εξωτερικές λεκάνες χρησιμοποιώντας την ορθολογική μέθοδο. Επομένως ισχύει:

$$\text{ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ } \Lambda 1: \max Q_{50} = 0,278 * 0,50 * 26,97 * 7,37 \approx 27,63 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ } \Lambda 2: \max Q_{50} = 0,278 * 0,40 * 31,81 * 1,57 \approx 5,55 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ } \Lambda 3: \max Q_{50} = 0,278 * 0,50 * 42,45 * 0,22 \approx 1,29 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Στη λεκάνη απορροής Λ1 υπολογίζεται επιπρόσθετα και η στερεοπαροχή της με βάση τον τύπο των Stiny - Hercheulidze.

$$Q = \frac{Pn * m}{\gamma \pi (100 - Pn)} * Q_{\max}$$

Επιλύνοντας την παραπάνω σχέση των Stiny-Hercheulidze προκύπτει για τη λεκάνη απορροής Λ1 η τιμή της μέγιστης στερεοπαροχής ($\max G_{50}$) για περίοδο $T=50$ έτη:

$P_n = 20$ για μέση κλίση λεκάνης από 5%-15%

$m = 1,0$ (θεωρούσε μέσο βαθμό χειμαρρικότητας, όπου $m = 0,9-1,10$)

$\gamma_n = 2,08 \text{ t/m}^3$

Άρα: ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ1:

$$\max G_{50} = \frac{20 \cdot 1}{2,08(100-20)} \cdot 25,12 = 3,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Και επομένως οι τελικές τιμές της παροχής σχεδιασμού για τις υπό εξέταση λεκάνες είναι:

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ1 $\max Q_{50} = 27,63 + 3,32 \approx \mathbf{31,00 \text{ m}^3/\text{sec}}$

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ2: $\max Q_{50} = 0,278 \cdot 0,40 \cdot 31,81 \cdot 1,57 = \mathbf{5,55 \text{ m}^3/\text{sec}}$

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Λ3: $\max Q_{50} = 0,278 \cdot 0,50 \cdot 42,45 \cdot 0,22 = \mathbf{1,29 \text{ m}^3/\text{sec}}$

2.7 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ

Οι ελληνικοί κανονισμοί για την αποχέτευση θεωρούν υποχρεωτικό το σχεδιασμό των αγωγών ομβρίων και ακαθάρτων ως αγωγών με ελεύθερη επιφάνεια. Έτσι το ανώτερο τμήμα της γεωμετρικώς κλειστής διατομής τους δε χρησιμοποιείται από υδραυλική άποψη, διατίθεται όμως ως περιθώριο ασφαλείας και επιπλέον διασφαλίζει τον αερισμό των αγωγών. Κανονισμοί άλλων χωρών επιτρέπουν την ολική πλήρωση των αγωγών ή ακόμη επιτρέπεται και μικρή πίεση (π.χ. 0,3m), κυρίως για τους αγωγούς ομβρίων. Αυτές βέβαια οι υπερβάσεις επιτρέπονται μόνο για τη μέγιστη παροχή αγωγών, θεωρώντας ότι σε όλες τις άλλες συνθήκες μικρότερων παροχών εξασφαλίζεται ικανοποιητικός αερισμός των αγωγών.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, η εμφάνιση σημαντικής πίεσης στη ροή των αγωγών αποχέτευσης δεν είναι επιθυμητή, διότι έχει ως συνέπεια την αναστροφή ροής, από τους αγωγούς προς τις ιδιωτικές συνδέσεις ή τα φρεάτια των οδών, με δυσμενή επακόλουθα.

Αντίθετα, στην περίπτωση κατασκευής ειδικών έργων, όπως καταθλιπτικών αγωγών, σιφώνων και σιηράγγων, η λειτουργία υπό πίεση είναι αναπόφευκτη. Γίνεται εύκολα αντιληπτό, πως σε αγωγούς αυτού του τύπου δε γίνονται ιδιωτικές συνδέσεις.

Η ροή στους αγωγούς αποχέτευσης είναι μη μόνιμη, αφού οι παροχές συνεχώς μεταβάλλονται με το χρόνο. Όμως, κατά τη διαστασιολόγηση και τον έλεγχο τυπικών έργων αποχέτευσης (δίκτυα), γίνεται η παραδοχή μόνιμων συνθηκών ροής. Αντίστοιχα, στην περίπτωση που εξετάζονται μεμονωμένοι αγωγοί ενός δικτύου, τα φαινόμενα μη μονιμότητας (κύματα ελεύθερης επιφάνειας ή κύματα πίεσης) δικαιολογημένα μπορούν να αγνοηθούν, καθώς οι διακυμάνσεις της παροχής στο χρόνο είναι ελάχιστες.

Λόγω των πολύ συχνών μεταβολών που πραγματοποιούνται κατά μήκος ενός αγωγού αποχέτευσης είτε λόγω αύξησης της παροχής, είτε λόγω μεταβολής της διατομής ή αλλαγής της κλίσης, η ροή είναι γενικά ανομοιόμορφη. Παρά ταύτα, κατά τη διαστασιολόγηση και τον έλεγχο των αγωγών γίνεται η παραδοχή ότι η ροή είναι ομοιόμορφη κατά τμήματα. Η παραδοχή αυτή είναι δικαιολογημένη για τυπικούς αγωγούς αποχέτευσης και μάλιστα συνήθως δυσμενής, με την έννοια ότι τα πραγματικά βάθη ροής που εμφανίζονται είναι συνήθως μικρότερα από τα ομοιόμορφα βάθη. Αυτό συμβαίνει επειδή, με το συνήθη κανόνα υψομετρικής τοποθέτησης των αγωγών (ταύτιση των αντυγών) δημιουργούνται μόνο καμπύλες κατάπτωσης. Οι καμπύλες υπερύψωσης είναι πολύ πιο σπάνιες και όχι σημαντικές.

2.8 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η μέθοδος της μονοδιάστατης ροής μπορεί γενικά να εφαρμόζεται σε προβλήματα ροής σε αποχετευτικούς αγωγούς και προϋποθέτει μόνιμη ροή. Λαμβάνει υπόψη μόνο τις μεταβολές των χαρακτηριστικών της ροής στην κύρια κατεύθυνση ροής και αγνοεί κάθε μεταβολή στις κάθετες διευθύνσεις. Οι τρεις εξισώσεις της μεθόδου, η εξίσωση συνέχειας, ορμής (ποσότητας κίνησης) και

ενέργειας, αναφέρονται στον όγκο αναφοράς που ορίζεται από δύο διατομές κάθετες στην κύρια κατεύθυνση ροής, τις 1 και 2 που βρίσκονται τοποθετημένες στα ανάντη και κατόντη αντίστοιχα.

Η εξίσωση συνέχειας έχει τη μορφή:

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{ή} \quad A_1 V_1 = A_2 V_2$$

όπου: Q : η παροχή,

A : η υγρή διατομή,

V : η μέση ταχύτητα ροής των διατομών 1 και 2 αντίστοιχα.

Στην περίπτωση κόμβου με πολλές εισόδους Q_i και εξόδους Q_j η εξίσωση συνέχειας γράφεται:

$$\sum_i Q_i = \sum_j Q_j \quad (2.4)$$

Τονίζεται ότι η εξίσωση 2.4 ισχύει πάντα και στους αγωγούς αποχέτευσης, υπό συνθήκες μόνιμης ροής. Το γεγονός ότι οι παροχές σχεδιασμού διαφόρων κλάδων που συμβάλλουν σε έναν κόμβο δεν ικανοποιούν την εξίσωση συνέχειας δεν αποτελεί υδραυλικό παράδοξο. Απλώς κατά τη μελέτη κάθε ξεχωριστού κλάδου θεωρείται ως παροχή σχεδιασμού η μέγιστη παροχή που περνάει από το συγκεκριμένο κλάδο. Εννοείται ότι οι συνθήκες που μεγιστοποιούν την παροχή ή ο χρόνος που συμβαίνει το μέγιστο δεν ταυτίζονται σε όλους του συμβάλλοντες κλάδους. Έτσι οι διάφορες παροχές σχεδιασμού των κλάδων δεν αναφέρονται στην ίδια χρονική στιγμή και γι' αυτό δεν ικανοποιούν την εξίσωση συνέχειας. Στην περίπτωση, όμως, που εξετάζονται τα υδραυλικά χαρακτηριστικά ενός κόμβου, οι παροχές των κλάδων θα πρέπει οπωσδήποτε να ικανοποιούν την εξίσωση της συνέχειας.

$$\sum F_k = \rho Q [(\beta V_k)_2 - (\beta V_k)_1]$$

Η εξίσωση ορμής είναι διανυσματική και για κάθε διεύθυνση ($k = 1, 2, 3$) ισχύει:

$$\sum F_k = \rho Q [(\beta V_k)_2 - (\beta V_k)_1] \quad (2.5)$$

όπου: $\sum F_k$: το άθροισμα των κατά τη διεύθυνση k συνιστωσών των εξωτερικών δυνάμεων που ενεργούν στο συγκεκριμένο όγκο αναφοράς, μεταξύ των διατομών 1 και 2,

ρ : η πυκνότητα του ρευστού,

V_k : η συνιστώσα της ταχύτητας κατά τη διεύθυνση k ,

β : ο συντελεστής συνόρθωσης της ορμής.

Σε προβλήματα αγωγών αποχέτευσης, λόγω της τυρβώδους ροής που συνήθως αναπτύσσεται, η τιμή του β μπορεί να θεωρηθεί ίση με 1, χωρίς μεγάλο σφάλμα. Στις εξωτερικές δυνάμεις F_k περιλαμβάνονται:

α. οι δυνάμεις πιέσεων στις διατομές 1 και 2,

β. οι δυνάμεις πιέσεων στα στερεά όρια του όγκου αναφοράς μεταξύ των διατομών 1 και 2,

γ. οι συρτικές δυνάμεις στα στερεά όρια του όγκου αναφοράς,

δ. το βάρος του όγκου αναφοράς.

Η εξίσωση ενέργειας μεταξύ των διατομών 1 και 2 γράφεται:

$$H_1 = H_2 + H_{L12} - H_{a12} \quad (2.6)$$

όπου: H_{L12} : οι απώλειες ενέργειας [m],

H_{a1} : η προσφερόμενη ενέργεια (π.χ. μέσω αντλίας) [m].

Για μηδενική προσφορά ενέργειας η εξίσωση 2.6 γράφεται:

$$H_1 = H_2 + H_{L12} \quad (2.7)$$

ή χρησιμοποιώντας ειδικές ενέργειες:

$$(H_0)_1 = (H_0)_2 + Z_2 - Z_1 + H_{L12} \quad (2.8)$$

2.9 ΑΠΩΛΕΙΣ ΤΡΙΒΗΣ

2.9.1 Chezy

Ο Γάλλος μηχανικός Antoine Chezy, περί το 1768, έθεσε τη βάση για τον υπολογισμό των απωλειών τριβής σε ροή πρισματικών αγωγών. Ο Chezy βρήκε ότι η παράσταση V^2/RJ , όπου V η μέση ταχύτητα, R η υδραυλική ακτίνα και J η κλίση του αγωγού, είναι σταθερή για οποιαδήποτε διατομή του αγωγού. Με αντικατάσταση της κλίσης του αγωγού J από την κλίση ενέργειας i , προκύπτει:

$$V = C(Ri)^{1/2} \quad (2.9)$$

όπου: C : ο συντελεστής Chezy που εξαρτάται από την τραχύτητα του αγωγού. Ο συντελεστής C εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από την υδραυλική ακτίνα.

2.9.2 Darcy - Weisbach

Από τις διάφορες σχέσεις απωλειών τριβής η σχέση Darcy - Weisbach αποτελεί την πληρέστερη προσέγγιση, εξαιτίας της διαστατικής ομογένειας της αφενός και της γενικότητάς της για οποιοδήποτε είδος ρευστού και οποιοσδήποτε συνθήκες ροής αφετέρου.

Προκειμένου για ανοιχτούς αγωγούς η εξίσωση Darcy-Weisbach έχει τη μορφή:

$$J = f \frac{1}{4R} \frac{V^2}{2g} \quad (2.10)$$

όπου:

- J : η κλίση της γραμμής ενέργειας,
- R : η υδραυλική ακτίνα (m),
- V : η μέση ταχύτητα (m/s),
- g : η επιτάχυνση της βαρύτητας ($9,81 \text{ m/s}^2$),
- f : ο αδιάστατος συντελεστής τριβών.

Η εξίσωση 2.10 είναι παρόμοια με την εξίσωση Darcy - Weisbach που ισχύει για κλειστούς υπό πίεση αγωγούς κυκλικής διατομής με τη διαφορά ότι η διάμετρος του αγωγού D έχει αντικατασταθεί με το τετραπλάσιο της υδραυλικής ακτίνας, $4R$.

Ειδικότερα, ο αδιάστατος συντελεστής τριβών f εξαρτάται από:

α. τον αριθμό Reynolds (Re) ο οποίος για την περίπτωση των ανοιχτών αγωγών λαμβάνει τη μορφή:

$$Re = \frac{(4R)V}{\nu} \quad (2.11)$$

όπου: ν : το κινηματικό ιξώδες (m^2/s).

β. τη σχετική τραχύτητα

$$\frac{K_g}{4R} \quad (2.12)$$

όπου: K_g : η ισοδύναμη τραχύτητα των τοιχωμάτων του αγωγού (m).

Ο συντελεστής f της εξίσωσης Darcy-Weisbach μπορεί να προσδιοριστεί από την εξίσωση Colebrook - White, η οποία για την περίπτωση των ανοιχτών αγωγών γράφεται:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left\{ \frac{K_g}{14,8 R} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right\} \quad (2.13)$$

Ο Jain (1976) για τον υπολογισμό του αδιάστατου συντελεστή τριβών, f , πρότεινε την εξής ρητή συνάρτηση:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{K_g}{14,8 R} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right), \text{ για } 10^{-8} \leq \frac{K_g}{4R} \leq 10^{-2} \text{ και } 5000 \leq Re \leq 10^8 \quad (2.14)$$

η οποία αποκλίνει των τιμών του συντελεστή f της εξίσωσης Colebrook - White λιγότερο από 1% εφόσον ικανοποιούνται οι περιορισμοί ως προς το σχετικό συντελεστή τραχύτητας και τον αριθμό Reynolds, Re .

Η χρήση της σχέσης Darcy - Weisbach είναι διαδεδομένη σε προβλήματα ροής υπό πίεση σε σωλήνες κυκλικής διατομής. Παρόλα τα πλεονεκτήματά της, λόγω της σχετικής πολυπλοκότητας της στις αριθμητικές εφαρμογές της σε προβλήματα αγωγών με μερική πλήρωση δεν έχει διαδεδομένη χρήση σε αγωγούς αποχέτευσης.

2.9.3 Manning

Η σχέση του Manning προκύπτει από τη σχέση του Chezy θέτοντας:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2.15)$$

Με αντικατάσταση προκύπτει:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (2.16)$$

Η εξίσωση του Manning έχει επικρατήσει διεθνώς για εφαρμογές σε ανοιχτούς αγωγούς και κατά συνέπεια και σε αγωγούς αποχέτευσης λόγω της απλότητάς της, της συλλογής πολλών πειραματικών δεδομένων, βάσει των οποίων έχουν δοθεί τιμές του συντελεστή της τραχύτητας η για ποικιλία περιπτώσεων, αλλά και των δυσκολιών της χρησιμοποίησης της σχέσης Colebrook - White σε προβλήματα ανοιχτών αγωγών όπως προαναφέρθηκε παραπάνω.

Ο συντελεστής τραχύτητας n δεν είναι σταθερός (εξαρτάται από το βάθος ροής) και η επίλυση δίνει ακριβέστερα αποτελέσματα όταν λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή του.

2.10 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ N

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή τραχύτητας έχουν γίνει πειραματικές μελέτες, τόσο στο εργαστήριο, όσο και στο ύπαιθρο για διαφορετικά υλικά και υπό διαφορετικές συνθήκες. Στο εργαστήριο μπορούν να γίνουν ακριβείς μετρήσεις του συντελεστή τραχύτητας, όμως είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσομοιωθούν οι συνθήκες ροής στο εργαστήριο με αυτές που λαμβάνουν χώρα στους αγωγούς των δικτύων αποχέτευσης. Εξ' άλλου, οι μετρήσεις του συντελεστή τραχύτητας σε υφιστάμενους αγωγούς υπονόμων ενδέχεται να επηρεάζονται από παραμέτρους που είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν είτε λόγω αδυναμίας ελέγχου τους, είτε λόγω σφαλμάτων στις μετρήσεις.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ισοδύναμη τραχύτητα K_g και κατά συνέπεια τους συντελεστές τραχύτητας f και n , είναι:

- το υλικό κατασκευής του αγωγού,
- ο αριθμός Reynolds, Re ,
- το μέγεθος και το γεωμετρικό σχήμα της διατομής του αγωγού,
- το βάθος ροής.

Παράλληλα με τους παραπάνω αλληλοσυσχετιζόμενους παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκλογή του συντελεστή τραχύτητας και οι εξής παράγοντες:

- οι αρμοί των σωληνώσεων,
- οι πλευρικές συνδέσεις των ιδιωτικών αποχετεύσεων και γενικότερα οι πλευρικές εισροές που διαταράσσουν τη ροή στους αγωγούς,
- η κακή ευθυγράμμιση των αγωγών, εξαιτίας είτε σφαλμάτων στην κατασκευή είτε διαφορικών καθιζήσεων,
- η ποσότητα και το μέγεθος των στερεών υλών που μεταφέρονται από τα όμβρια ή τα λύματα,
- οι αποθέσεις των παραπάνω στερεών υλικών σε ορισμένες θέσεις των αγωγών,
- οι ρίζες δένδρων που διαπερνούν τις σωληνώσεις στις θέσεις των αρμών και των ιδιωτικών συνδέσεων.

Τα αποτελέσματα ενός αριθμού πραγματικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε αγωγούς αποχέτευσης στις Η.Π.Α., έδωσαν τιμές του συντελεστή τραχύτητας Manning n που κυμαίνονται από 0,011 έως 0,016 για αγωγούς σε καλή κατάσταση και φτάνουν μέχρι 0,020 για αγωγούς με κακή ευθυγράμμιση και αποθέσεις.

Οι Αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976) συνιστούν τιμές του συντελεστή τραχύτητας n που κυμαίνεται από 0,011 έως 0,015 για τα συνήθη υλικά σωληνώσεων αποχέτευσης (σωλήνες από σκυρόδεμα, αμίαντο τσιμέντο, πλαστικοί ή αργυροπυριτικοί). Για την επιλογή της τελικής τιμής θα πρέπει να συνεκτιμώνται και οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν την τραχύτητα, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω.

Οι Greely κ.α. (1969) συνιστούν την τιμή $n=0,015$ για την κάλυψη όλων των υδραυλικών απωλειών στις σωληνώσεις και την τιμή $n=0,013$ εάν υπολογίζονται ξεχωριστά οι τοπικές απώλειες σε φρεάτια, καμπύλες και κόμβους.

Τέλος, να σημειωθεί ότι η ισοδύναμη τραχύτητα K_g και ο συντελεστής τραχύτητας Manning n θεωρείται, προσεγγιστικά, ότι συνδέονται μονοσήμαντα από την ακόλουθη σχέση (Muller):

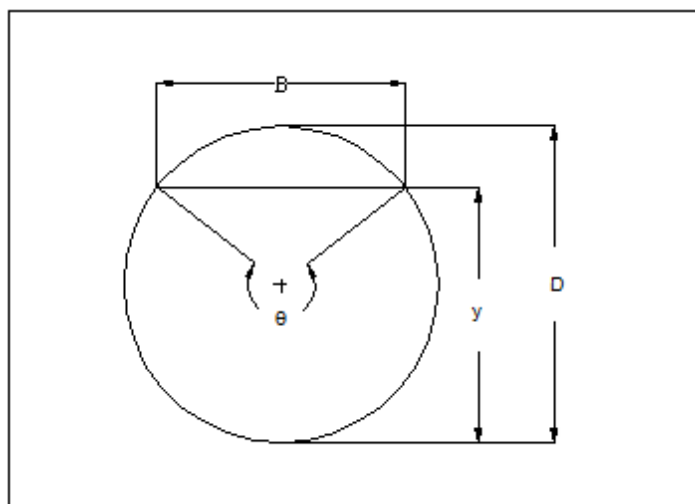
$$n = \frac{K_g^{1/6}}{26} \quad (2.17)$$

Η ανωτέρω σχέση δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για πλήρως τυρβώδη ροή στην περιοχή $Re > 50.000$ και για σχετική τραχύτητα $K_g/4R$ στην περιοχή 0,001 έως 0,1.

2.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΡΟΗΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΕ ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Η κυκλική διατομή εφαρμόζεται σχεδόν αποκλειστικά σε τυπικά δίκτυα ομβρίων και ακαθάρτων, όταν χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι σωλήνες. Γενικά χρησιμοποιείται ο τύπος του Manning, που έχει το πλεονέκτημα να δίνει αδιαστατοποιημένες σχέσεις, ανεξάρτητες της διαμέτρου και των χαρακτηριστικών της ροής για μερική πλήρωση του αγωγού, πράγμα που δε συμβαίνει με άλλους τύπους (π.χ. Darcy - Weisbach, Kutter).

Στο Σχήμα 2.1 δίνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ροής σε κυκλικό αγωγό με μερική πλήρωση και στον Πίνακα 2.3 δίνονται οι σχέσεις που τα συνδέουν για μερική και ολική πλήρωση.



Σχήμα 2.1: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά ροής σε κυκλικό αγωγό.

Πίνακας 2.3: Εξισώσεις σε αγωγό κλειστής διατομής για μερική και ολική πλήρωση

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Μερική πλήρωση ($y < D$)	Ολική πλήρωση ($y = y_0 = D$)
Λόγος πλήρωσης, y/D	$\frac{y}{D} = \frac{1 - \cos(\theta/2)}{2}$	$y_0/D = 1$
Γωνία, θ	$\theta = 2 \arccos(1 - 2 \frac{y}{D})$	$\theta_0 = 2\pi$
Εμβαδόν υγρής διατομής, A	$A = (\theta - \sin \theta) \frac{D^2}{8}$	$A_0 = \pi D^2/4$
Βρεχόμενη περίμετρος, P	$P = \frac{\theta D}{2}$	$P_0 = \pi D$
Υδραυλική ακτίνα, R	$R = (1 - \frac{\sin \theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$R_0 = D/4$
Πλάτος στην ελεύθερη επιφάνεια, B	$B = D \sin(\frac{\theta}{2}) = 2[y(D - y)]^{1/2}$	0
Λόγος A/A_0	$\frac{A}{A_0} = \frac{(\theta - \sin \theta)}{2}$	1
Λόγος R/R_0	$\frac{R}{R_0} = 1 - \frac{\sin \theta}{\theta}$	1

Με εφαρμογή του τύπου του Manning για ομοιόμορφη ροή ($i=J$), θεωρώντας ότι οι συντελεστές τραχύτητας για μερική και ολική πλήρωση είναι n και n_0 αντίστοιχα, παίρνουμε τις ακόλουθες σχέσεις για ροή σε κυκλικό αγωγό:

$$V = \frac{1}{n} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{2/3} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} J^{1/2} \quad (2.18)$$

$$V_0 = \frac{1}{n_0} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} J^{1/2} \quad (2.19)$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{n_0}{n} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{2/3} \quad (2.20)$$

$$Q = \frac{1}{2} \frac{1}{4^{5/3}} \frac{1}{n} \theta \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{5/3} D^{8/3} J^{1/2} \quad (2.21)$$

$$Q_0 = \frac{1}{2} \frac{1}{4^{5/3}} \frac{1}{n_0} D^{8/3} J^{1/2} \quad (2.22)$$

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{n_0}{n} \frac{\theta}{2\pi} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{5/3} \quad (2.23)$$

Οι λόγοι V/V_0 και Q/Q_0 είναι ανεξάρτητοι της διαμέτρου D και της κλίσης J , ενώ εξαρτώνται από τη γωνία θ , ή ισοδύναμα από το λόγο πλήρωσης y/D , καθώς και από το λόγο των συντελεστών τραχύτητας για μερική και ολική πλήρωση, n/n_0 .

Σε πρώτη προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ότι ο συντελεστής τραχύτητας είναι σταθερός, ανεξάρτητος του βάθους ροής y , δηλαδή $n/n_0 = 1$.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μεταβολή του n με το βάθος ροής δεν οφείλεται σε σφάλμα της σχέσης του Manning, που, αν ήταν έτσι, θα μπορούσε να αναιρεθεί με τη χρησιμοποίηση της ακριβέστερης σχέσης Darcy - Weisbach με υπολογισμό του f κατά Colebrook - White. Αντίθετα πρέπει να αποδοθεί στη μεταβολή του γεωμετρικού σχήματος της βρεχόμενης διατομής του αγωγού σε συνθήκες μερικής πλήρωσης. Κατά συνέπεια, ακόμα και αν εφαρμόζεται ο τύπος Darcy-Weisbach, στην περίπτωση της ροής με μερική πλήρωση θα πρέπει να γίνεται αντίστοιχη διορθωτική διαδικασία της ισοδύναμης τραχύτητας K_9 με το βάθος ροής και συνακόλουθα του συντελεστή f .

Σε σχέση με τα υπολογιστικά προβλήματα που εμφανίζονται διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις (η κλίση του αγωγού θεωρείται γνωστή):

1. Γνωστά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά y, D . Άγνωστα τα χαρακτηριστικά ροής V, Q

Με εφαρμογή του τύπου του Manning και των σχέσεων του Πίνακα 2.2 υπολογίζονται άμεσα τα άγνωστα μεγέθη.

2. Γνωστός ο λόγος πλήρωσης y/D και η παροχή Q . Άγνωστη η διάμετρος D (πρόβλημα διαστασιολόγησης)

Από το γνωστό y/D υπολογίζεται άμεσα η γωνία θ και ο λόγος n/n_0 , ενώ από την (2.22) υπολογίζεται η παροχή ολικής πλήρωσης Q_0 . Τέλος από την (2.21) υπολογίζεται η διάμετρος D , που στρογγυλοποιείται στην αμέσως μεγαλύτερη διάμετρο εμπορίου.

3. Γνωστή η παροχή Q και η διάμετρος D . Άγνωστα τα y, V (έλεγχος λόγου πλήρωσης)

Από τη σχέση (2.22) προκύπτει η παροχή Q_0 για ολική πλήρωση. Στη συνέχεια επιλύεται η (2.22) ως προς θ και από την αντίστοιχη σχέση του Πίνακα 2.3 υπολογίζεται το y/D . Η ταχύτητα προκύπτει από την (2.18) ή με συνδυασμό των (2.19) και (2.20). Επισημαίνεται ότι η (2.21) λύνεται μόνο αριθμητικά ως προς θ . Συνιστάται η γενική επαναληπτική μέθοδος, με χρησιμοποίηση της ακόλουθης εξίσωσης, που είναι συνέπεια της (2.21):

$$\theta = \{\theta + \theta = (2\pi \frac{Q}{Q_0} \frac{n_0}{n})^{0.6} \theta^{0.4}\} / 2 \quad (2.24)$$

όπου ως αρχική τιμή θέτουμε το $\theta_0 = \pi$, και οι επαναλήψεις συνεχίζουν μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή ακρίβεια. Το n/n_0 , σε κάθε βήμα της γενικής επαναληπτικής μεθόδου, υπολογίζεται από την (2.23). Αν επιλεγεί η γραφική μέθοδος επίλυσης, τότε μπορεί από το Σχήμα 2.1 να υπολογιστεί άμεσα ο λόγος y/D , χωρίς να μεσολαβήσει ο υπολογισμός της γωνίας θ .

2.12 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΡΟΗΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ

Ορισμένοι συλλεκτήρες ομβρίων σημαντικής διατομής κατασκευάζονται με διατομές όχι κυκλικές. Η πιο συνηθισμένη από τις μη κυκλικές διατομές είναι η κλειστή ορθογωνική διατομή. Είναι προφανές ότι για αυτή τη διατομή δεν ισχύουν οι σχέσεις τις προηγούμενης παραγράφου.

Τα γεωμετρικά δεδομένα για την ορθογωνική διατομή δίνονται από τις κάτωθι σχέσεις:

$$A = b \times y \quad (2.25)$$

$$R = \frac{b \times y}{(b + 2 \times y)} \quad (2.26)$$

όπου b το πλάτος του αγωγού, οπότε

$$Q = \frac{1}{n} \frac{(b \times y)^{5/3}}{(b + 2 \times y)^{2/3}} J^{1/2} \quad (2.27)$$

Ο υπολογισμός του ομοιόμορφου βάθους y , όταν είναι γνωστά τα υπόλοιπα στοιχεία, μπορεί να γίνει με τη γενική επαναληπτική μέθοδο, με βάση την ακόλουθη σχέση, συνέπεια της σχέσης (2.27)

$$y = \frac{1}{b} \left[\frac{n \times Q}{J^{1/2}} \right]^{3/5} (b + 2 \times y)^{2/5} \quad (2.28)$$

2.13 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ

Μαζί με τα όμβρια συμπαρασύρονται διάφορα ευμεγέθη υλικά, τα οποία είναι δυνατό να φράξουν τους σωλήνες, αν η διατομή τους είναι πολύ μικρή. Κατά συνέπεια οι διατομές των σωλήνων είναι απαραίτητο να μην είναι μικρότερες από ορισμένα ελάχιστα όρια. Συγκεκριμένα, για καθεμία περίπτωση από τις παρακάτω, η διάμετρος του αγωγού πρέπει να μην είναι μικρότερη από:

- Φ150mm για ιδιωτικές συνδέσεις.
- Φ150mm για συνδέσεις φρεατίων υδροσυλλογής.
- Φ200mm για αγωγούς λυμάτων (βαρύτητας).
- Φ250mm για αγωγούς ομβρίων.
- Φ250mm για τους αγωγούς του παντορροϊκού συστήματος.

Στις ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.6β) καθορίζονται οι παρακάτω ελάχιστες επιτρεπόμενες διαμέτροι αγωγών:

- Φ200mm για τα δίκτυα ακαθάρτων.
- Φ400mm για τα δίκτυα ομβρίων.

Οι μικρότερες διατομές εντός των οποίων είναι δυνατό να συρθούν εργάτες είναι η κυκλική Ø800mm και η ωειδής Ω600×900mm.

Οι κυκλικοί αγωγοί θεωρούνται βατοί για διαμέτρους $\geq \Phi 1000\text{mm}$, οι δε ωειδείς όταν η διατομή τους είναι μεγαλύτερη της $\Omega 700 \times 1050\text{mm}$.

Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.6β) δεν επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση ωειδών αγωγών μικρότερων διαστάσεων της διατομής $\Omega 600 \times 900\text{mm}$.

2.14 ΜΕΓΙΣΤΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, στην Ελλάδα οι αγωγοί αποχέτευσης σχεδιάζονται να λειτουργούν ως αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια, δίνοντας περιθώριο ασφαλείας στον αγωγό για την αποφυγή αφενός της λειτουργίας του υπό πίεση και αφετέρου των ασταθειών ροής. Επιπλέον, το τμήμα της διατομής του αγωγού, που παραμένει ελεύθερο, διασφαλίζει τον αερισμό των λυμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται:

- α) με τη συνεχή μεταβολή της στάθμης των λυμάτων μέσα στους αγωγούς,
- β) με τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ λυμάτων και ατμοσφαιρικού αέρα και
- γ) με την επικοινωνία με τον εξωτερικό αέρα μέσω των εσωτερικών δικτύων αποχέτευσης των οικοδομών.

Στους ελληνικούς κανονισμούς προβλέπονται τα κάτωθι ποσοστά πλήρωσης των αγωγών αποχέτευσης κυκλικής διατομής:

- | | | |
|--|-----|-----|
| • αγωγοί ακαθάρτων $\Phi \leq 400\text{mm}$ | --> | 50% |
| • αγωγοί ακαθάρτων $400 < \Phi \leq 600\text{mm}$ | --> | 60% |
| • αγωγοί ακαθάρτων $\Phi > 600\text{mm}$ και λοιπές διατομές | --> | 70% |
| • αγωγοί ομβρίων | --> | 70% |

Τέλος, για τον έλεγχο παροχετευτικότητας παλαιών αγωγών γίνεται δεκτό ποσοστό πλήρωσης 80%.

2.15 ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΑΓΩΓΩΝ

Ο περιορισμός των ταχυτήτων κάτω από ορισμένα μέγιστα όρια στοχεύει στην αποφυγή της διάβρωσης του πυθμένα των αγωγών, αλλά και τον περιορισμό του εύρους διακύμανσης της ταχύτητας, με σκοπό την αποφυγή ασταθειών ροής σε περιπτώσεις απότομων αλλαγών της. Η διαβρωτική ικανότητα της ροής εξαρτάται από το μέγεθος και την ποσότητα των στερεών υλικών που μεταφέρονται από το ρευστό. Έτσι το καθαρό νερό μπορεί να ρέει με μεγάλες ταχύτητες της τάξης των 12m/s , χωρίς να προκαλεί διάβρωση σε επιμελώς επενδυμένους αγωγούς από σκυρόδεμα. Στους αγωγούς αποχέτευσης όμως, λόγω της στερεοπαροχής, εμφανίζεται διάβρωση ακόμα και για πολύ μικρότερες ταχύτητες.

Στη διεθνή βιβλιογραφία ασφαλής θεωρείται η ταχύτητα των $3,0\text{m/s}$, που δεν προκαλεί διάβρωση σε συνήθη υλικά κατασκευής υπονόμων. Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.6ε) καθορίζουν ως μέγιστη την ταχύτητα των $6,0\text{m/s}$.

2.16 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΡΟΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΣΕΙΣ

Η εμφάνιση πολύ μικρών ταχυτήτων στους αγωγούς αποχέτευσης έχει αποτέλεσμα την καθίζηση στερεών υλικών στον πυθμένα και την προοδευτική δημιουργία αποθέσεων.

Στα δίκτυα ακαθάρτων η ταχύτητα αυτοκαθαρισμού δε θα πρέπει να επιτυγχάνεται μόνο όταν η παροχή είναι ίση με την παροχή σχεδιασμού, αλλά και σε μικρότερες τιμές της αυτής. Θεωρείται συνήθως ικανοποιητικό να επιτυγχάνεται η ταχύτητα αυτοκαθαρισμού για τη μέση ταχύτητα στην αρχή της περιόδου της λειτουργίας του δικτύου. Όμως αυτή η απαίτηση δεν είναι δυνατό να ικανοποιείται πάντοτε, ιδιαίτερα σε τριτεύοντες αγωγούς ακαθάρτων που λειτουργούν με πολύ μικρές παροχές ακόμα και στην περίοδο αιχμής. Σε τέτοιες περιπτώσεις προβλέπεται περιοδική πλύση των αγωγών με κατασκευή κατάλληλων φρεατίων πλύσης, ή με άλλους τρόπους.

Λόγω των πρακτικών δυσκολιών επίτευξης ικανοποιητικών συνθηκών αυτοκαθαρισμού για όλες τις κυμαινόμενες συνθήκες ροής, αντί της απαίτησης της ελάχιστης ταχύτητας χρησιμοποιείται συχνά η απαίτηση της ελάχιστης κλίσης.

Κατά τη διαστασιολόγηση των αγωγών αποχέτευσης, κατά κανόνα ακολουθείται η κλίση του εδάφους, δηλαδή κάθε αγωγός τοποθετείται παράλληλα με τη μηκοτομή του οδοστρώματος. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως όταν οι δρόμοι έχουν πολύ μικρές κλίσεις ή είναι πρακτικά οριζόντιοι, ή ακόμη όταν σε ορισμένες περιπτώσεις η χάραξη ακολουθεί κλίση αντίθετη με αυτή του εδάφους. Σε όλες αυτές τις προαναφερθείσες περιπτώσεις οι αγωγοί τοποθετούνται με την ελάχιστη κλίση, η οποία εξασφαλίζει ικανοποιητική ταχύτητα για αυτοκαθαρισμό. Εάν σε αντίθετη περίπτωση η φυσική κλίση είναι πολύ απότομη, για να αποφευχθούν μεγάλες ταχύτητες, ακολουθείται βαθμιδωτή χάραξη των αγωγών με κλίση μικρότερη αυτής του οδοστρώματος.

Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.6στ) συνιστούν οι ελάχιστες κλίσεις των αγωγών να καθορίζονται με τρόπο ώστε η ταχύτητα που αντιστοιχεί στο 10% της παροχευτικότητας του αγωγού ($Q/Q_0 = 0,1$) να υπερβαίνει τα 0,30m/s, προκειμένου για αγωγούς ακαθάρτων ή τα 0,60m/s για αγωγούς ομβρίων.

Οι τιμές των ελάχιστων ταχυτήτων για πλήρη ροή που αντιστοιχούν στις ανωτέρω ταχύτητες των Ελληνικών προδιαγραφών είναι 0,56m/s για αγωγούς ακαθάρτων ή τα 1,11m/s για αγωγούς ομβρίων.

2.17 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Τα έργα κοινής ωφέλειας (Δ.Ε.Η., Ο.Τ.Ε., ύδρευση, αποχέτευση) κατασκευάζονται στους δρόμους και τους λοιπούς κοινόχρηστους χώρους των πόλεων. Προκειμένου η κατασκευή τους να είναι ευχερής, είναι σκόπιμο να καθορίζεται εκ των προτέρων η ακριβής θέση των έργων αυτών στη διατομή των οδών βάσει ειδικών προδιαγραφών. Δυστυχώς στην Ελλάδα ανάλογες προδιαγραφές δεν υφίστανται. Συνεπώς, σε κάθε περίπτωση, η θέση των υπονόμων καθορίζεται ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες (πλάτος οδού, ύπαρξη άλλων έργων κοινής ωφέλειας κλπ). Ειδικότερα κατά τη χάραξη των αγωγών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- α. Ο αγωγός ακαθάρτων τοποθετείται κατά κανόνα στον άξονα της οδού ή παραπλήσια αυτού προκειμένου το μήκος των ιδιωτικών συνδέσεων και από τις δύο πλευρές της οδού να είναι ίδιο. Με αυτόν τον τρόπο το απαιτούμενο βάθος του αγωγού είναι το μικρότερο δυνατό, καθώς αυτό εξαρτάται από το γινόμενο του μήκους L επί την επιτρεπόμενη κλίση J των ιδιωτικών συνδέσεων.
- β. Σε δρόμους με πλάτος μεγαλύτερο των 30m, προκειμένου να αποφευχθούν τα μεγάλα μήκη των ιδιωτικών συνδέσεων και τα μεγάλα βάθη εκσκαφών, τοποθετούνται κατά κανόνα δύο αγωγοί (ένας σε κάθε πλευρά) σε απόσταση ενός έως δύο μέτρων από τα κράσπεδα των πεζοδρομίων.
- γ. Στην περίπτωση του χωριστικού συστήματος, οι αγωγοί ομβρίων τοποθετούνται ψηλότερα και παραπλεύρως των αγωγών ακαθάρτων.
- δ. Αποφεύγεται βασικά η τοποθέτηση αγωγών ομβρίων πάνω από τους αγωγούς ακαθάρτων επειδή είναι επικίνδυνη η κατασκευή των αγωγών ομβρίων σε έδαφος που έχει πρόσφατα επιχωματωθεί. Επίσης, στην περίπτωση αυτή η επισκευή του δικτύου ακαθάρτων είναι προβληματική.
- ε. Αποφεύγεται η τοποθέτηση αγωγών ακαθάρτων κοντά σε αγωγούς του δικτύου ύδρευσης, λόγω του ότι υφίσταται κίνδυνος διαρροών και μόλυνσης του ύδατος του δικτύου ύδρευσης. Γι' αυτό το λόγο, οι αγωγοί ακαθάρτων τοποθετούνται σε μεγαλύτερο βάθος από αυτό των αγωγών ύδρευσης.

2.18 ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΦΡΕΑΤΙΩΝ ΥΔΡΟΣΥΛΛΟΓΗΣ

Σύμφωνα με τον Κανονισμό της Εγνατίας Οδού ΑΕ (ΟΣΜΕΟ) η απορροφητικότητα των φρεατίων υδροσυλλογής τύπου σχάρας δίνεται από τη σχέση:

$$Q1=83 \times L \times W \times S0,5 \times H_{av}^{1,75}$$

όπου:

L : το μήκος του καθαρού ανοίγματος της σχάρας (μ)

W : το πλάτος του καθαρού ανοίγματος της σχάρας (μ)

S: η κατά μήκος κλίση σε απόλυτο αριθμητικό μέγεθος

Hαν: το μέσο βάθος ροής (μ) στο μέσο του πλάτους της σχάρας αμέσως ανάντη του φρεατίου πριν αρχίσει η πτώση εισρόφησης, που δίνεται από τον τύπο: $H_{an} = H - (W \times i/2)$

Στην εξίσωση είναι:

H: το βάθος ροής ανάντη του φρεατίου

W: το πλάτος του καθαρού ανοίγματος της σχάρας

i: η εγκάρσια κλίση της οδού σε απόλυτο αριθμητικό μέγεθος.

Για τον υπολογισμό της απορροφητικότητας των φρεατίων υδροσυλλογής της μελέτης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Hydraulic Toolbox της FHWA.

Parameter	Value	Unit
Intercepted Flow	0.054	cms
Bypass Flow	0.046	cms
Approach Velocity	2.615	m/s
Splash-over Velocity	3.015	m/s
Efficiency	0.537	

Σχήμα 2.2: Μενού προγράμματος Hydraulic Toolbox για τον υπολογισμό φρεατίων υδροσυλλογής

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Η υδραυλική επίλυση των υπό μελέτη αγωγών ομβρίων πραγματοποιήθηκε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, με την εφαρμογή του προγράμματος «Waternet CAD - Αποχέτευση ομβρίων».

Αναλυτικά, στην επίλυση λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παραδοχές σχεδιασμού:

- Ο υπολογισμός των πλημμυρικών απορροών γίνεται με την ορθολογική μέθοδο λαμβάνοντας υπόψη τις εξισώσεις έντασης διάρκειας βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς $T=10$ έτη.
- Ο συντελεστής τραχύτητας Manning επιλέγεται ίσος με $n= 0,015$ καθώς οι αγωγοί που προτείνονται είναι πλαστικοί σωλήνες διπλού δομημένου τοιχώματος.
- Ο αρχικός χρόνος συρροής (χρόνος εισόδου) των υδάτων που υπεισέρχεται στους υδραυλικούς υπολογισμούς λαμβάνεται, σύμφωνα με το Π.Δ. 696/74, άρθρο 209, παρ.9, ίσος με 10 min.
- Για τις λεκάνες ο συντελεστής απορροής λαμβάνεται μεταβλητός και ίσος με 0,90 για τα οδοστρώματα και 0,60 για τα υπόλοιπα.

- Τα όρια και οι περιορισμοί ελάχιστης επιτρεπόμενης διαμέτρου, μέγιστου λόγου πλήρωσης, μέγιστης ταχύτητας ροής και ελάχιστης επιτρεπόμενης κλίσης.
- Ο χρόνος συρροής υπολογίζεται ως το άθροισμα του χρόνου εισόδου και του υδραυλικού χρόνου ροής ($t_{\text{διαδρ}}$) εκφρασμένου σε λεπτά (ΟΣΜΕΟ).

$$t_{\text{διαδρ}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i \cdot 60} \quad (2.29)$$

όπου:

n : το πλήθος των αγωγών του δικτύου ανάντι της εξεταζόμενης θέσης, κατά μήκος της διαδρομής των ομβρίων,

L_i : το μήκος του αγωγού i σε m,

V_i : η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό i όπως υπολογίζεται από τον τύπο του Manning σε m/s.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ανωτέρω η διαδικασία των υδραυλικών υπολογισμών ολοκληρώνεται στα ακόλουθα στάδια:

α) Αρχικά καθορίζεται η κωδική ονομασία των φρεατίων, των κλάδων των δικτύων ομβρίων και των συμβαλλόντων αγωγών σε αυτούς.

β) Για κάθε κλάδο δικτύου εισάγεται η συνολική αποχετευόμενη έκταση της λεκάνης απορροής του καθώς και των συμβαλλόντων σε αυτόν αγωγών. Στη συνέχεια εφαρμόζεται ένας κεντροβαρικός μέσος συντελεστής απορροής C_μ σύμφωνα με την εξίσωση:

$$C_\mu = \sum (A_i \cdot C_i) / \sum A_i \quad (2.30)$$

όπου:

C_μ :ο κεντροβαρικός μέσος συντελεστής απορροής των λεκανών,

A_i :τα επιμέρους εμβαδά των λεκανών απορροής με διαφορετικό συντελεστή απορροής,

C_i :οι επιμέρους διαφορετικοί συντελεστές απορροής και λεκανών απορροής.

γ) Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή του αρχικού χρόνου εισόδου, της διαμέτρου, του μήκους και του συντελεστή τραχύτητας n_0 των αγωγών για κάθε κλάδο του δικτύου. Επίσης, εισάγονται τα υψόμετρα εδάφους και πυθμένα των ανάντι και κατάντι φρεατίων καθώς και τα υψόμετρα πυθμένα των αγωγών των κλάδων συμβολής. Με βάση τα εισαγόμενα υψόμετρα προκύπτουν τα βάθη πυθμένα ανάντι και κατάντι καθώς και η κλίση πυθμένα J των αγωγών των δικτύων.

δ) Η κυκλική διατομή εφαρμόζεται σχεδόν αποκλειστικά σε τυπικά δίκτυα ομβρίων όταν χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι σωλήνες. Γενικά, χρησιμοποιείται ο τύπος του Manning, που έχει το πλεονέκτημα να δίνει αδιαστατοποιημένες σχέσεις, ανεξάρτητες της διαμέτρου και των χαρακτηριστικών της ροής για μερική πλήρωση του αγωγού.

ε) Στη συνέχεια πραγματοποιείται ο υπολογισμός του χρόνου συρροής, όπως περιεγράφηκε ανωτέρω και της έντασης της βροχόπτωσης από την αντίστοιχη όμβρια καμπύλη για τη δεδομένη περίοδο επαναφοράς. Έπειτα, εφαρμόζεται η ορθολογική μέθοδος για τον υπολογισμό της πλημμυρικής παροχής. Έχοντας υπολογίσει στο προηγούμενο βήμα το ποσοστό πλήρωσης του αγωγού εξάγεται το βάθος ροής y .

στ) Ακολουθεί ο υπολογισμός της γωνίας πλήρωσης θ για παροχή ίση με το 1/10 της παροχευτικότητας πλήρους διατομής με τη διαδικασία όπως περιγράφηκε ανωτέρω, κρατώντας ίδια τα δεδομένα εισόδου και διαμορφώνοντας την εξίσωση 2.24 ως εξής:

$$\theta = \{\theta + \sin \theta + (2\pi \frac{1}{10} \frac{n}{n_n})^{0.6} \theta^{0.4}\} / 2 \quad (2.31)$$

Μετά το πέρας της επαναληπτικής διαδικασίας και τον υπολογισμό της ταχύτητας ροής που αντιστοιχεί σε παροχή ίση με το 1/10 της παροχευτικότητας πλήρους διατομής v_{10} ολοκληρώνονται οι υδραυλικοί υπολογισμοί του υπόγειου δικτύου ομβρίων.

N. ΜΟΥΔΑΝΙΑ, 15/09/2021

ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ

Δημήτριος Λιασκόπουλος
Πολιτικός Μηχανικός Τ.Ε.

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

Ο Προϊστάμενος της ΔΤΥ

Ιωάννης Ελευθερούδης
Πολιτικός Μηχανικός Π.Ε.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Υδραυλικά στοιχεία αγωγών - Οικισμός Σημάντρων

Φρεάτιο	Ζπ [m]	Ζεδ [m]	Ζροής [m]	Q [lt/s]	Donom [mm]	Δεστωτ [mm]	S	H/D	V [m/s]	V Q/10 [m/sm/s]	L [m]	Q0 [lt/s]	V0 [m/s]	Q/Q0	V/V0	h [m]	hcr [m]
Κλάδος0	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ1																
A.0	156.85	157.5	157.1														
				2975.03	1500	1000	0.063	0.26	5.82	5.82	17.95	16158.46	8.08	0.18	0.72	0.26	0.61
A.1	157.99	159.38	158.24														
				2981.47	1500	1000	0.063	0.26	5.82	5.82	35.2	16158.18	8.08	0.18	0.72	0.26	0.61
A.2	160.22	163.69	160.73														
				2983.61	1500	1000	0.008	0.51	2.91	2.91	41.54	5744.11	2.87	0.52	1.01	0.51	0.61
A.3	160.55	164.19	161.07														
				2969.51	1500	1000	0.008	0.51	2.9	2.9	41.6	5744.1	2.87	0.52	1.01	0.51	0.61
A.4	160.89	163.5	161.4														
				2957.36	1500	1000	0.008	0.51	2.9	2.9	35.97	5743.26	2.87	0.51	1.01	0.51	0.61
A.5	161.18	163.37	161.68														
				2924.41	1500	1000	0.008	0.51	2.89	2.89	43.47	5744.55	2.87	0.51	1.01	0.51	0.6
A.6	161.53	163.23	162.02														
				2853.49	1500	1000	0.008	0.5	2.87	2.87	44.19	5743.6	2.87	0.5	1	0.5	0.59
A.7	161.88	163.82	162.38														
A.7	162.88	163.82	163.22														
				2716.26	1500	1000	0.022	0.34	3.99	3.99	44.31	9582.68	4.79	0.28	0.83	0.34	0.57
A.8	163.87	165.14	164.2														
				2587.38	1500	1000	0.022	0.33	3.93	3.93	46.15	9582.95	4.79	0.27	0.82	0.33	0.55
A.9	164.9	166.3	165.23														
				2536.72	1500	1000	0.022	0.32	3.9	3.9	45.85	9582.74	4.79	0.26	0.81	0.32	0.55
A.10	165.92	167.2	166.24														
				2403.33	1500	1000	0.022	0.31	3.83	3.83	29.3	9582.52	4.79	0.25	0.8	0.31	0.53
A.11	166.58	167.64	166.87														
				2382.76	1500	1000	0.028	0.29	4.12	4.12	35.11	10711.67	5.36	0.22	0.77	0.29	0.52
A.12	167.56	168.94	167.83														
				2175.46	1500	1000	0.028	0.27	3.99	3.99	37.45	10711.85	5.36	0.2	0.74	0.27	0.49
A.13	168.6	169.76	168.87														
				2132.24	1500	1000	0.028	0.27	3.96	3.96	29.19	10711.94	5.36	0.2	0.74	0.27	0.49
A.14	169.42	170.8	169.69														
A.14	169.69	170.8	169.96														
				544.18	630	533	0.077	0.5	4.84	4.84	60.37	1077.52	5.51	0.51	0.88	0.27	0.48
A.15	174.33	175.89	174.62														

				454.8	630	533	0.039	0.56	3.56	3.56	42.85	761.78	3.41	0.6	1.04	0.3	0.45
A.16	175.98	177.67	176.34														
				374.23	630	533	0.014	0.69	2.29	2.29	47.96	458.71	2.06	0.82	1.11	0.37	0.41
A.17	176.65	177.78	176.92														
				377.21	630	533	0.038	0.5	3.37	3.37	34.72	752.19	3.37	0.5	1	0.27	0.41
A.18	177.95	179.16	178.21														
				353.18	630	533	0.038	0.48	3.32	3.32	42.32	752.18	3.37	0.47	0.98	0.26	0.4
A.19	179.54	181.32	179.8														
Κλάδος0	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ2																
B.0	143.55	143.5	143.9														
				1550	1500	1000	0.007	0.35	2.24	2.24	25.04	5317.31	2.66	0.29	0.84	0.35	0.39
B.1	143.72	145.06	144.07														
				1550	1500	1000	0.007	0.35	2.24	2.24	32.27	5318.6	2.66	0.29	0.84	0.35	0.39
B.2	143.94	145.45	144.29														
				1550	1500	1000	0.007	0.35	2.24	2.24	31.63	5318.64	2.66	0.29	0.84	0.35	0.39
B.3	144.16	146.21	144.51														
Κλάδος0	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ3																
C.0	161.46	163.35	162.06														
				1528.45	1000	853	0.026	0.69	3.61	3.61	33.29	2186.02	3.83	0.7	0.94	0.59	0.73
C.1	162.32	164	162.8														
				1500.08	1000	853	0.05	0.56	4.53	4.53	37.22	3049.33	5.34	0.49	0.85	0.48	0.73
C.2	164.19	166.18	164.63														
				1431.28	1000	853	0.064	0.51	4.88	4.88	51.46	3447.27	6.03	0.42	0.81	0.44	0.71
C.3	167.49	169.8	167.92														
				1405.13	1000	853	0.064	0.51	4.85	4.85	50.39	3447.25	6.03	0.41	0.8	0.43	0.71
C.4	170.72	172.89	171.21														
				1353.72	1000	853	0.039	0.57	4.04	4.04	47.25	2701.22	4.73	0.5	0.85	0.48	0.69
C.5	172.59	174.65	173.07														
				1347.78	1000	853	0.039	0.57	4.03	4.03	33.92	2701.14	4.73	0.5	0.85	0.48	0.69
C.6	173.92	175.82	174.48														
				1090.08	1000	853	0.016	0.66	2.75	2.75	22.1	1708.5	2.99	0.64	0.92	0.56	0.63
C.7	174.27	176.11	174.82														
				1048.81	1000	853	0.016	0.64	2.71	2.71	43.79	1708.65	2.99	0.61	0.91	0.55	0.61
C.8	174.96	176.68	175.36														
				1035.54	1000	853	0.048	0.46	4.01	4.01	25.86	2992.56	5.24	0.35	0.77	0.39	0.61
C.9	176.21	177.91	176.59														
				941.37	1000	853	0.048	0.44	3.9	3.9	27.85	2992.64	5.24	0.31	0.75	0.37	0.58

C.10	177.56	179.27	177.93														
C.10	177.91	179.27	178.16														
				354.16	630	533	0.061	0.48	3.35	3.35	38.98	958.18	4.29	0.37	0.78	0.26	0.4
C.11	180.28	181.83	180.55														
				295.58	630	533	0.033	0.51	2.57	2.57	21.47	710.27	3.18	0.42	0.81	0.27	0.37
C.12	181	182.46	181.27														
				299.5	630	533	0.033	0.52	2.58	2.58	43.79	710.26	3.18	0.42	0.81	0.27	0.37
C.13	182.46	184.02	182.7														
				222.01	630	533	0.033	0.44	2.37	2.37	52.74	710.27	3.18	0.31	0.74	0.23	0.32
C.14	184.23	185.61	184.46														
Κλάδος1	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ3																
C.10	177.56	179.27	177.88														
				596.78	1000	853	0.035	0.37	3.06	3.06	14.25	2560.96	4.48	0.23	0.68	0.32	0.46
C.10.0	178.07	179.92	178.38														
C.10.0	178.41	179.92	178.56														
				74.2	630	533	0.021	0.28	1.46	1.46	33.36	558.02	2.5	0.13	0.58	0.15	0.18
C.10.1	179.1	180.29	179.21														
				44.12	630	533	0.021	0.21	1.26	1.26	19.23	558.04	2.5	0.08	0.5	0.11	0.14
C.10.2	179.5	181.08	179.61														
Κλάδος2	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ3																
C.10.0	178.06	179.92	178.28														
				458.29	1000	853	0.085	0.26	3.89	3.89	29.79	3960.98	6.93	0.12	0.56	0.22	0.4
C.10.0.0	180.58	182.71	180.8														
Κλάδος3	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ3																
C.6	174.27	175.82	174.54														
				251.65	630	533	0.025	0.5	2.23	2.23	23.6	619.64	2.78	0.41	0.8	0.27	0.34
C.6.0	174.87	176.16	175.13														
				239.52	630	533	0.025	0.49	2.2	2.2	38.82	619.65	2.78	0.39	0.79	0.26	0.33
C.6.1	175.86	177.27	176.08														
				175.27	630	533	0.025	0.41	2.01	2.01	59.31	619.67	2.78	0.28	0.72	0.22	0.28
C.6.2	177.37	178.95	177.59														
Κλάδος0	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ4																
D.0	174.3	175.25	174.63														
				724.19	800	690	0.07	0.47	4.22	4.22	41.76	2045.31	5.47	0.35	0.77	0.32	0.54
D.1	177.22	178.77	177.55														

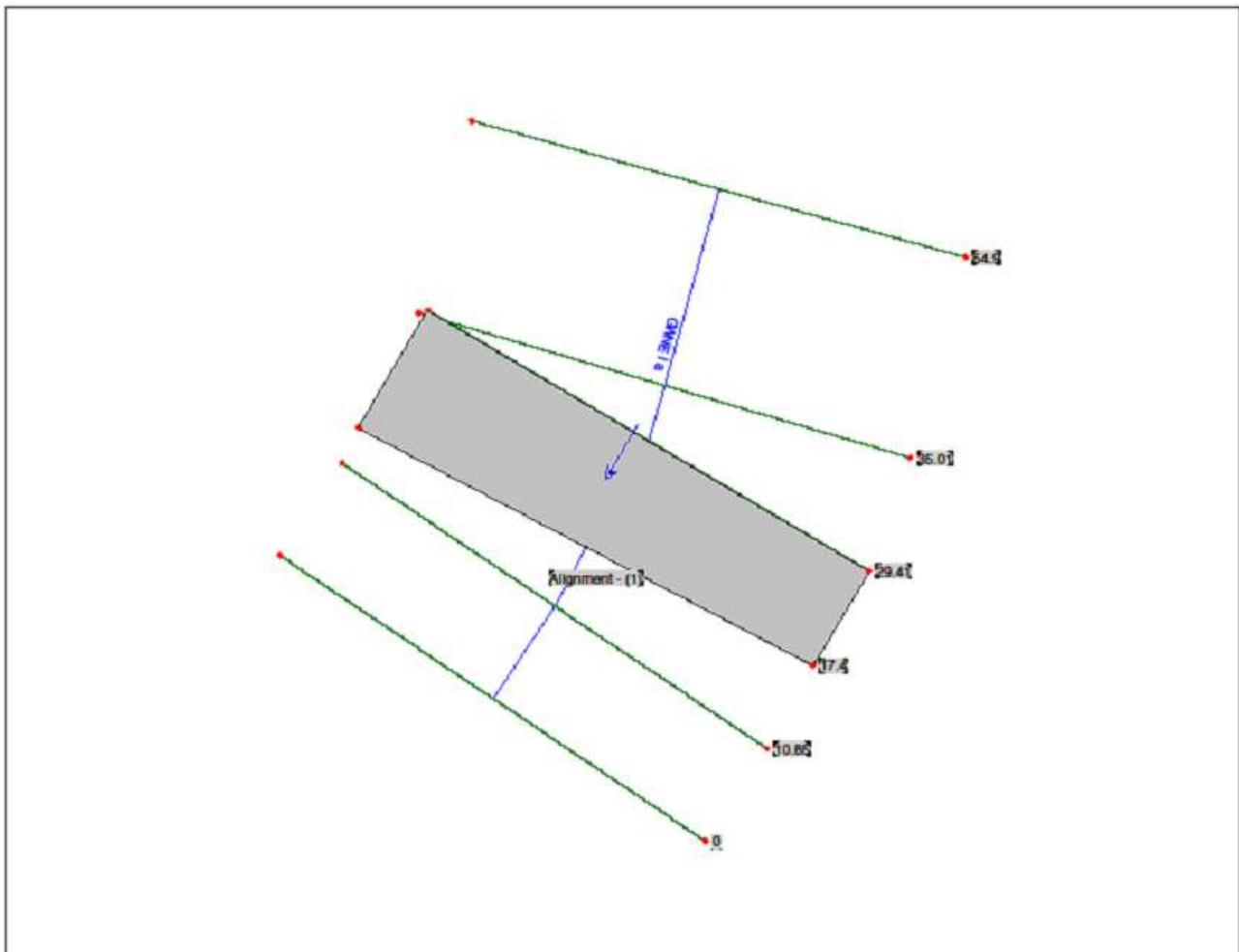
D.1	177.39	178.77	177.72														
				211.39	630	533	0.009	0.61	1.47	1.47	56.2	369.16	1.65	0.57	0.89	0.33	0.31
D.2	177.9	179.23	178.21														
				192.59	630	533	0.009	0.58	1.43	1.43	47.42	369.15	1.65	0.52	0.86	0.31	0.29
D.3	178.33	179.6	178.53														
				87.19	630	533	0.009	0.38	1.14	1.14	38.89	369.17	1.65	0.24	0.69	0.2	0.19
D.4	178.68	180.46	178.88														
Κλάδος1	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ4																
D.1	177.38	178.77	177.62														
				487.73	630	533	0.153	0.44	5.13	5.13	34.92	1528.15	6.85	0.32	0.75	0.24	0.46
D.1.0	182.74	184.34	183.11														
				484.98	630	533	0.03	0.7	2.89	2.89	26.77	677.77	3.04	0.72	0.95	0.38	0.46
D.1.1	183.55	185.89	183.89														
				401.39	630	533	0.03	0.63	2.7	2.7	18.96	669.41	3	0.6	0.9	0.34	0.43
D.1.2	184.12	185.4	184.37														
				266.87	630	533	0.038	0.47	2.62	2.62	55.51	760.46	3.41	0.35	0.77	0.25	0.35
D.1.3	186.25	187.63	186.5														
Κλάδος0	ΕΣ.ΔΙΚΤΥΟ5																
E.0	192.33	192.31	192.7														
				208.38	630	533	0.006	0.69	1.27	1.27	15.24	300.56	1.35	0.69	0.94	0.37	0.31
E.1	192.42	194.3	192.77														
				190.57	630	533	0.006	0.65	1.23	1.23	31.46	300.46	1.35	0.63	0.92	0.35	0.29
E.2	192.61	193.69	192.66														
				16.82	630	533	0.063	0.1	1.43	1.43	26.41	972.77	4.36	0.02	0.33	0.05	0.08
E.3	194.26	196.05	194.32														

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Υδραυλικά στοιχεία Τεχνικού Νέας Γωνιάς (T1)

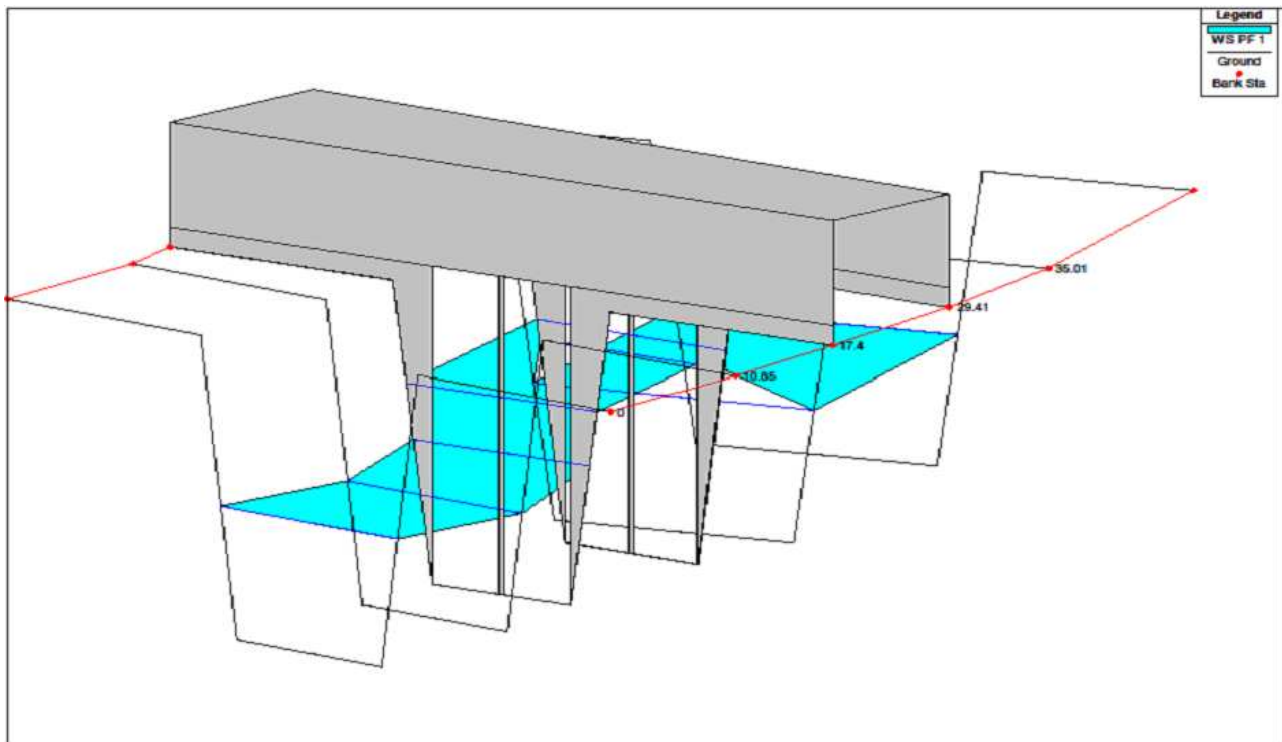
Reach River	Q Total Min	Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	ΒΑΘΟΣ ΡΟΗΣ	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Δ1	102	42.61	43.94	44.16	1.33	0.010012	4.43	23.02	18.66	1.27
ΠΤ1	102	42.42	43.78	43.97	1.36	0.009319	4.33	23.56	18.71	1.23
Δ3.1(ΑΝΑΝΤΗ)	102	42.36	44.36	44.36	2	0.002425	4.11	24.8	14.4	1
T1 (ΤΕΧΝΙΚΟ)										
Δ3.2(ΚΑΤΑΝΤΗ)	102	42.24	43.67	44.24	1.43	0.007503	6.02	16.94	13.26	1.7
ΠΤ2	102	42.17	43.39	44.01	1.22	0.023456	6.31	16.16	14.44	1.91
Δ2	102	42.07	43.39	43.91	1.32	0.018143	5.8	17.58	14.64	1.69

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Υδραυλική προσομοίωση έργων διευθέτησης Τεχνικού Νέας Γωνιάς

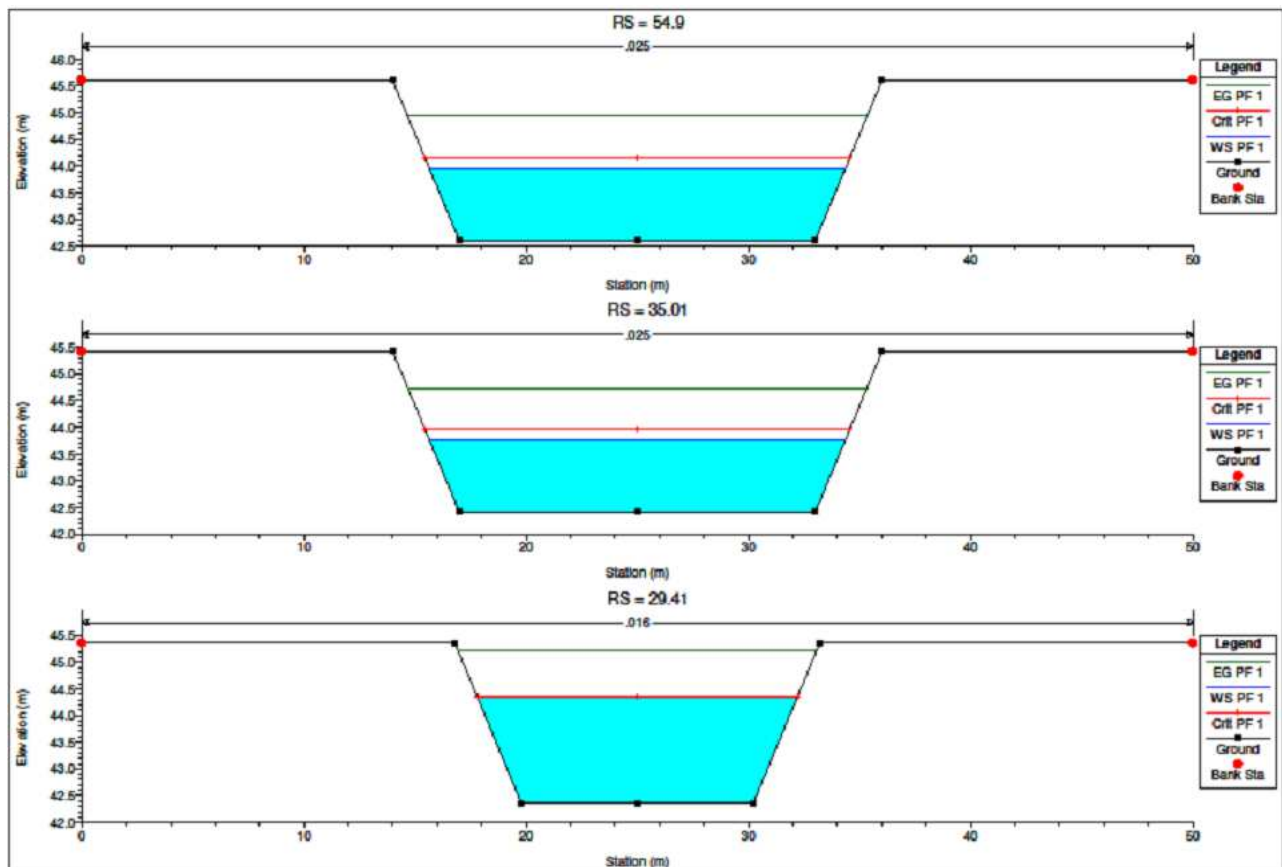
1. ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΝΕΑΣ ΓΩΝΙΑΣ Τ1

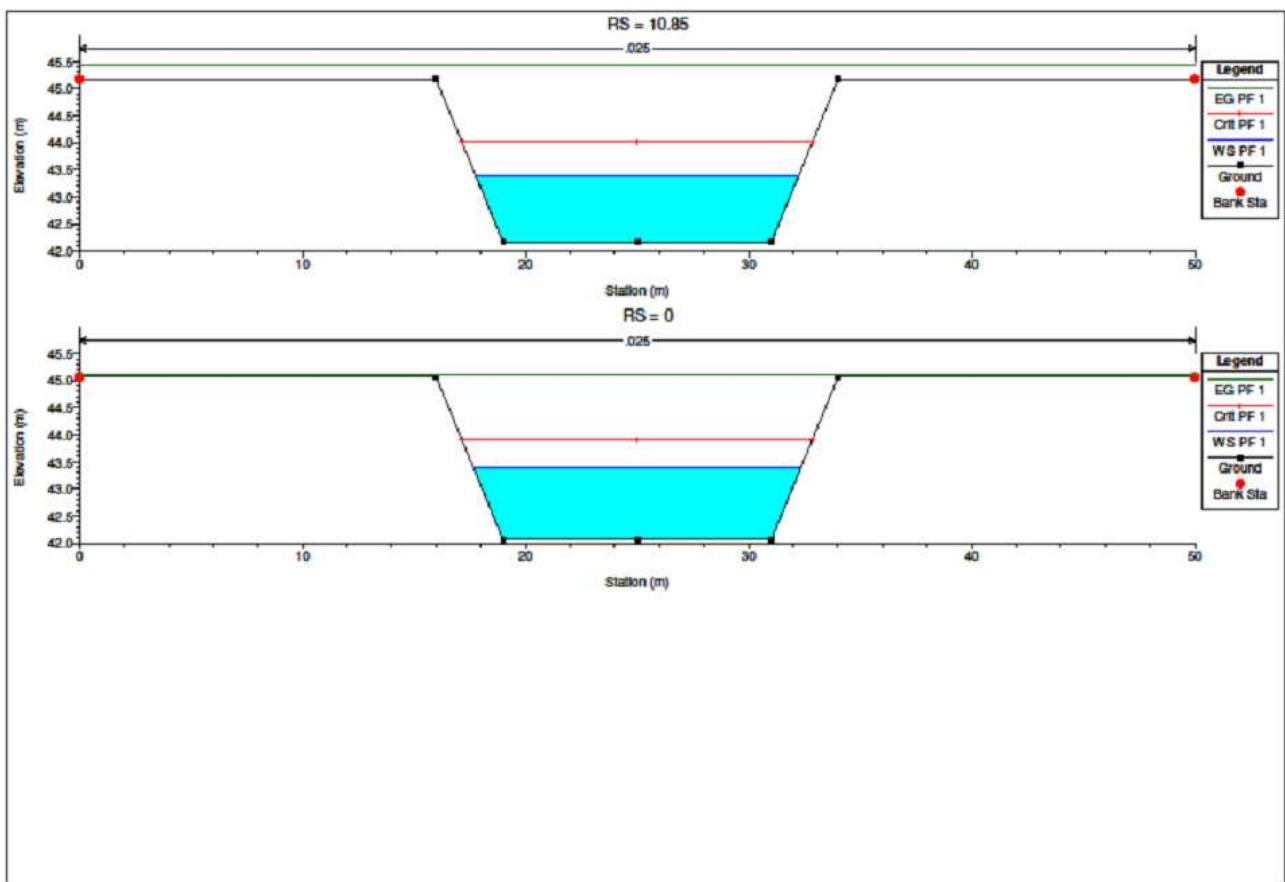
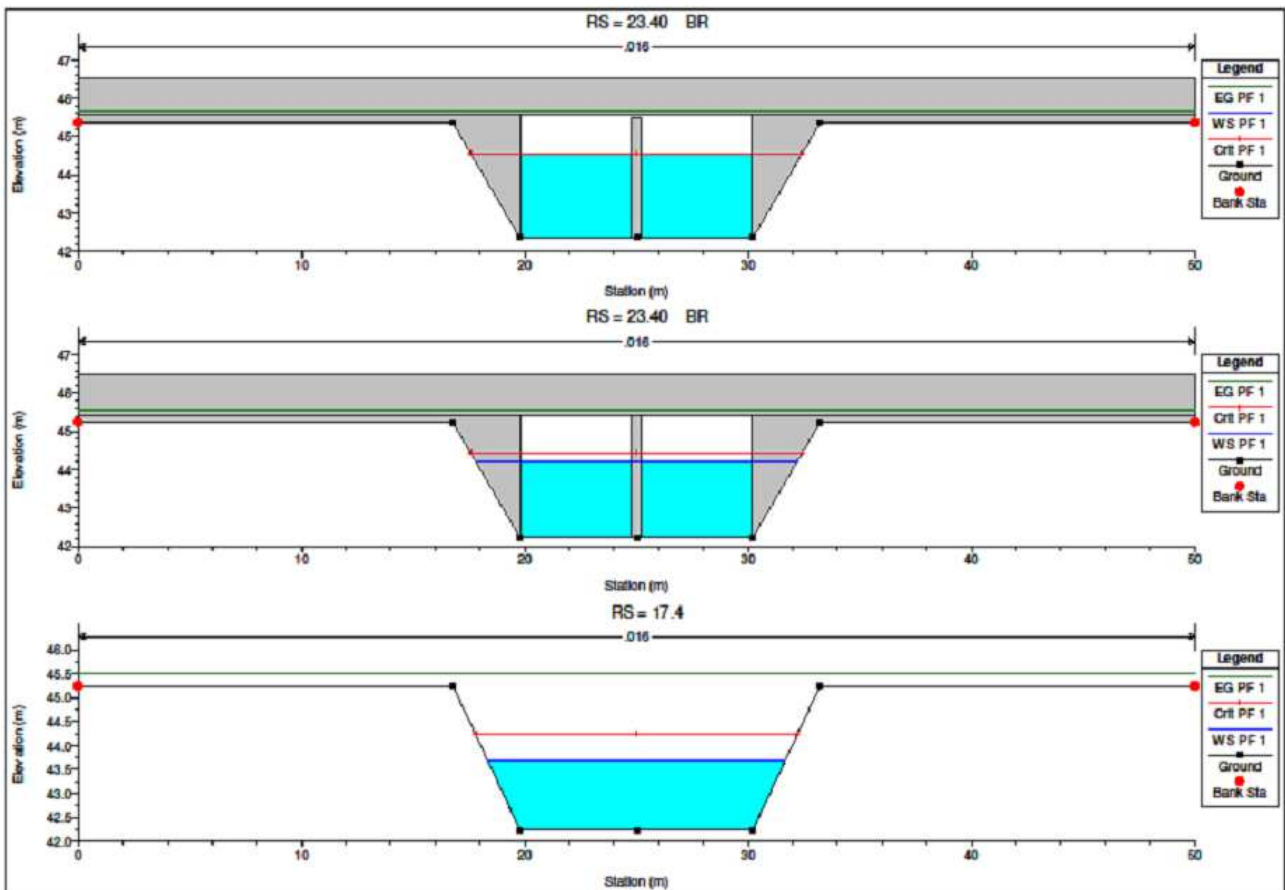


2. ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΝΕΑΣ ΓΩΝΙΑΣ Τ1



3. ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΝΕΑΣ ΓΩΝΙΑΣ Τ1





Κατάλογος περιεχομένων

1. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ.....	2
1.1 Γενικά.....	2
1.2 Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία.....	3
1.3 Έδαφος - Γεωλογικά - Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά.....	5
1.4 Όμβριες Καμπύλες.....	7
1.5 Γεωμετρικά Στοιχεία Λεκανών.....	7
1.6 Χρόνος Συρροής Ομβρίων Υδάτων.....	10
2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΟΜΒΡΙΩΝ.....	10
2.1 Γενικά.....	10
2.2 Περίοδος Επαναφοράς.....	10
2.3 Ορθολογική Μέθοδος.....	11
2.4 Όμβριες Καμπύλες.....	11
2.5 Συντελεστής Απορροής.....	12
2.6 Υπολογισμός Μέγιστων Υδατοστερεοπαροχών.....	13
2.7 Συνθήκες Ροής.....	14
2.8 Εξισώσεις Μονοδιάστατης Ανάλυσης.....	14
2.9 Απώλειες Τριβής.....	16
2.9.1 Chezy.....	16
2.9.2 Darcy - Weisbach.....	16
2.9.3 Manning.....	17
2.10 Συντελεστής Τραχύτητας N.....	18
2.11 Υπολογισμοί Ομοιόμορφης Ροής με Ελεύθερη Επιφάνεια σε Σωλήνες Κυκλικής Διατομής.....	19
2.12 Υπολογισμοί Ομοιόμορφης Ροής με Ελεύθερη Επιφάνεια σε Ορθογωνική Διατομή.....	21
2.13 Ελάχιστες Επιτρεπόμενες Διατομές.....	21
2.14 Μέγιστα Ποσοστά Πλήρωσης.....	22
2.15 Μέγιστες Ταχύτητες Αγωγών.....	22
2.16 Ελάχιστες Ταχύτητες Ροής και Κλίσεις.....	22
2.17 Τοποθέτηση των Αγωγών.....	23
2.18 Απορροφητικότητα Φρεατίων Υδροσυλλογής.....	23
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ.....	24
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Υδραυλικά στοιχεία αγωγών - Οικισμός Σημάντρων.....	27
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Υδραυλικά στοιχεία Τεχνικού Νέας Γωνιάς (T1).....	31
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III: Υδραυλική προσομοίωση έργων διευθέτησης Τεχνικού Νέας Γωνιάς.....	32
1. Οριζοντιογραφία Τεχνικού Νέας Γωνιάς T1.....	32
2. Μηκοτομή Τεχνικού Νέας Γωνιάς T1.....	33
3. Διατομές Τεχνικού Νέας Γωνιάς T1.....	33