

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΦΟΡΕΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ  
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (Φο.Δ.Σ.Α.) ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΘΟΡΩΝ ΕΝΤΟΣ  
ΧΩΡΩΝ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΑΣ ΦΟΔΣΑ ΚΜ

ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:  
ΤΕΥΧΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ-ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ -  
ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ  
ΜΕΛΕΤΗΣ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2023

ΚΛΙΜΑΚΑ

ΑΝΕΥ

**ZIX.T01**

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΣΤΡΑΚΑΛΗΣ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Α.Π.Θ MSc

ΒΑΣ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ 26, Τ.Κ. 546 24, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΤΗΛ. 2310 227609

ΥΠΟΓΡΑΦΗ:

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ .... - ...- 2023

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ .... - ...- 2023

Η ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

Η ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ  
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

Η ΑΝ.ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ  
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΣΟΦΙΑ-ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΧΑΧΑΜΗ-ΧΑΛΙΩΤΗ  
Διπλ.ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ MSc

ΕΛΕΝΗ ΜΠΑΚΙΡΤΖΗ  
MSc ΑΓΡ.ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΤΑΤΣΗ  
Δρ. ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ με Α' ΒΑΘΜΟ

## Περιεχόμενα

1. ΓΕΝΙΚΑ .....	2
1.1 Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) Ζίχνης .....	2
2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ .....	2
3. ΣΥΝΔΕΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ-ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ.....	7

## 1. ΓΕΝΙΚΑ

### 1.1 Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) Ζίχνης

Ο Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) Νέας Ζίχνης ή ΣΜΑ Ζίχνης εντοπίζεται 1,1km Ανατολικά της Μεσορράχης, στον Δήμο Νέας Ζίχνης και εξυπηρετεί τον ομώνυμο Δήμο (πληθυσμού 12.397 κατοίκων) και τον Δήμο Αμφίπολης (9.182 κάτοικοι), με ετήσια εισερχόμενη ποσότητα (έτος αναφοράς 2014) 5.215 τμ σύμμεικτα ΑΣΑ.

Στον εξοπλισμό του εντάσσονται:

- ένα (1) όχημα μεταφοράς containers με σύστημα γάντζου
- δύο (2) press containers,
- δίδυμη δεξαμενή νερού-πυρόσβεσης
- διάταξη ζύγισης (γεφυροπλάστιγγα)
- γέωτρηση άντλησης υπόγειου νερού

Τη λειτουργία του διέπει η υπ'αριθμ. Πρωτ. Δ.Π. 2587/23-07-2003 Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων της Ν.Α. Σερρών.

Η πρόσβαση στον χώρο του ΣΜΑ πραγματοποιείται με παράδρομο που βαίνει παράλληλα με την Ε.Ο. Σερρών-Δράμας.

## 2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Βασική απαίτηση για την βελτίωση της λειτουργίας του ΣΜΑ Ζίχνης, αποτελεί η σύνδεση της υφιστάμενης (προσφάτως διανοιχθείσας) γέωτρησης με την υφιστάμενη δεξαμενή νερού-πυρόσβεσης. Για τον λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε τοπογραφική αποτύπωση, ώστε ο σχεδιασμός της μελετώμενης σύνδεσης να πραγματοποιηθεί με επικαιροποιημένα τοπογραφικά δεδομένα. Η διενεργηθείσα τοπογραφική αποτύπωση επικεντρώθηκε στο τμήμα του ΣΜΑ που περιλαμβάνει τη δεξαμενή νερού και τη θέση της γέωτρησης.

Το ανωτέρω τμήμα, παρουσιάζεται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνα 2-1 Η θέση της γεώτρησης στο Νότιο Τμήμα του ΣΜΑ Ζίχνης



Εικόνα 2-2 Πυροσβεστική φωλιά και λήψη παρόδια της ασφαλτοστρωμένης οδού κυκλοφορίας του ΣΜΑ Ζίχνης



*Εικόνα 2-3 Εμπρόσθια όψη της δεξαμενής νερού (δεξιά της φωτό). Διακρίνονται η εσχάρα του καναλιού αποστράγγισης ομβρίων υδάτων που διέρχεται έμπροσθεν αυτής. Διακρίνεται επίσης ο ξηρός θάλαμος του αντλιοστασίου στα αριστερά με τα ορθογωνικά ανοίγματα.*



*Εικόνα 2-4 Η οπίσθια όψη της δεξαμενής νερού-πυρόσβεσης. Διακρίνεται ο ξηρός θάλαμος του αντλιοστασίου με τα ορθογωνικά ανοίγματα. Στα αριστερά διακρίνεται ο υγρός θάλαμος της δεξαμενής.*



Εικόνα 2-5 Άποψη του εσωτερικού του αντλιοστασίου (ξηρός θάλαμος)



Εικόνα 2-6 Άποψη του δώματος της δεξαμενής νερού-πυρόσβεσης του ΣΜΑ Ζίχνης (υγρός θάλαμος αυτής)

### 3. ΣΥΝΔΕΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ-ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ

Παρά την ύπαρξη δεξαμενής νερού, διατάξεων πυρόσβεσης και γεώτρησης που λειτουργούν, δεν έχει ακόμη υλοποιηθεί η σύνδεσή τους, με αποτέλεσμα το νερό που χρησιμοποιείται να προέρχεται από υδροφόρο όχημα.

Έτσι, στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, προτείνεται η εγκατάσταση καταθλιπτικού αγωγού από PE διαμέτρου 90mm, 10atm, για την πλήρωση της δεξαμενής νερού με υπόγειο νερό. Ο αγωγός θα οδεύει εντός σκάμματος στο έρεισμα της ασφαλτοστρωμένης οδού και παράλληλα με αυτή, έως ότου εξέλθει έμπροσθεν της δεξαμενής νερού και συνδεθεί με αυτήν.

Επιπλέον, παρόλο που η γεώτρηση έχει προσφάτως διανοιχθεί, εντούτοις σε αυτήν δεν έχει εγκατασταθεί αντλία κατάλληλη για την άντληση του νερού και τη μεταφορά του έως την υφιστάμενη δεξαμενή.

Για την επιλογή αντλίας, τη χάραξη της όδευσης του αγωγού και τη διαστασιολόγησή του, πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

1. Μελέτη και αξιολόγηση των στοιχείων της υφιστάμενης (προσφάτως διανοιχθείσας) γεώτρησης



2. Έλεγχος λειτουργίας αντλίας και καταθλιπτικού αγωγού με υπολογισμό των απωλειών

3.1.1.1 Έλεγχος λειτουργίας αντλίας

Σύμφωνα με την μελέτη της γεώτρησης, το βάθος άντλησης ανέρχεται σε  $\Delta H_{αντλ}=101,0m$ . Η υψομετρική διαφορά άνω του εδάφους ανέρχεται σε  $\Delta H_{δεξ}=8,23m$ .

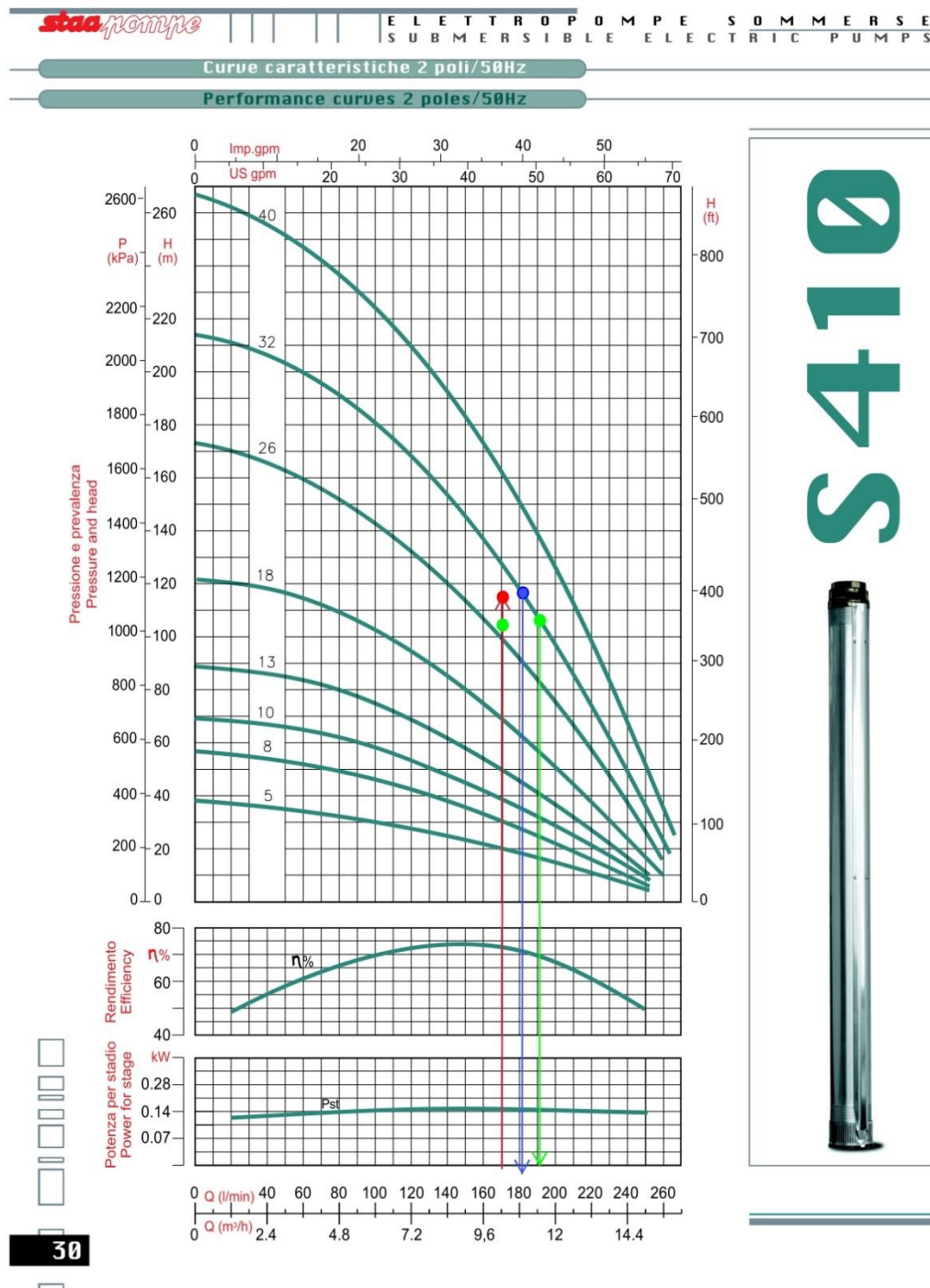
Συγκεντρωτικά έχουμε:

Βάθος Άντλησης	$\Delta H_{αντλ}$	101,0m
Υψ.διαφ. άνω του εδάφους	$\Delta H_{δεξ}$	8,23m
Γραμμικές απώλειες στήλης ανάρτησης (μήκος 133m $\Phi 2''$ )	$\Delta H_{στηλ}$	4,70m
Γραμμικές απώλειες καταθλιπτικού	$\Delta H_{κατ}$	0,93m
Τοπικές απώλειες (εκτίμηση) 10% των γραμμικών	$\Delta H_{τοπ}$	0,56m
Σύνολο Γεωμετρικών Απωλειών	$\Delta H_{γεω}$	109,23m
Σύνολο Απωλειών Ροής	$\Delta H_{ροή}$	6,19m
Σύνολο μανομετρικό	$\Delta H_{συν}$	115,42m

Θεωρώντας ότι θα τοποθετηθεί αντλία 4'' με 32 βαθμίδες πρέπει να εξεταστούν τα ακόλουθα:

- Στο ονομαστικό σημείο λειτουργίας (10 m<sup>3</sup>/h@115,42 m) (επισημαίνεται με κόκκινο χρώμα στην Εικόνα 3-1), η αντλία δεν μπορεί να λειτουργήσει εφόσον αυτό βρίσκεται εκτός της καμπύλης της.
- Η αντλία θα ισορροπήσει στο πραγματικό σημείο λειτουργίας (10,9 m<sup>3</sup>/h@116 m) (σημειώνεται με μπλε χρώμα κατά προσέγγιση στην Εικόνα 3-1). Στο σημείο αυτό η αντλία αντλεί με βαθμό απόδοσης  $\eta=71\%$  και απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ ανά βαθμίδα περ. 0,145 kW, άρα συνολική ισχύ 0,145 kW/βαθμίδαx32 βαθμίδες = 4,6 kW = 6,3 HP.
- Υπάρχει και ένα άλλο σημείο λειτουργίας που πρέπει να ελεγχθεί, αν υποθέσουμε ότι η άντληση ξεκινάει από τη στάθμη ηρεμίας που είναι σαφώς υψηλότερα από τη στάθμη άντλησης. Από τα στοιχεία της ανόρυξης και της δοκιμαστικής άντλησης προκύπτει ότι η στάθμη ηρεμίας είναι περίπου 15 m υψηλότερα από τη στάθμη άντλησης, τότε στο ζητούμενο σημείο (10 m<sup>3</sup>/h@100 m) (που επισημαίνεται με πράσινο χρώμα στην Εικόνα 3.1), η αντλία θα λειτουργήσει σε άλλο σημείο που υποδεικνύεται με το ίδιο χρώμα επί της καμπύλης της (με προσέγγιση). Στο σημείο αυτό η αντλία αντλεί περ. 11,7 m<sup>3</sup>/h@102 m με βαθμό απόδοσης  $\eta=68\%$  και απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ ανά βαθμίδα περ. 0,14 kW, άρα συνολική ισχύ 0,14 kW/βαθμίδαx32 βαθμίδες = 4,5 kW = 6,1 HP.

Για όλα τα ανωτέρω σενάρια λειτουργίας, φαίνεται ότι η **προτεινόμενη αντλία τύπου S410-32 75T** καθώς και ο κινητήρας αυτής, βρίσκονται εντός του επιτρεπτού ορίου, όπως επισημαίνεται με κόκκινο χρώμα στην Εικόνα 3.2.



Εικόνα 3-1 Χαρακτηριστικά λειτουργίας εξεταζόμενης αντλίας

**S410**

**Caratteristiche Performances**



2 poli/50Hz

2 poles/50Hz

TIPO - TYPE		DATI FUNZIONAMENTO MOTORE MOTOR OPERATING DATA						DATI IDRAULICI - HYDRAULIC DATA							
MONOFASE SINGLE - PHASE 230 V 50 Hz	TRIFASE THREE - PHASE 400 V 50 Hz	POTENZA POWER		CORRENTE CURRENT		CONDENSATORE CAPACITOR		PORTATA - CAPACITY							
		HP	KW	A 1x230 V	A 3x400 V	μF	Vc	Q(l/min)0	50	90	130	170	210	250	
								Q(m³/h)0		3	5.4	7.8	10.2	12.6	15
								H=prevalenza totale in m.c.a. H=total head w.c.m.							
S410-05 10M	S410-05 10T	1	0.75	6.5	2.2	30	450	37	35	31	26	19	13	4	4
S410-08 15M	S410-08 15T	1.5	1.1	9.4	3.2	40	450	56	53	47	41	13	18	6	6
S410-10 20M	S410-10 20T	2	1.5	11.2	4.1	50	450	67	64	59	49	36	24	8	8
S410-13 30M	S410-13 30T	3	2.2	15.1	5.8	70	450	89	84	77	65	49	32	12	12
	S410-18 40T	4	3		7.2			122	116	106	89	68	43	16	16
	S410-26 50T	5.5	4		9.5			172	162	147	126	96	66	27	27
	S410-32 75T	7.5	5.5		13.4			214	202	185	161	127	86	36	36
	S410-40 100T	10	7.5		17			266	250	229	199	161	111	51	51



**Dimensioni e pesi**

**Dimensions and weights**

TIPO - TYPE		N. STADI STAGES	POMPA PUMP		MOTORE MOTOR 1X230 V		MOTORE MOTOR 3X400 V		DM
MONOFASE SINGLE - PHASE 230 V 50 Hz	TRIFASE THREE - PHASE 400 V 50 Hz		H	kg	h	kg	h	kg	
S410-05 10M	S410-05 10T	5	536	5.3	390	9.9	375	9.6	G 2
S410-08 15M	S410-08 15T	8	689	5.8	440	11.9	395	9.9	
S410-10 20M	S410-10 20T	10	781	6.6	485	13.7	440	11.5	
S410-13 30M	S410-13 30T	13	944	7.2	500	15	485	14.2	
	S410-18 40T	18	1289	9.5			560	18.8	
	S410-26 50T	26	1696	12			630	21	
	S410-32 75T	32	2002	13.8			685	25.7	
	S410-40 100T	40	2504	16.9			780	29	

Si riserva la facoltà di apportare modifiche senza obbligo di preavviso  
Reserves the right to make modification without prior notice

Εικόνα 3-2 Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης αντλίας

Έτσι, στον ΣΜΑ προτείνεται η τοποθέτηση υποβρύχιου συγκροτήματος τύπου βαθέων φρεάτων με ενσωματωμένο ηλεκτροκινητήρα ονομαστικής διαμέτρου 4'' με κινητήρα ονομαστικής ισχύος 5,5 kW – 7,5 HP). Θα καθελκυσθεί με σωλήνες γαλβανιζέ βαρέως τύπου 2'' και σε βάθος 133 μέτρων. Η στερέωση του υποβρυχίου συγκροτήματος θα γίνει επάνω στην γεώτρηση στην φλάντζα στήριξης.

Η μεταφορά του νερού στην υφιστάμενη δεξαμενή νερού-πυρόσβεσης θα γίνεται με την αυτόματη λειτουργία μέσω φλοτεροδιακόπτη.

Η τροφοδοσία του ηλεκτροκινητήρα από τον ηλεκτρικό πίνακα θα γίνεται με ανθυγρά καλώδιο του τύπου NYG 3x4τ.χ. (η διατομή μπορεί να είναι και 3x2,5τ.χ. αλλά η πτώση τάσης υπερβαίνει την επιτρεπτή και για αυτόν τον λόγο επιλέγουμε 1 διατομή μεγαλύτερη) και τα ηλεκτρόδια στάθμης με καλώδιο ανθυγρά καλώδιο του τύπου NYG 3x1,5τ.χ.

Τέλος, ο ηλεκτρικός πίνακας θα είναι τύπου PILAR (διπλός στεγανός) λόγω της εξωτερικής τοποθέτησής του και θα περιέχει τον ασφαλειοδιακόπτη, το ρελέ εκκίνησης του κινητήρα, τον διακόπτη 1-0-2 για την αυτόματη και χειροκίνητη λειτουργία του, τις προστασίες από την τάση ρεύματος και τον αυτοματισμό για την προστασία της αντλίας από την εν ξηρώ λειτουργία της, Επίσης θα φέρει όργανα μέτρησης της τάσης του ρεύματος και το αμπερόμετρο για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας της αντλίας.

### 3.1.1.2 Έλεγχος καταθλιπτικού αγωγού

Για τον προτεινόμενο καταθλιπτικό αγωγό μεταφοράς νερού από την υφιστάμενη (προσφάτως διανοιχθείσας) γεώτρηση προς τη δεξαμενή νερού-πυρόσβεσης εφαρμόζεται ο τύπος του Darcy-Weisbach:

$$J = \lambda * \frac{V^2}{2 * g * D} = \delta * Q^2$$

Όπου:

**J** = Απώλεια φορτίου ανά μέτρο αγωγού. (Η μέτρηση γίνεται σε μέτρα ύψους του υγρού).

**V** = Η μέση ταχύτητα σε (μ/δλ)

**D** = Η εσωτερική διάμετρος του αγωγού (σε μέτρα)

**g** = Η επιτάχυνση της βαρύτητας (=9,81 μ/δλ<sup>2</sup>)

**λ** = Συντελεστής απωλειών φορτίου (αδιάστατος)

Για κυκλικούς αγωγούς εξάγεται:

$$\delta = 0,0826 * \lambda * D^{-5}$$

$$\text{και } J = 0,0826 * D^{-5} * Q^2 * \lambda$$

Για στρωτή ροή, όταν δηλαδή ο αριθμός Reynolds είναι μικρότερος από 2000, ο συντελεστής απωλειών φορτίου είναι ανεξάρτητος από την σχετική τραχύτητα και

εκφράζεται ως ,  $\lambda = \frac{64}{Re}$ . Για την τυρβώδη ροή, που ισχύει στις περιπτώσεις των

ωθητικών αγωγών, έχουν εκφρασθεί αρκετοί εμπειρικοί τύποι για την τιμή του συντελεστή λ, ορισμένοι από τους οποίους δίδονται στην συνέχεια:

- Για λείους αγωγούς, η εξίσωση του Karman - Prandtl δίδει:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \log_{10} \left( \text{Re} \sqrt{\lambda} \right) - 0,8$$

- Η εξίσωση του Blasius για λείους αγωγούς, όταν  $\text{Re} < 10^5$  εκφράζεται:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}$$

- Για λείους αγωγούς, όταν  $\text{Re} > 10^5$ , η εξίσωση του Nikuradse έχει την μορφή:

$$\lambda = \frac{0,221}{\text{Re}^{0,237}} + 0,0032$$

- Σε παρατηρήσεις που έγιναν στους σωλήνες του εμπορίου με βάση τις μαθηματικές αναλύσεις των Karman - Prandtl, οι Colebrook και White θεμελίωσαν την ακόλουθη έκφραση που εφαρμόζεται σήμερα και είναι γνωστή ως τύπος των Prandtl - Colebrook.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left( \frac{\kappa}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

Όπου:  $\kappa$  = Η απόλυτη τραχύτητα των εσωτερικών τοιχωμάτων του αγωγού.

Ο αριθμός Reynolds (Re) διατυπώνεται ως εξής:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Όπου:  $\nu$  = Ο κινηματικός συντελεστής συνεκτικότητας (Κινηματικό ιξώδες του υγρού).  
(Σε  $\mu^2/\delta\lambda$ ).

Από τον τύπο του Poiseuille βρίσκεται το κινηματικό ιξώδες του νερού για διάφορες θερμοκρασίες:

$$\nu = \frac{0,0178 \cdot 10^{-4}}{(1 + 0,0337 \cdot T + 0,000221 \cdot T^2)}$$

Όπου: T = Η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου

Για T = 20 °C βρίσκεται:  $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6}$  ( $\mu^2/\delta\lambda$ )

Η απόλυτη τραχύτητα των τοιχωμάτων του αγωγού, για σωλήνες PE με εσωτερική διάμετρο <200 mm λαμβάνεται σύμφωνα με την βιβλιογραφία :  $\kappa = 0,01$  χλστ.

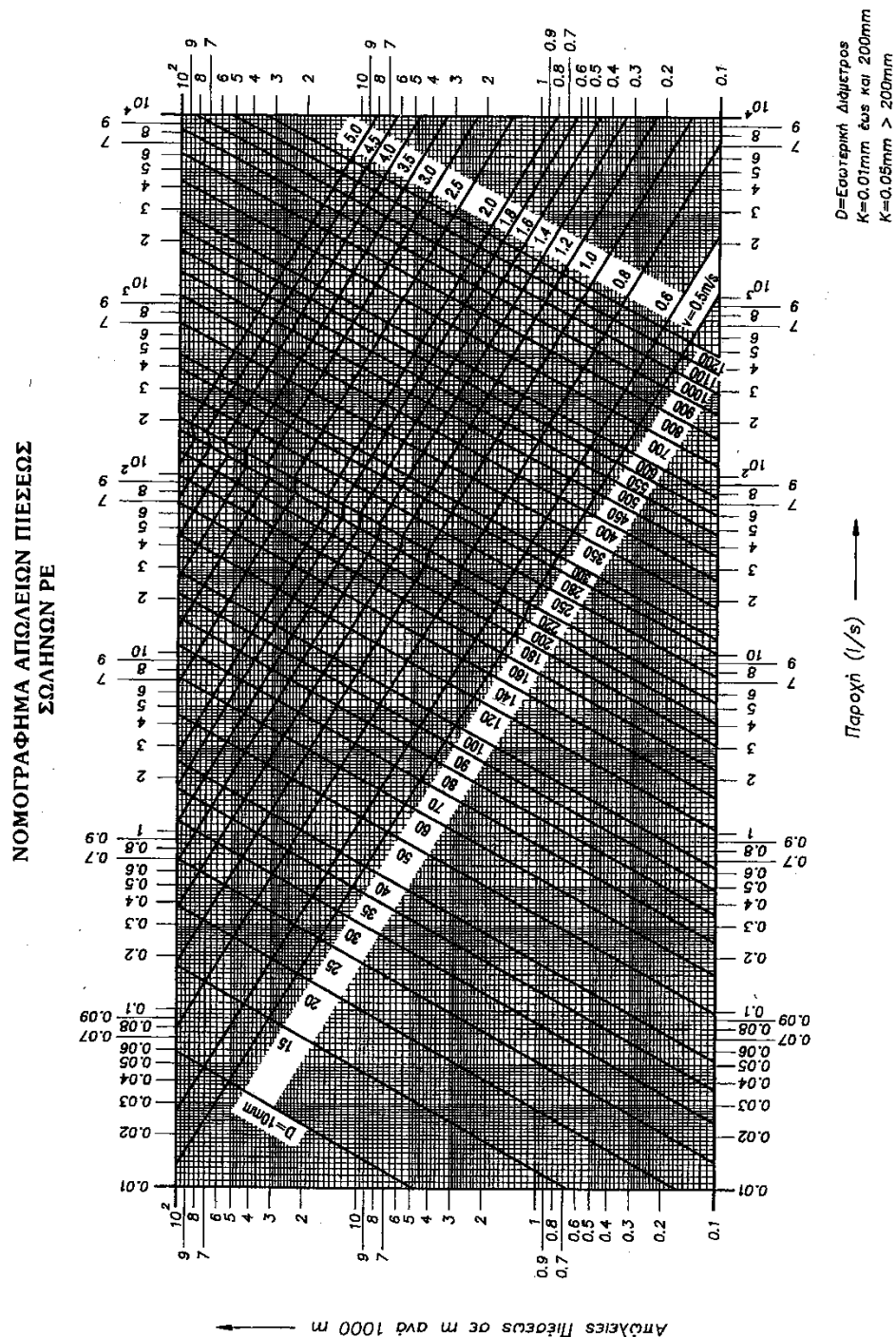
Στο διάγραμμα της επόμενης σελίδας δίδονται οι απώλειες πίεσης, η παροχή και η ταχύτητα για σωλήνες P.E. διαφόρων διαμέτρων. Με βάση το αναφερόμενο διάγραμμα

μπορεί να γίνει η εκλογή των ωθητικών αγωγών. Στη συνέχεια προτιμάται η μέθοδος κατά Darcy-Weisbach.

Σημείωση Α: Για σωλήνες ΡΕ με εσωτερική διάμετρο  $D < 200\text{mm}$  λαμβάνεται συντελεστής:  $K = 0,01\text{mm}$  (στην παρούσα μελέτη λήφθηκε  $K = 0,05$ )

Σημείωση Β: Εξάγονται τιμές του  $\lambda$  από τον τύπο Prandtl - Colebrook και σχηματίζεται ο πίνακας της μεθεπόμενης σελίδας σύμφωνα με τον τύπο:

$$J = 0,0826 * \lambda * Q^2 * D^{-5}.$$



Για οικονομική επιλογή αγωγού και καλή λειτουργία η μέγιστη ταχύτητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,0 – 2,5 m/s και η ελάχιστη να διατηρηθεί πάνω από 0,40 m/s. Η ταχύτητα των 0,40 m/s είναι η ελάχιστη επιτρεπτή για να τη λειτουργία του αγωγού, ώστε να μην εμφανίζονται φαινόμενα στάσιμης ροής ύδατος, που συντελεί στην ανάπτυξη βακτηρίων και μικροοργανισμών εντός του αγωγού.

Έτσι, για τους σκοπούς του έργου, επιλέγεται η τοποθέτηση καταθλιπτικού αγωγού PE 100 3<sup>ης</sup> γενιάς, κλάσης 10atm, με διάμετρο Φ90mm.

Ακολουθεί σχετικός πίνακας που παρουσιάζει την παροχή, τον συντελεστή απόλυτης τραχύτητας, την κλίση πιεζομετρικής γραμμής, τις γραμμικές απώλειες κατά μήκος των προτεινόμενων καταθλιπτικών αγωγών και την υψομετρική διαφορά αρχή-τέλους άξονα αγωγού (στατικές απώλειες).

Πίνακας 3-1 Πίνακας υπολογισμού του συνολικού μανομετρικού φορτίου του καταθλιπτικού αγωγού, PE 100 3ης γενιάς, διαμέτρου Φ90mm, κλάσης 10atm από υφιστάμενη (προσφάτως διανοιχθείσα) γεώτρηση προς την υφιστάμενη δεξαμενή νερού-πυρόσβεσης, καθώς και υπολογισμού της ταχύτητας, της κλίσης της πιεζομετρικής γραμμής και των γραμμικών απωλειών και των στατικών απωλειών κατά μήκος του καταθλιπτικού αγωγού (σε ξεχωριστές στήλες).

Πίνακας υπολογισμών γραμμικών απωλειών δικτύου															
Αγωγός	Ονομαστική Διάμετρος Αγωγού (χλστ.)	Εισαγωγική Διάμετρος Αγωγού (χλστ.)	Παροχή (μ <sup>3</sup> /δλ)	Ταχύτητα (μ/δλ)	Αριθμός Reynoldis (Αδιάστατος)	Συντελεστής απόλυτης τραχύτητας κ (χλστ.)	λ (Αδιάστατος)	Κλίση (μ/μ)	Μήκος αγωγού	Γραμμικές Απώλειες	Απόλυτο υψόμετρο δεξαμενής	Απόλυτο υψόμετρο εδάφους γεώτρηση	Διαφορά δεξαμενής-εσόδου αγωγού	Υψομετρική Διαφορά	Σύνολο μανομετρικού Αγωγού
	(χλστ)	(χλστ)	(μ <sup>3</sup> /δλ)	(μ/δλ)	(Αδιάστατος)	(χλστ)	(Αδιάστατος)	(μ/μ)	(μ)	(μ)	(μ)	(μ)	(μ)	(μ)	(μ)
<b>ΖΙΧΝΗ</b>	<b>90</b> <b>10ατμ.</b>	79,2	<b>0,00280</b>	<b>0,57</b>	44545	0,010	0,0219	<b>0,0045</b>	209,17	0,95	176,85	168,62		8,23	<b>9,18</b>

Όπως διαπιστώνεται από τον ανωτέρω πίνακα, η επιλογή της διαμέτρου για τον καταθλιπτικό αγωγό κρίνεται ικανοποιητική, καθώς εξασφαλίζει ταχύτητα 0,57m<sup>3</sup>/sec και κλίση πιεζομετρικής γραμμής 0,454%, που αντιστοιχεί σε γραμμικές απώλειες της τάξης των 0,95m κατά μήκος του αγωγού. Οι συνολικές απώλειες συμπεριλαμβανομένων και των στατικών απωλειών λόγω της υψομετρικής διαφοράς του εδαφικού αναγλύφου μεταξύ αρχής και πέρας του αγωγού ανέρχονται σε 9,18m.

Επιπλέον, για τον καταθλιπτικό αγωγό, απαιτείται ο έλεγχος υδραυλικός πλήγματος.

Με τον όρο «υδραυλικό πλήγμα» εννοούμε, τις υποπίεσεις και υπερπίεσεις που δημιουργούνται στα υδραυλικά δίκτυα, σε τυχόν μεταβολές στην παροχή τους. Το φαινόμενο του πλήγματος παρατηρείται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Ξεκίνημα και σταμάτημα των αντλιών.
- Μεταβολή ροής από το κλείσιμο μιας βάνας.
- Με την εκκένωση του αέρα από το δίκτυο.
- Με το σταμάτημα συσκευών κατά την άρδευση.
- Κατά την πλήρωση ή το άδειασμα τμήματος υδραυλικού δικτύου
- Κατά τη μεταφορά υδραυλικών μαζών, ειδικότερα σε μεγάλα δίκτυα.

Όταν έχουμε απότομη μεταβολή της ροής ή απότομη διακοπή, κοντά στο σημείο εκείνο, η ταχύτητα του νερού μηδενίζεται, η κινητική ενέργεια μετασχηματίζεται σε δυναμική και εκτοξεύεται σε υψηλές τιμές αυξάνοντας συγχρόνως την πίεση. Η αύξηση και ελάττωση των τιμών αυτών μεταφέρεται με τη μορφή κυμάτων υποπίεσης αρχικά και υπερπίεσης στη συνέχεια. Οι αναπτυσσόμενες αυτές δυνάμεις, είναι αρκετά ισχυρές και επικίνδυνες για όλο το σύστημα, αφού μπορεί να προκαλέσουν σπάσιμο του αγωγού.

Ο χρόνος που διαρκεί κατά την μεταφορά των κυμάτων υποπίεσης και υπερπίεσης, ονομάζεται κρίσιμος χρόνος. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που καθορίζουν τον κρίσιμο χρόνο είναι, το μήκος του δικτύου, η διατομή και το υλικό του αγωγού, η παροχή, οι κλίσεις του εδάφους. Για την αποτελεσματική προστασία του δικτύου από το φαινόμενο του πλήγματος, θα πρέπει η βαλβίδα να είναι σε θέση αν ανιχνεύει τόσο την υποπίεση όσο και



την υπερπίεση και αναλόγως του κρίσιμου χρόνου να διαχειρίζεται το άνοιγμα ή κλείσιμο της.

Σύμφωνα με τον Allievi η ταχύτητα διάδοσης του κύματος στον αγωγό προκύπτει από την σχέση:

$$a = \sqrt{\frac{g / \gamma}{\frac{1}{\varepsilon} + \frac{D_i * c}{S * E}}}$$

Όπου:

$a$  → ταχύτητα διάδοσης του κύματος σε m/sec

$g$  → επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81m/sec<sup>2</sup>, 45° γεωγραφικό πλάτος)

$\varepsilon$  → μέτρο ελαστικότητας του νερού (2,08 \*10<sup>8</sup> kg/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  → ειδικό βάρος του νερού σε kg/m<sup>3</sup>

$D_i$  → εσωτερική διατομή αγωγού σε m

$S$  → πάχος τοιχώματος αγωγού σε m

$E$  → μέτρο ελαστικότητας αγωγού σε kg/m<sup>2</sup>

$c$  → συντελεστής ίσος με: **1,25 – μ**

όπου  $\mu$ : ο λόγος Poisson

Ο κρίσιμος χρόνος, δηλαδή, ο χρόνος που διαρκεί κατά την μεταφορά κυμάτων υποπίεσης και υπερπίεσης δίνεται από την σχέση:

$$T_k = \frac{2L}{a}$$

Στην πραγματικότητα υπάρχουν τρεις περιπτώσεις πλήγματος:

α) Όταν ο χρόνος διακοπής της ροής είναι μικρότερος του κρίσιμου χρόνου:

$$T_k < \frac{2L}{a}$$

β) Όταν ο χρόνος διακοπής της ροής είναι μεγαλύτερος του κρίσιμου χρόνου:

$$T_k > \frac{2L}{a}$$

γ) Όταν ο χρόνος διακοπής της ροής είναι ίσος του κρίσιμου χρόνου:

$$T_k = \frac{2L}{a}$$

όπου:

$T$  → χρόνος ανοίγματος ή κλεισίματος της ροής σε sec

$L$  → μήκος του αγωγού

$a$  → ταχύτητα μετάδοσης του κύματος σε m/s

α) Στην περίπτωση  $T_k < \frac{2L}{\alpha}$  το  $\Delta\rho$  δίνεται από την σχέση:

$$\Delta\rho = \frac{\alpha \cdot V_0}{g}$$

όπου:

$\Delta\rho$  → υπερπίεση σε ύψος ανά m.

$\alpha$  → ταχύτητα μετάδοσης του κύματος σε m/s

$V_0$  → ταχύτητα ροής του νερού υπό κανονικές συνθήκες σε m/s

$g$  → επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81m/sec<sup>2</sup>, 45° γεωγραφικό πλάτος)

β) Στην περίπτωση  $T_k > \frac{2L}{\alpha}$ , το  $\Delta\rho$  δίνεται από την σχέση:

$$\Delta\rho = \gamma \left[ \frac{m}{2} + \sqrt{\left(\frac{m}{2}\right)^2 + m} \right] \cdot H$$

Όπου:

$\Delta\rho$  → υπερπίεση σε ύψος ανά m.

$\gamma$  → ειδικό βάρος νερού σε kg/m<sup>3</sup>

$$m = \left( \frac{L \cdot V_0}{g \cdot T \cdot H} \right)^2$$

$H$  → αρχικό στατικό φορτίο σε m

$L$  → μήκος του αγωγού

$V_0$  → ταχύτητα ροής του νερού υπό κανονικές συνθήκες σε m/s

$g$  → επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81m/sec<sup>2</sup>, 45° γεωγραφικό πλάτος)

$T$  → χρόνος ανοίγματος ή κλεισίματος της ροής σε sec

β) Στην περίπτωση:  $T_k = \frac{2L}{\alpha}$ , το  $\Delta\rho$  δίνεται από την σχέση:

$$\Delta\rho = \frac{2L \cdot V_0}{g \cdot T}$$

Όπου:

$\Delta\rho$  → υπερπίεση σε ύψος ανά m.

$L$  → μήκος του αγωγού

$V_0$  → ταχύτητα ροής του νερού υπό κανονικές συνθήκες σε m/s

$g$  → επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81m/sec<sup>2</sup>, 45° γεωγραφικό πλάτος)

$T$  → χρόνος ανοίγματος ή κλεισίματος της ροής σε sec

Οι συνηθισμένες βαλβίδες εκτόνωσης, όπως οι βαλβίδες τύπου ελατηρίου, έχουν τη δυνατότητα να απορροφήσουν μόνο το 60-70% του πλήγματος και μόνο στη φάση της υπερπίεσης.

Για λόγους συντηρητικής θεώρησης, ο υπολογισμός της υπερπίεσης  $\Delta P$  θα γίνεται αποκλειστικά συναρτήσει της ταχύτητας διάδοσης κύματος και της ταχύτητας ροής του λύματος κατά μήκος του σωλήνα, ανεξαρτήτως της τιμής του χρόνου διάδοσης κύματος  $T_m = 2L/a$ . Πιο συγκεκριμένα για όλες τις περιπτώσεις ( $T_m \geq 5 \text{ sec}$  ή  $T_m < 5 \text{ sec}$ , όπου 5 sec ο λαμβανόμενος χρόνος ανοίγματος ή κλεισίματος της δικλείδας) η υπερπίεση θα ληφθεί από τη σχέση :

$$\Delta P = (A v_0) / g.$$

Ακολουθούν τα αποτελέσματα ελέγχου που πραγματοποιήθηκαν για την εμφάνιση υδραυλικού πλήγματος στον τοποθετούμενο καταθλιπτικό αγωγό.

Όπως διαπιστώνεται και από τους πίνακες, για τους αγωγούς πολυαιθυλενίου HDPE 100 3ης γενιάς, λαμβάνεται:

- $E = 1,4 \text{ GPa} = 140.000.000,00 \text{ Kgr/m}^2$ , ως μέτρο ελαστικότητας του αγωγού
- ως λόγος Poisson λαμβάνεται η τιμή:  $\mu = 0,40$ .

επομένως ο συντελεστής c προκύπτει:  $c = 1,25 - 0,40 = 0,85$

ενώ ως μέτρο ελαστικότητας λύματος, ειδικό βάρος λύματος και επιτάχυνση της βαρύτητας, λαμβάνονται οι τιμές αντίστοιχα:

- $\epsilon = 2,08 \text{ GPa} = 208.000.000,00 \text{ Kgr/m}^2$
- $\gamma = 1.000,00 \text{ Kgr/m}^3$
- $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$

Πίνακας 3-2 Παράμετροι – Δεδομένα υπολογισμού της ταχύτητας διάδοσης του κύματος και του χρόνου διάδοσης του κύματος του προτεινόμενου καταθλιπτικού αγωγού μεταφοράς νερού από την υφιστάμενη (προσφάτως διανοιχθείσα) γεώτρηση προς την υφιστάμενη δεξαμενή νερού-πυρόσβεσης του ΣΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (α) ΓΙΑ ΑΓΩΓΟ ΡΕ 100 3ης ΓΕΝΙΑΣ									
t	a	SQRT( $\epsilon * g / \gamma$ )	SQRT( $1 + ((\epsilon * D * c) / (E * e))$ )	$\epsilon$	g	$\gamma$	E	e	c
(s)	(m/s)			(kg/m <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(m)	
5,00	323,299532	1428,4537	4,4184	208.000.000	9,81	1.000	140.000.000	0,0054	0,85

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΘΟΡΩΝ ΕΝΤΟΣ ΧΩΡΩΝ ΣΜΑ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΑΣ ΦΟΔΣΑ  
ΚΜ

ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (ΣΜΑ) ΖΙΧΝΗΣ

Τεύχος Τεχνικής Έκθεσης-Τεχνικής Περιγραφής Προτεινόμενων Έργων – Τεύχος Υπολογισμών

Πίνακας 3-3 Υπολογισμός υπερπίεσης και έλεγχος δημιουργίας υδραυλικού πλήγματος του προτεινόμενου καταθλιπτικού αγωγού μεταφοράς νερού από την υφιστάμενη (προσφάτως διανοιχθείσα) γεώτρηση προς την υφιστάμενη δεξαμενή νερού-πυρόσβεσης του ΣΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΥΠΕΡΠΙΣΗΣ - ΥΠΟΠΙΣΗΣ ΛΟΓΩ ΠΛΗΓΜΑΤΟΣ (ΔΡ) ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΗΓΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΑΓΩΓΟ ΡΕ 100 3ης ΓΕΝΙΑΣ														
Τμήμα ελέγχου	D	ατμ	Εσωτερικό τοίχωμα	Δεσωτ.	Q	ΧΘ	Μήκος τμήματος	Tx	Tμ=2L/a	Vmax	Dp	P	Pολ.	
	(m)	(bar)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(s)	(s)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	
<b>ΖΙΧΝΗ</b>	0,0900	<b>10,0</b>	0,0054	0,0792	0,00280	0,00	<b>209,17</b>	5	1,294	0,57	<b>18,74</b>	9,18	<b>27,92</b>	<b>ok</b>

Από τους ανωτέρω πίνακες, προκύπτει το συμπέρασμα ότι ικανοποιείται ο έλεγχος του πλήγματος για τον τοποθετούμενο καταθλιπτικό αγωγό (10atm=100μ).

Θεσσαλονίκη, Αύγουστος 2023

Ο Συντάξας

Βασίλειος Στρακαλής  
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ. MSc