

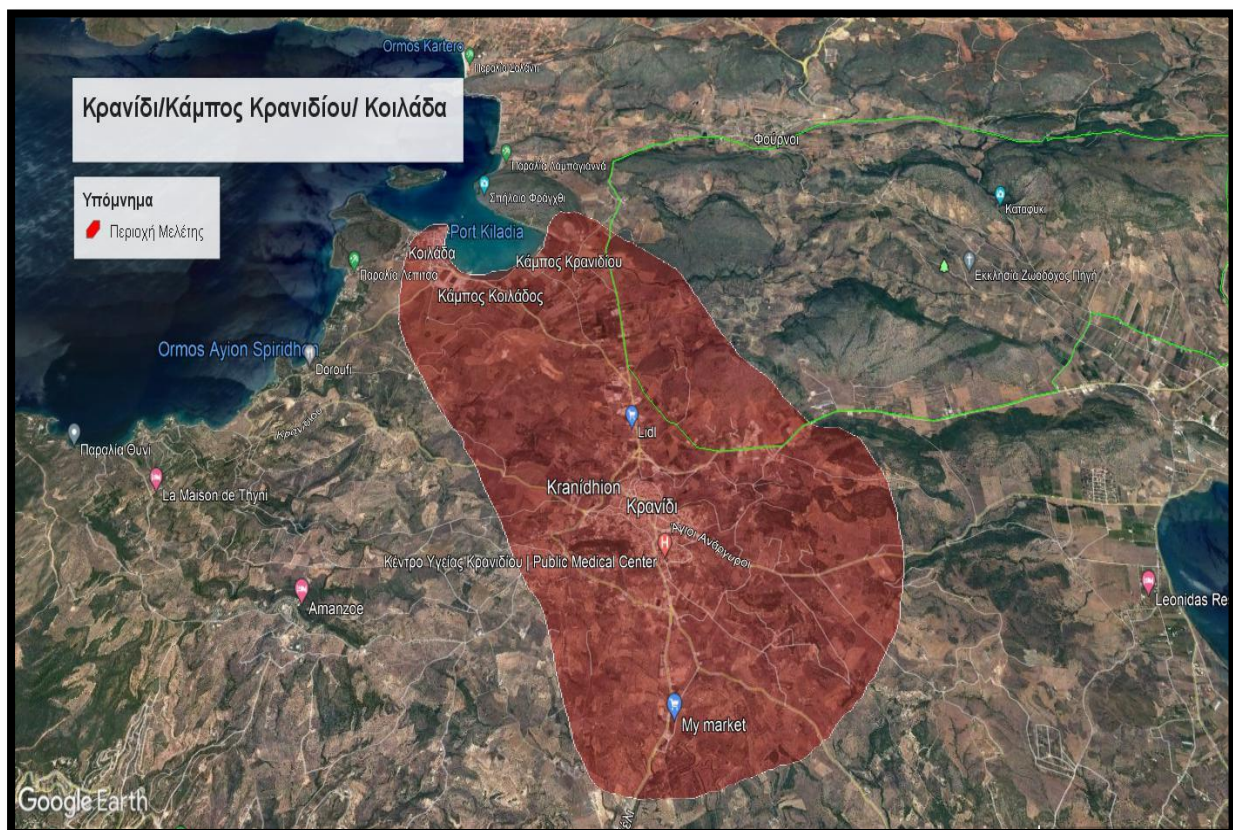


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ
ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ Ι

Σχεδιασμός Εγκατάστασης Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων
Στη Περιοχή του Κρατιδίου

Διδάσκων: Πέτρος Γκίκας

Ομάδα 19
Θεοχάρη Κυριακή
Λουκάϊ Φλώρα
Μπογιατζής Διονύσης
Παντής Άγγελος



Χανιά 12/06/2022

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Δεδομένα Απογραφών	5
Υπολογισμός Παροχών	6
Υπολογισμός Ισοδύναμων Πληθυσμών.....	11
Υπολογισμός συντελεστών αιχμής , μέγιστων και ελάχιστον παροχών ανά έτος και εποχή.....	11
Ποσοτικός και ποιοτικός χαρακτηρισμός ολικής παροχής	13
Διάγραμμα Ροής	17
Περιγραφή Διαγράμματος ροής	17
Βοθρολύματα	20
Διαστασιολόγηση δεξαμενής βοθρολυμάτων.....	20
Επιλογή αντλιών	20
Εσχάρωση	22
Διαστασιολόγηση Σχάρας.....	22
Εσχαρισμάτα.....	24
Προσομοίωση διάταξης εσχάρας – καναλιού και συνθηκών ροής.....	25
Εξάμμωση.....	27
Διαστασιολόγηση αεριζόμενου Εξαμμοτή	27
Παροχή αέρα:.....	28
Ρυθμός απομάκρυνσης άμμου	28
Πρωτοβάθμια Καθίζηση	29
Διαστασιολόγηση Δεξαμενών Πρωτοβάθμιας καθίζησης.....	30
Ισοζύγια Μάζας Πρωτοβάθμιας Καθίζησης.....	31
Υπολογισμός ισχύος ηλεκτροκινητήρα	33
Χλωρίωση.....	34
Διαστασιολόγηση δεξαμενής Χλωρίωσης.....	34
Ημερήσια κατανάλωση χλωρίου:	35
Βιβλιογραφία	37

Περίληψη

Στα πλαίσια του μαθήματος Σχεδιασμός Περιβαλλοντικών Εγκαταστάσεων και Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ι, εκπονήθηκε μελέτη για το σχεδιασμό Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων στο νομό Ερμιονίδας. Η προτεινόμενη Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων βρίσκεται στο Κρανίδι και εξυπηρετεί τις περιοχές του Κρανιδίου, Κάμπου Κοιλιάδας, Κάμπου Κρανιδίου, Κοιλιάδας.

Η Εγκατάσταση προβλέπεται να κατασκευαστεί στην περιοχή «Κάμπος» της Δ.Κ. Κρανιδίου, Δ.Ε. Κρανιδίου, Δήμου Ερμιονίδας, Νομού Αργολίδας. Έχει έκταση 8000 m² και θα καλύπτει την ευρύτερη περιοχή των τοπικών κοινοτήτων Κρανίδι – Κάμπος – Κοιλιάδα, που υπάγονται στον δήμο Ερμιονίδας (νομός Αργολίδας). Η εγκατάσταση βρίσκεται σε υψόμετρο 23m, σε απόσταση 1,2km ΒΔ της πόλης του Κρανιδίου και 400m νοτίως της οδού πρόσβασης στην ΕΕΛ με την επαρχιακή οδό Κρανιδίου – Κοιλιάδας.

Ορίστηκε να εξυπηρετεί τη περιοχή με χρονικό ορίζοντα σχεδιασμού 40 ετών, από το 2022 έως 2062. Ο ελάχιστος ισοδύναμος πληθυσμός που σχεδιάστηκε να εξυπηρετεί το έργο, αφορά τον χειμώνα του 2022, με 6334 κατοίκους και ελάχιστη παροχή λυμάτων 300 m³ ημερησίως. Ο μέγιστος ισοδύναμος πληθυσμός, αφορά το καλοκαίρι του 2062, με 8580 κατοίκους και μέγιστη παροχή 6000 m³ ημερησίως.

Για τον σχεδιασμό της ΕΕΛ, εκτός από τη ροή του δικτύου αποχέτευσης, λήφθηκαν υπόψιν οι πρόσθετοι όγκοι λυμάτων από τα βοθρολύματα των περιοχών εκτός δικτύου και οι υπόγειες εισροές στο δίκτυο. Ακόμα, έγινε ποιοτικός χαρακτηρισμός ολικής παροχής, βρίσκοντας συγκεντρώσεις εισόδου, 300mg/L BOD, 615mg/L COD, 300mg/L TSS, 45mg/L TN, 38mg/L NH₄ και 11mg/L P. Έγινε, επίσης, ποιοτικός χαρακτηρισμός του ρεύματος εξόδου της ΕΕΛ, βάση νομοθεσίας, για εναπόθεση σε φυσικό αποδέκτη (θάλασσα) και για επαναχρησιμοποίηση.

Πρώτα έγινε διαστασιολόγηση υπόγειας δεξαμενής υποδοχής βοθρολυμάτων με μήκος 8,5m, πλάτος 8m και ύψος 2,5m και επιλογή δύο φυγοκεντρικών αντλιών βορβόρου, για την ανύψωση των λυμάτων στο επίπεδο της εσχάρωσης. Στην συνέχεια έγινε διαστασιολόγηση των δεξαμενών που αφορούν την προεπεξεργασία και την επεξεργασία λυμάτων.

Ο σχεδιασμός της η εγκατάσταση ΕΕΛ, μέχρι πρότινος, περιλαμβάνει τις διεργασίες της εσχάρωσης, εξάμμωσης, προτοβάθμιας καθίζησης, και την απολύμανση με χλώριο για την εναπόθεση του νερού σε φυσικό αποδέκτη (θάλασσα).

Ξεκινώντας από την προεπεξεργασία, έγινε διαστασιολόγηση σχάρας ύψους 80cm, πλάτους 30cm, με 7 ράβδους, πλάτος ράβδων 0,01m και πλάτος διακενών 0,03m, η οποία βρίσκεται σε κανάλι πλάτους 30cm, χωρίς πλευρική στήριξη. Από τον υπολογισμό εσχαρισμάτων βρέθηκε ότι παράγονται καθημερινά 24L εσχαρισμάτων υγρασίας 50-80%.

Στη προεπεξεργασία ακολούθησε η διαστασιολόγηση αεριζόμενου εξαμμωτή όγκου 21m³, με πλάτος 2m, βάθος 1,7m και μήκος L= 10m. Η απαιτούμενη παροχή αέρα για τη λειτουργία του εξαμμωτή είναι 3 m³/min και η απομάκρυνση άμμου βρίσκεται στα 48L ημερησίως.

Στο δεύτερο στάδιο επεξεργασίας, έγινε διαστασιολόγηση δύο δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης, κυκλικής διατομής. Από τη διαστασιολόγηση προέκυψαν δεξαμενές διαμέτρου 6,2 m και βάθους 4m, με κλίση πυθμένα 6%. Για την λειτουργία των ΔΠΚ απαιτείται ταχύτητα περιστροφής ξέστρου 0,03rpm, ενώ η συνολική ισχύς ηλεκτροκινητήρων είναι 10W. Κατά την είσοδο στην δεξαμενή, με παροχή 1600 m³/d, τα λύματα έχουν περιεκτικότητα 300 mg/L TSS και 300 mg/L BOD, με συνολική μάζα 480kg TSS και 480kg BOD ημερησίως. Κατά την έξοδο από την δεξαμενή, με παροχή

1600 m³/d, τα διαυγή έχουν περιεκτικότητα 102mg/L TSS και 180mg/L BOD, με συνολική μάζα 163 kg TSS και 288 kg BOD ημερησίως. Από τις ΔΠΚ προκύπτει εκροή ύλως με παροχή 50,03 m³/d και συγκέντρωση 6 % (w/w). Η ύλς έχει περιεκτικότητα 198 mg/L TSS και 120 mg/L BOD, συνολικής μάζας 317 kg TSS και 192 kg BOD ημερησίως.

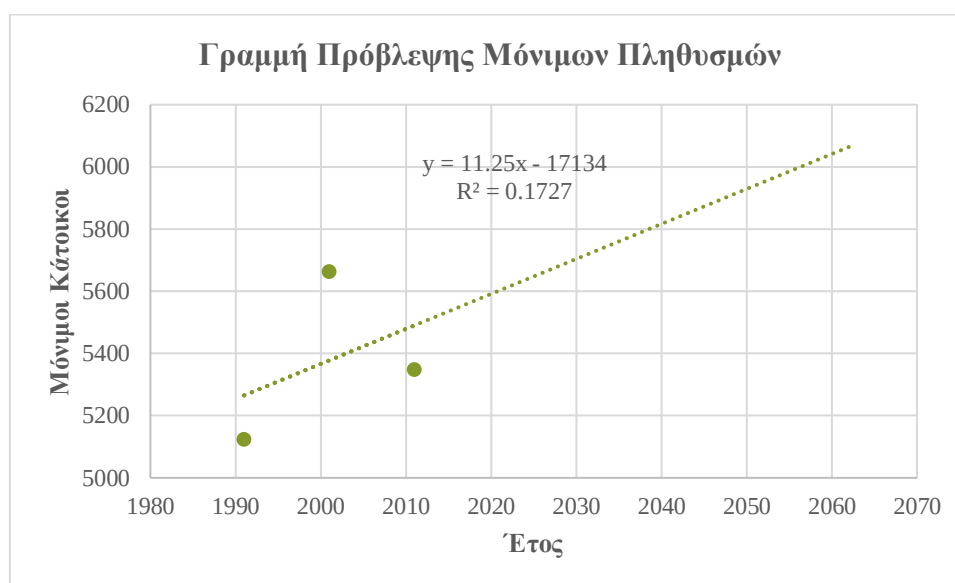
Εν ακολουθία, έγινε διαστασιολόγηση δεξαμενής χλωρίωσης μαιανδρικού τύπου 9 καναλιών, με μήκος δεξαμενής 31,5m, πλάτος 6,8m και ύψος 1,2m. Για τη λειτουργία της δεξαμενής απαιτούνται ημερησίως 55 L διαλύματος NaClO, περιεκτικότητας 15% (w/w) ενεργού χλώριου. Τέλος, ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης διαλύματος NaClO είναι 0,9 m³.

Δεδομένα Απογραφών

Για την εκτίμηση του μόνιμου πληθυσμού της περιοχής μελέτης για τα έτη 2022 και 2062 (ορίζοντας σχεδιασμού 40 έτη) λαμβάνονται υπόψη τα στοιχεία των τριών προηγούμενων απογραφών (1991, 2001, 2011).

Περιοχή	Κωδικός	Έτος Απογραφής		
		1991	2001	2011
Κρανίδι	4104010101	3970	4398	4006
Κάμπος	4104010303	26	27	56
Κοιλάδα	4104010301	1041	1131	1185
Σύνολο μόνιμου πληθυσμού		5026	5556	5227
Μετά τη προσθήκη πληθυσμών κοντινών κοινοτήτων:				
Μόνιμοι κάτοικοι ευρύτερης περιοχής		5123	5662	5348

Μέσω αυτών των τριών τιμών μπορεί να γίνει μια εκτίμηση των πληθυσμών στο έτος σχεδιασμού και 40 χρόνια μετά από αυτό.



Η μεταβολή του πληθυσμού (για τα παραπάνω δεδομένα) βρέθηκε αυξητική, και περιγράφεται από την εξίσωση $y = 11,25x - 17134$. Αντικαθιστώντας τα έτη ενδιαφέροντος (x) βρίσκεται ο μόνιμος πληθυσμός που τους αντιστοιχεί.

Εκτιμήσεις Ευθείας Πρόβλεψης	
Έτος	Μόνιμος Πληθυσμός
2022	5614
2062	6064

Τα παραπάνω αποτελέσματα έχουν μικρή αξιοπιστία, γιατί προέκυψαν από πολύ μικρού πλήθους δεδομένα.

Μια διαφορετική εκτίμηση του πληθυσμού θα μπορούσε να γίνει υποθέτοντας ότι ακολουθεί εκθετική αύξηση, με έναν λογικό ρυθμό αύξησης $r = 0,5\%$. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τη σχέση $Q_t = Q_0(1 + r)^t$, θεωρώντας το έτος αναφοράς το 2011 και τον χρόνο από αυτό 11 και 51 χρόνια αντίστοιχα, γίνεται εκτίμηση του μόνιμου πληθυσμού για τα έτη 2022 και 2062.

Εκτιμήσεις για ρυθμό αύξησης 0,5%	
Έτος	Μόνιμος Πληθυσμός
2022	5650
2062	6897

Στη δεύτερη εκτίμηση υπάρχει επίσης σημαντική αβεβαιότητα, καθώς έγινε αυθαίρετα η υπόθεση ότι ο πληθυσμός από το 2011 και μετά αυξάνεται εκθετικά με ρυθμό αύξησης 0,5%.

Λαμβάνοντας υπόψη τα σφάλματα και των δυο υπολογισμών που προηγήθηκαν, η τελική εκτίμηση των πληθυσμών επιλέγεται να είναι ο μέσος όρος αυτών.

Τελικές Εκτιμήσεις Μόνιμου Πληθυσμού	
Έτος	Μόνιμος Πληθυσμός
2022	5632
2062	6481

Υπολογισμός Παροχών

Γίνεται εκτίμηση του μεγέθους της παροχής εισόδου στην ΕΕΛ για τα έτη 2022 και 2062 με βάση τον συνολικό πληθυσμό των περιοχών και των δραστηριοτήτων τους. Σε πρώτο χρόνο γίνεται καταγραφή του πλήθους διαφόρων επιχειρήσεων / εγκαταστάσεων της περιοχής που αποτελούν τις κυριότερες πηγές λυμάτων, τα οποία πρόκειται να καταλήξουν στην ΕΕΛ.

Στη συνέχεια εκτιμάται η ημερήσια παροχή λυμάτων που δημιουργείται από την κάθε δραστηριότητα σε $\frac{L}{\text{μονάδα*day}}$. Η εκτίμηση της μέσης παραγωγής υγρών αποβλήτων ανά δραστηριότητα βασίζεται σε υπάρχουσα βιβλιογραφία ή προκύπτει συγκριτικά με ήδη γνωστές τιμές, ώστε να είναι ενδεικτική της πραγματικής κατανάλωσης που γίνεται στη περιοχή μελέτης. Για να βρεθεί η ημερήσια παροχή κάθε δραστηριότητας γίνεται μια ακόμα εκτίμηση που αφορά τον αριθμό των συμμετεχόντων σε αυτή.

Λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική διακύμανση της παροχής, κρίνεται σκόπιμο να γίνει διαχωρισμός της σε εποχιακή κλίμακα, δηλαδή σε χειμώνα και καλοκαίρι. Συνεπώς υπολογίζονται τέσσερις παροχές, δύο που αντιστοιχούν στον χειμώνα και το καλοκαίρι για το έτος 2022 και ομοίως για το έτος 2062.

Οι κυριότερες πηγές παραγωγής υγρών αποβλήτων και το πλήθος αυτών στην ευρύτερη περιοχή του Κρανιδίου – Κάμπου – Κοιλιάδας φαίνονται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

Πίνακας 1

Πλήθος εγκαταστάσεων / επιχειρήσεων / ιδρυμάτων σε Κρανίδι – Κάμπο – Κοιλιάδα

		Κρανίδι	Κοιλάδα	Κάμπος
Μοτέλ	2 Αστέρια	1	0	0
Γ/Δ κατ.	Δωμάτια	30	0	0
	Άτομα	70	0	0
AirBnb		11	4	1
Γ/Δ κατ.	Δωμάτια	28	13	1
	Άτομα	63	32	3
Εστιατόρια		10	7	0
Café		13	3	0
Μπαρ		2	1	0
Φούρνοι / Ζαχαροπλ.		6	0	0
Κέντρο Υγείας		1	0	0
Κλίνες του Κ.Υ.		7	0	0
Φαρμακεία		4	1	0
Ιατρεία		13	0	0
Γραφεία		15	1	0
Νηπιαγωγεία		3	1	0
Δημοτικά		2	1	0
Γυμνάσιο		1	0	0
Λύκειο		1	0	0
Στάδια/ Γήπεδα		3	2	0
Στάδια		1	0	0
Γήπ. Ποδοσφαίρου		2	1	0
Γήπ. Γκόλφ		0	1	0
Γυμναστήρια		3	0	0
Κομμωτήρια		6	0	0
Super Market		5	0	0
Παντοπωλεία		3	1	0
Ιχθυοπωλεία		2	0	0
Κρεοπωλεία		3	0	0
Εκκλησίες		21	4	0

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συνολικού πληθυσμού, προσθέτοντας στον αριθμό των μόνιμων ένα ποσοστό που αναλογεί στους παραθεριστές. Θεωρήθηκε ότι τον χειμώνα οι παραθεριστές είναι το 5% του μόνιμου πληθυσμού και το καλοκαίρι το 16%.

Πίνακας 2

Πληθυσμοί				Σύνολο	
	Summer	Winter	Summer	Winter	Μόνιμοι+Παράθ.
Έτος	Μόνιμοι		Παραθεριστές		Summer Winter
2022	5632		901,12	281,6	6533 5914
2062	6481		1036,96	324,05	7518 6805

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις κατανάλωσης νερού ανά δραστηριότητα. Οπου βρέθηκε βιβλιογραφία, το εύρος που ορίζει παρουσιάζεται δίπλα από την αντίστοιχη δραστηριότητα.

Πίνακας 3

Ημερήσιες Παροχές			
	Μονάδες Q	Q	Βιβλιογραφία
Σπίτι	L/κατ*day	180	150-200
Σχολεία	L/μαθητής*d	10	35-60
	L/προσωπικό*d	20	
Ξεν/χεία	L/κλίνη*d	250	150-380
	L/προσωπικό*d	50	
Café	L/πελάτη*d	6	5--8
	L/προσωπικό*d	30	
Γραφεία	L/προσωπικό*d	50	40 -60
Bar	L/πελάτη*d	9	8--12
	L/προσωπικό*d	50	
Εστιατόριο	L/πελάτη*d	30	20-40
	L/προσωπικό*d	25	
Φούρνοι	L/προσωπικό*d	50	
K.Y.	L/κλίνη day	180	
	L/προσωπικό*d	40	
Φαρμακεία	L/προσωπικό*d	20	
Ιατρεία	L/day	250	
Στάδια	L/επισκέπτη*d	30	
Γυμναστήρια	L/πελάτη*d	30	
	L/προσωπικό*d	35	
Super Market	L/προσωπικό*d	25	
Εκκλησίες	L/προσωπικό*d	10	
Μικρά μαγαζιά	L/προσωπικό*d	25	
Κομμωτήρια	L/μαγαζί*day	800	
Κρεοπωλεία	L/μαγαζί*day	250	

Στον Πίνακα 4 φαίνονται οι εκτιμήσεις του πλήθους των ατόμων που εμπλέκονται σε κάθε δραστηριότητα. Για να προκύψουν οι τιμές του Πίνακα 4 έγιναν οι παρακάτω παραδοχές;

Σχολεία

Νηπιαγωγείο: 70 παιδιά και 8 εργαζόμενοι (ανά ίδρυμα).

Δημοτικό: 150 μαθητές και 20 εργαζόμενοι .

Γυμνάσιο / Λύκειο: 225 μαθητές και 25 εργαζόμενοι.

Ξενοδοχεία

Ξενοδοχεία = Airbnb + Μοτέλ (Γ+Δ κατηγορία)

Προσωπικό; 2/ Airbnb , 10/Μοτέλ, τον χειμώνα 60% μείωση του προσωπικού.

Πληρότητα 10% τον χειμώνα και 90% το καλοκαίρι.

Εστίαση

Café : Επισκεψιμότητα 25 άτομα τον χειμώνα και 95 το καλοκαίρι (ανά ημέρα).

Προσωπικό 3 άτομα τον χειμώνα, 5 το καλοκαίρι .

Bar: 35 επισκέπτες τον χειμώνα, 90 το καλοκαίρι. Προσωπικό 6 άτομα.

Εστιατόρια: επισκέπτες 30 άτομα τον χειμώνα, 150 το καλοκαίρι. Προσωπικό 6 άτομα τον χειμώνα και 10 το καλοκαίρι.

Μικρά μαγαζιά

Παντοπωλεία, Ιχθυοπωλεία, Φούρνου, Φαρμακεία: 3 άτομα προσωπικό.

Άλλα

Super Market: 15 άτομα προσωπικό

Κέντρο Υγείας: 13 άτομα προσωπικό (+ 7 κλίνες που έχει για ασθενείς)

Στάδια: 70 άτομα / στάδιο

Γυμναστήριο: 40 πελάτες τον χειμώνα, 60 το καλοκαίρι με 6 άτομα προσωπικό.

Εκκλησίες: 3 άτομα προσωπικό.

Παροχές που εκτιμήθηκαν σε L/κατάστημα/day:

Ιατρεία, Κομμωτήρια, Κρεοπωλεία

Πίνακας 4

	Εκτιμήσεις πλήθους ατόμων			
	2022	2062	2022	2062
	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Σπίτι	5914	6805	6533	7518
Σχολεία	1180		-	
προσωπικό	142		-	

Ξεν/χεία	16,8	151,2
προσωπικό	25	42
Café	400	1520
προσωπικό	48	80
Γραφεία	48	48
Bar	105	270
προσωπικό	18	18
Εστιατόριο	510	2550
προσωπικό	102	170
Φούρνοι	18	18
K.Y.	7	7
προσωπικό	13	13
Φαρμακεία	15	15
Ιατρεία	13	13
Στάδια	350	350
Γυμναστήρια	120	180
προσωπικό	18	18
Super Market	75	75
Εκκλησίες	75	75
Μικρά μαγαζιά	18	18
Κομμωτήρια	6	6
Κρεοπωλεία	3	3

Ενδεικτικοί υπολογισμοί πλήθους ατόμων για τα σχολεία και τα Café :

$$\begin{aligned}
 & 4 \text{ νηπιαγωγεία} \times \frac{70 \text{ παιδιά}}{\text{νηπιαγωγείο}} + 3 \text{ δημοτικά} \times \frac{150 \text{ μαθητές}}{\text{δημοτικό}} + \\
 & 2 (\gamma \text{ γυμν.} + \lambda \text{ λύκεια}) \times 225 \frac{\text{μαθητές}}{\gamma + \lambda} = 1180 \text{ μαθητές} \\
 & 4 \text{ νηπιαγωγεία} \times \frac{8 \text{ εργ.}}{\text{νηπιαγωγείο}} + 3 \text{ δημοτικά} \times \frac{20 \text{ εργ.}}{\text{δημοτικό}} + 2 (\gamma + \lambda) \times \frac{25 \text{ εργ.}}{\gamma + \lambda} = \\
 & 142 \text{ εργαζόμενοι} \\
 & 16 \text{ Cafe} \times \frac{25 \text{ άτομα}}{\text{Cafe}} = 400 \text{ πελάτες τον χειμώνα και } 16 \times 95 = \\
 & 1520 \text{ το καλοκαίρι} \\
 & 16 \text{ Cafe} \times \frac{3 \text{ εργ.}}{\text{Cafe}} = 48 \text{ εργαζόμενοι το χειμώνα και } 16 \times 5 = 80 \text{ το καλοκαίρι}
 \end{aligned}$$

Στον Πίνακα 5 γίνεται ο προσδιορισμός των παροχών που αντιστοιχούν στον χειμώνα και το καλοκαίρι του 2022 και ομοίως του 2062. Οι υπολογισμοί γίνονται πολλαπλασιάζοντας τα πλήθη του Πίνακα 4 με τις αντίστοιχες καταναλώσεις τους, που υπολογίστηκαν στον Πίνακα 3.

Το αθροίσματα όλων των γινομένων κάθε στήλης αποτελούν τις συνολικές παροχές $Q_K^{22}, Q_X^{22}, Q_K^{62}, Q_X^{62}$. Η αύξηση του μόνιμου πληθυσμού από το 2022 μέχρι το 2062 εκτιμήθηκε ίση με $\frac{6481-6532}{6481} \times 100\% = 13\%$. Επειδή στον Πίνακα 4 δεν έχει ληφθεί υπόψη η αύξηση του πληθυσμού μέχρι το 2062, όλα τα πλήθη του 2062 εκτός των

ατόμων (σπίτια) – στα οποία έχει ήδη γίνει διαφοροποίηση – θα αυξηθούν κατά 13%. Δηλαδή, όλοι οι όροι των γινομένων πλήθους $\times$ (L/πλήθος/ημέρα) το έτος 2062, εκτός του όρου που αφορά τις οικίες, θα πολλαπλασιαστούν με συντελεστή 1,13.

Πίνακας 5

	Εκτιμήσεις μέσων παροχών Q_{avg} (L/d)			
	QX22	QK22	QX62	QK62
L/d	1140130	1345225	1310339,3	1544532,05
m3/d	1140	1345	1310	1544

Υπολογισμός Ισοδύναμων Πληθυσμών

Οι ισοδύναμοι πληθυσμοί υπολογίζονται στον Πίνακα 6, διαιρώντας τις παροχές (L/day) του Πίνακα 5 με τη μέση παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο που θεωρήθηκε 180 L/(κατ $\times$ day).

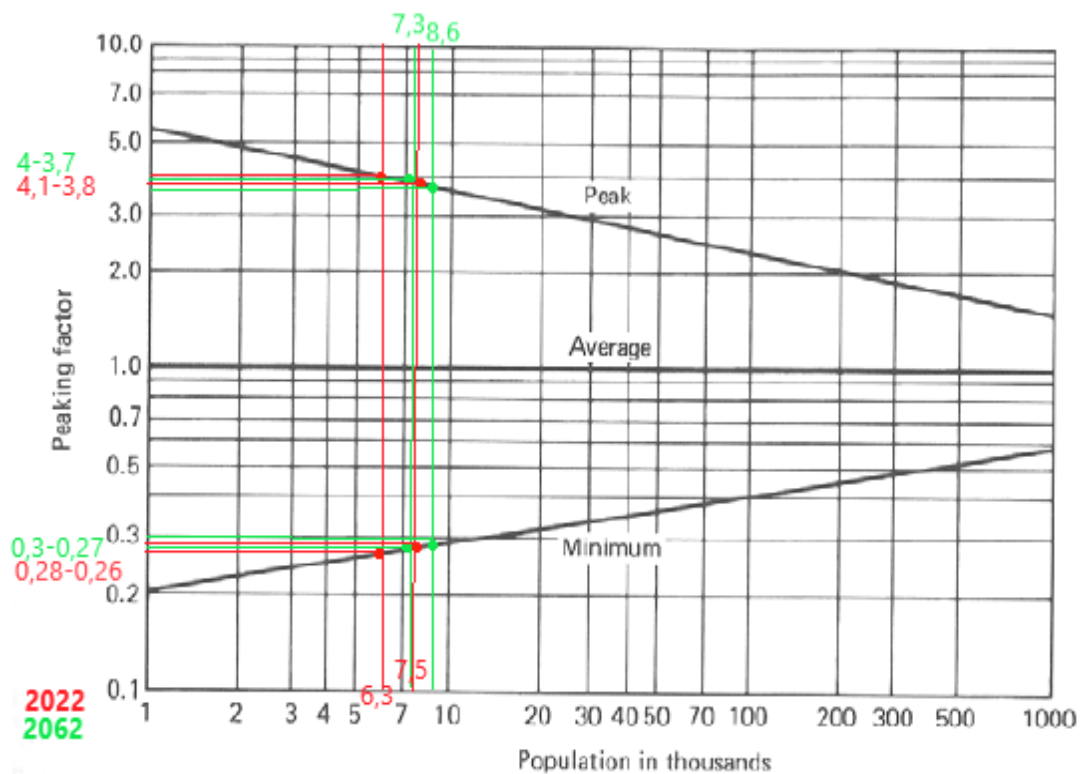
Πίνακας 6

Ισοδύναμοι πληθυσμοί Ι.Π.			
ΠΚ22	ΠΧ22	ΠΚ62	ΠΧ62
7473	6334	8580	7280

Υπολογισμός συντελεστών αιχμής, μέγιστων και ελάχιστων παροχών ανά έτος και εποχή.

Οι συντελεστές αιχμής υπολογίζονται μέσω του διαγράμματος της Εικόνας 1, τοποθετώντας τις τέσσερις τιμές ισοδύναμων πληθυσμών για χειμώνα και καλοκαίρι το 2022 και 2062 στον άξονα x (Ι.Π. σε χιλιάδες). Οι προβολές στον άξονα y των σημείων τομής της κατακόρυφης κάθε σημείου x με τις δύο ευθείες του διαγράμματος αποτελούν τους μέγιστους και τους ελάχιστους συντελεστές αιχμής για κάθε περίπτωση. Υπολογίζονται οκτώ διαφορετικοί συντελεστές αιχμής, ο μέγιστος και ο ελάχιστος για κάθε ένα από τους τέσσερις Ι.Π., δηλαδή μέγιστος / ελάχιστος για καλοκαίρι / χειμώνα το 2022 / 2062.

Εικόνα 1: Υπολογισμός συντελεστών αιχμής



Πίνακας 7

Συντελεστής Αιχμής (ΣΑ)		
<i>min</i>	2022	2062
summer	0,28	0,3
winter	0,26	0,27
<i>max</i>		
summer	3,8	3,7
winter	4,1	4

Πολλαπλασιάζοντας τις μέσες παροχές (m^3/d) με τον αντίστοιχο συντελεστή του Πίνακα 7 βρίσκεται η μέγιστη και η ελάχιστη παροχή για τον χειμώνα και το καλοκαίρι των υπό μελέτη χρονολογιών. Συγκεκριμένα:

Χειμώνας και καλοκαίρι του 2022:

$$Q_{max}X22 = \Sigma A_{max}X22 \times Q_{avg}X22 = 4,1 \times 1140,13 = 4674,5 \text{ } m^3/d$$

$$Q_{min}X22 = \Sigma A_{min}X22 \times Q_{avg}X22 = 0,26 \times 1140,13 = 296,4 \text{ } m^3/d$$

$$Q_{max}K22 = \Sigma A_{max}K22 \times Q_{avg}K22 = 3,8 \times 1345,22 = 5111,8 \text{ } m^3/d$$

$$Q_{min}K22 = \Sigma A_{min}K22 \times Q_{avg}K22 = 0,28 \times 1345,22 = 376,6 \text{ } m^3/d$$

Ομοίως γίνονται οι υπολογισμοί για τον χειμώνα και το καλοκαίρι του 2062. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8

Παροχή	m³/day	Στρογγυλοποίηση
Q_{av}_X22	1140	1100
Q_{max}_X22	4674	4700
Q_{min}_X22	296	300
Q_{av}_K22	1345	1300
Q_{max}_K22	5112	5000
Q_{min}_K22	377	400
Q_{av}_X62	1310	1300
Q_{max}_X62	5241	5200
Q_{min}_X62	354	400
Q_{av}_K62	1545	1600
Q_{max}_K62	5715	6000
Q_{min}_K62	463	500

σχεδιασμός γίνεται βάσει της μεγαλύτερης μέσης παροχής που πρέπει να διοχετευτεί στο δίκτυο, η οποία εμφανίζεται το καλοκαίρι του 2062. Συνεπώς, ως μέση παροχή δικτύου λαμβάνεται η τιμή 1545 m³/d $\cong$ 1550 m³/d. Σε αυτή τη τιμή θεωρείται ότι εμπεριέχονται οι απώλειες του δικτύου κατά τη διαδρομή των λυμάτων στην εγκατάσταση ΕΕΛ.

Ποσοτικός και ποιοτικός χαρακτηρισμός ολικής παροχής

Για τη προσέγγιση της ολικής παροχής που θα παροχετεύεται στην ΕΕΛ πρέπει να ληφθούν υπόψη, εκτός από τη ροή του δικτύου αποχέτευσης, οι πρόσθετοι όγκοι λυμάτων που αφορούν τα βοηρολύματα περιοχών εκτός δικτύου και τις υπόγειες εισροές στο δίκτυο.

Η παροχή που οφείλεται στα βοηρολύματα προσεγγίζεται ως το 9% της μέσης παροχής δικτύου, ενώ η επιπλέον παροχή λόγω εισροών προσεγγίζεται στο 6%. Για τα βοηρολύματα επιλέχθηκε σχετικά υψηλό ποσοστό, δίνοντας έμφαση στις ανάγκες της ευρύτερης περιοχής του Κρανιδίου – Κάμπου – Κοιλιάδας που είναι στην μεγαλύτερη έκτασή της έντονα αραιοκατοικημένη.

Συνολική Παροχή Χειμώνα 2022

Μέση παροχή δικτύου	1100 m³/d
Εισροές στο δίκτυο (6% μέσης)	66 m³/d
Βοηρολύματα (9% μέσης)	99 m³/d
Συνολική Παροχή	1265 $\cong$ 1300 m³/d

Συνολική Παροχή Καλοκαίρι 2022

Μέση παροχή δικτύου	1300 m³/d
Εισροές στο δίκτυο (6% μέσης)	78 m³/d
Βοηρολύματα (9% μέσης)	117 m³/d
Συνολική Παροχή	1495 $\cong$ 1500 m³/d

Συνολική Παροχή Χειμώνας 2062

Μέση παροχή δικτύου	1300 m³/d
Εισροές στο δίκτυο (6% μέσης)	78 m³/d
Βοηρολύματα (9% μέσης)	117 m³/d
Συνολική Παροχή	1495 $\cong$ 1500 m³/d

Συνολική Παροχή Καλοκαίρι 2062

Μέση παροχή δικτύου	1600 m³/d
Εισροές στο δίκτυο (6% μέσης)	96 m³/d
Βοηρολύματα (9% μέσης)	144 m³/d
Συνολική Παροχή	1840 $\cong$ 1900 m³/d

Ο ποιοτικός της χαρακτηρισμός θα στηριχθεί στα χαρακτηριστικά των ρευμάτων που αναμιγνύονται και αποτελούν το ρεύμα εισόδου της ΕΕΛ. Ο χαρακτηρισμός του ρεύματος εισόδου αφορά τις συγκεντρώσεις BOD, COD, TSS, TN- NH₄ και P. Οι τιμές των παραπάνω προσδιορίζονται από τη βιβλιογραφία τόσο για την απευθείας παροχή του δικτύου, όσο και για τα βοηρολύματα και τις εισροές.

Αποτυπώνοντας το ισοζύγιο των ροών πριν και μετά την ανάμιξη των τριών παροχών υπολογίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού ρεύματος εισόδου για το καλοκαίρι του 2062.

Τα χαρακτηριστικά του τελικού και των επιμέρους ρευμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Ανεπεξέργαστων			
BOD	400-110	250	mg/L
COD	1000-250	500	mg/L
TSS	200-300	250	mg/L
TN	85-20	40	mg/L
NH4	50-12	35	mg/L
P	15-4	8	mg/L
Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Βοθρολυμάτων			
BOD	800-1600	1000	mg/L
COD	1300-3000	2200	mg/L
TSS	800-1200	1000	mg/L
TN	80-150	120	mg/L
NH4	70-120	90	mg/L
P	30-60	45	mg/L
Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Εισροών			
BOD	35-70	50	mg/L
COD	80-180	130	mg/L
TSS	40-100	70	mg/L
TN	5-20	12	mg/L
NH4	5-15	10	mg/L
P	3-10	7	mg/L
Ανάμιξη στην Είσοδο			
BOD	298,2084	300	mg/L
COD	613,6239	615	mg/L
TSS	299,2522	300	mg/L
TN	44,79379	45	mg/L
NH4	37,99536	38	mg/L
P	10,84119	11	mg/L

Ενδεικτικοί υπολογισμοί για το BOD:

$$\begin{aligned}
 Q_{\delta\iota\kappa\tau.} \times BOD_{\delta\iota\kappa\tau.} + Q_{\beta\omicron\theta.} \times BOD_{\beta\omicron\theta.} + Q_{\epsilon\iota\sigma.} \times BOD_{\epsilon\iota\sigma.} &= Q_{tot} \times BOD_{tot} \\
 \Rightarrow 1600 \frac{m^3}{d} \times 250 \frac{mg}{L} + 144 \frac{m^3}{d} \times 1000 \frac{mg}{L} + 96 \frac{m^3}{d} \times 50 \frac{mg}{L} \\
 &= 1840 \frac{m^3}{d} \times BOD_{tot} \\
 \Rightarrow BOD_{tot} &= 298,2 \cong 300 \frac{mg}{L}
 \end{aligned}$$

Ο ποιοτικός χαρακτηρισμός του ρεύματος εξόδου της ΕΕΛ, διαχωρίζεται στο ρεύμα εξόδου που εναποτίθενται σε φυσικό αποδέκτη (θάλασσα) και στο ρέμα εξόδου που προορίζεται για επαναχρησιμοποίηση. Ο χαρακτηρισμός του ρεύματος εισόδου, αφορά τις συγκεντρώσεις BOD, COD, TSS, TN, NH4, P, TC και NTU. Οι τιμές των παραπάνω

ορίζονται από τη νομοθεσία για φυσικό αποδέκτη (θάλασσα) βάσει της ΚΥΑ 5673/400/1997 και για επαναχρησιμοποίηση βάσει της ΚΥΑ 145116/2011 και ΚΥΑ 191002/2013. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ρεύματος εξόδου της ΕΕΛ παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10

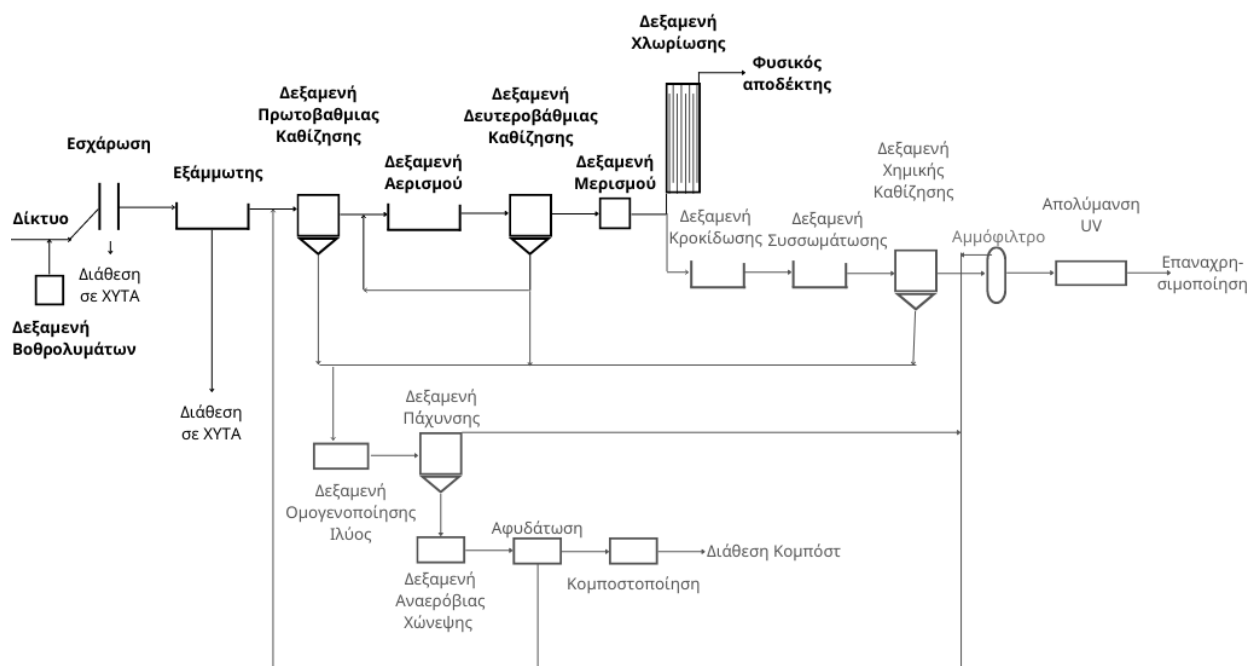
Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Εξόδου		
Παράμετρος	Σε Φυσικό αποδέκτη	Για επαναχρησιμοποίηση
BOD (mg/L)	< 25	< 10
COD (mg/L)	< 125	
TSS (mg/L)	< 35	< 2
TN (mg/L)	< 15**	< 15
NH₄ (mg/L)	< 3	<2
P (mg/L)	< 2**	
TC (TC/100mL)	500*	≤2 για το 80% των δειγμάτων ≤20 για το 95% των δειγμάτων
NTU		≤ 2

* Όρια που τηρούνται κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία

** Όρια που ισχύουν για ευαίσθητο αποδέκτη και ΠΠ = 10.000 – 100.000

Διάγραμμα Ροής

Εικόνα 2: Διάγραμμα Ροής προτεινόμενης ΕΕΛ.



Περιγραφή Διαγράμματος ροής

Τα λύματα από το δίκτυο αποχέτευσης και τα βοθρολύματα, εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και υπόκεινται επιμέρους διεργασίες έως ότου καταλήξουν για επαναχρησιμοποίηση ή εναπόθεση σε φυσικό αποδέκτη.

Η πρώτη προ επεξεργασία που πραγματοποιείται είναι η εσχάρωση. Στην εσχάρωση γίνεται απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων με την αξιοποίηση σχαρών. Η εσχάρωση αποσκοπεί στην αποφυγή της καταστροφής του μηχανολογικού εξοπλισμού, της μείωσης της αποτελεσματικότητας των διεργασιών και της συσσώρευσης αντικειμένων στα σημεία ροής των αποβλήτων. Χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες σχάρες με ευρέα διάκενα επιτυγχάνεται απομάκρυνση αντικειμένων μεγαλύτερων των 30mm. Τα εσχάρισματα, καθώς δεν έχουν συγκεκριμένη σύσταση, στραγγίζονται και εναποτίθενται σε ΧΥΤΑ.

Η επόμενη προ επεξεργασία που πραγματοποιείται είναι η εξάμμιση. Η εξάμμιση αποτελεί καθίζηση Τύπου Ι και αφορά τη καθίζηση διακριτών σωματιδίων (τα σωματίδια καθιζάνουν χωρίς να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους). Στην εξάμμιση, απομακρύνεται κόκκοι άμμου, χρώματος και άλλων οργανικών σωματιδίων με διάμετρο μικρότερη των 200 μm. Η διεργασία αυτή αποσκοπεί στη προστασία των κινούμενων τμημάτων του μηχανολογικού εξοπλισμού. Επίσης, αποφυγή συσσώρευσης των σωματιδίων σε σωληνώσεις, κανάλια και δεξαμενές. Τέλος, αποσκοπεί στη μείωση της συχνότητας καθαρισμού των δεξαμενών χώνευσης ιλύος, που συνήθως αποφράζουν με άμμο. Χρησιμοποιώντας αεριζόμενο εξαμμιωτή, ο διαχωρισμός σωματιδίων γίνεται με εφαρμογή σπειροειδούς ροής αέρα. Τα σωματίδια που απομακρύνονται, εναποτίθενται σε ΧΥΤΑ και κάλυψη.

Στη συνέχεια ακολουθεί η πρωτοβάθμια καθίζηση. Στη πρωτοβάθμια καθίζηση, με τη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης (ΔΠΚ), γίνεται απομάκρυνση αιωρούμενων

στερεών (ανόργανων και οργανικών) με διάμετρο 1-100 μm , η πρωτοβάθμια καθίζηση αποκοπεί στη μείωση των TSS, του φορτίου BOD και του φορτίου COD. Η ιλύς που απομακρύνεται, αντλείται από τη διάταξη επεξεργασίας ιλύος.

Έπειτα, γίνεται η δευτεροβάθμια επεξεργασία με τις βιολογικές διαδικασίες του εξαερισμού και της δευτεροβάθμιας καθίζησης. Στη δεξαμενή αερισμού χρησιμοποιείται οξυγόνο για την οξείδωση των οργανικών ουσιών, των αμμωνιακών (NH_4^+) και για τις αντιδράσεις ενδογενούς αναπνοής των μικροοργανισμών. Εν ακολούθια, στην δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης (ΔΔΚ) απομακρύνονται μικροοργανισμοί, ενώ τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του ανάμεικτου υγρού (COD, BOD, NH_4^+ , NO_3^- , P), εκτός των TSS, παραμένουν αμετάβλητα. Μέρος της παραγόμενης ιλύος ανακυκλοφορεί προς τη δεξαμενή αερισμού. Η υπόλοιπη ιλύς (περίσσεια) αντλείται προς τη διάταξη επεξεργασίας ιλύος.

Αφού ολοκληρωθούν οι παραπάνω διεργασίες, το υγρό περνά στη δεξαμενή μερισμού, η οποία παροχετεύει σταθερή ροή προς την διάταξη ανάκτησης νερού προς επαναχρησιμοποίηση (με φυγοκεντρική αντλία) και περίσσεια νερού προς φυσικό αποδέκτη (με φυσική ροή μέσω υπερχειλιστή)

Από τη δεξαμενή μερισμού, περίσσεια νερού οδηγείται για απολύμανση σε δεξαμενή χλωρίωσης. Στη δεξαμενή χλωρίωσης γίνεται καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, σε τέτοιο βαθμό, ώστε η διάθεση των εκροών να μη δημιουργεί κινδύνους στην δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Η χλωρίωση στην συγκεκριμένη εγκατάσταση γίνεται με εφαρμογή διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl).

Η υπόλοιπη ποσότητα υγρού κατευθύνεται από τη δεξαμενή μερισμού, στην τριτοβάθμια επεξεργασία ώστε για διατεθεί για επαναχρησιμοποίηση. Η τριτοβάθμια διεργασία περιλαμβάνει την κροκίδωση, συσσωμάτωση, χημική καθίζηση, το αμμόφιλτρο και την απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία UV.

Στη δεξαμενή κροκίδωσης, εξουδετερώνεται το ηλεκτρικό φορτίο των σωματιδίων διαμέτρου 0,01-1 μm , με αποτέλεσμα τη αποσταθεροποίηση του κολλοειδούς συστήματος.

Στη δεξαμενή συσσωμάτωσης, τα αποφορτισμένα σωματίδια συγκεντρώνονται για να σχηματίσουν συσσωματώματα.

Στη δεξαμενή της χημικής καθίζησης πραγματοποιείται απομάκρυνση ακολουθεί διαχωρισμός της παραγόμενης ιλύος. Η ιλύς που απομακρύνεται, αντλείται προς τη διάταξη επεξεργασίας ιλύος.

Στα αμμόφλτρα επιτυγχάνεται απομάκρυνση σωματιδιακών αιωρούμενων στερεών, συμπεριλαμβανομένων των κολλοειδών σωματιδίων.

Η απολύμανση με ακτινοβολία UV, καταστρέφει τα μακρομόρια δεσοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA) και ριβονουκλεϊκού οξέος (RNA), με αποτέλεσμα να καθίσταται αδύνατη η μεταφορά πληροφοριών εντός του κυττάρου, γεγονός που οδηγεί στον θάνατο. Το που εκρέει από αυτή την διεργασία επαναχρησιμοποιείται (συνήθως για άρδευση).

Ακόμα, οι ιλύες που προέρχονται από τις Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας, Δευτεροβάθμιας και Χημικής καθίζησης συγκεντρώνονται στη δεξαμενή ομογενοποίησης ιλύος (ΔΟΙ). Η ΔΟΙ είναι αεριζόμενη ούτως για να αποφευχθούν αναερόβιες συνθήκες. Η δεξαμενή ομογενοποίησης λειτουργεί και ως δεξαμενή εξισορρόπησης της ροής ιλύος, παρέχοντας σταθερή παροχή προς τη δεξαμενή πύκνωσης της ιλύος.

Στη συνέχεια, φτάνουν στη δεξαμενή πάχυνσης, όπου μειώνεται η περιεχόμενη υγρασία της ιλύς, με αποτέλεσμα τη μείωση του όγκου της. Η υγρασία που απομακρύνεται, επιστρέφει στον αγωγό που οδηγεί στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης.

Η ιλύς οδηγείται στη δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης, στην οποία γίνεται σταθεροποίηση της ιλύος, δηλαδή μείωση της ικανότητας ανάπτυξης βιολογικών

δράσεων που οδηγεί σε παραγωγή οσμών. Παράλληλα επιτυγχάνεται μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

Επόμενη διεργασία είναι η αφυδάτωση της ιλύς όπου απομακρύνεται η υγρασία προκειμένου να αυξηθεί η συγκέντρωση των στερεών. Η υγρασία που απομακρύνεται, επιστρέφει στον αγωγό που οδηγεί στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης.

Τέλος είναι η κομποστοποίηση, όπου γίνεται αποικοδόμηση της οργανικής ύλης που περιέχεται στις ιλύες, προς χημικά οξέα, με αποτέλεσμα την δημιουργία σταθεροποιημένου προϊόντος, κατάλληλου να διατεθεί για κομπόστ.

Βοθρολύματα

Γίνεται η υπόθεση ότι τα βοθρολύματα μεταφέρονται στην ΕΕΛ με βυτιοφόρα χωρητικότητας 20 m^3 / όχημα. Η συνολική ημερήσια παροχή βοθρολυμάτων που φτάνει στην ΕΕΛ είναι $150 \text{ m}^3/\text{d}$. Στη περίπτωση που τα οχήματα δεν πραγματοποιούσαν διπλές διαδρομές, ο απαιτούμενος αριθμός βυτιοφόρων θα ήταν $(150 \text{ m}^3/\text{d}) / (20 \text{ m}^3/\text{όχημα}) \cong 7 - 8$ οχήματα. Στη πραγματικότητα ο αριθμός των διαθέσιμων βυτιοφόρων αναμένεται να είναι μικρότερος.

Για τη διαστασιολόγηση της δεξαμενής βοθρολυμάτων πρέπει να προσδιοριστεί ο αριθμός των βυτιοφόρων που δύνανται να φτάσουν και να αδειάσουν το φορτίο τους περίπου την ίδια ώρα στην ΕΕΛ (σε μια ημέρα). Αν εκτιμηθεί ότι τα συνολικά διαθέσιμα βυτιοφόρα είναι περίπου 10, τότε η υπόθεση ότι τα 7 εκ των 10 οχημάτων φτάνουν ταυτόχρονα στην ΕΕΛ θα λειτουργήσει θετικά από άποψη ασφάλειας σχεδιασμού.

Συνεπώς, θεωρώντας ότι σε μία μέρα 7 οχήματα χωρητικότητας $20 \text{ m}^3/\text{όχημα}$ μπορεί να αδειάζουν ταυτόχρονα – και προσδίδοντας στις εκτιμήσεις έναν επιπλέον συντελεστή ασφαλείας $s_f = 1,2$ – ο όγκος δεξαμενής υπολογίζεται:

$$V_{\text{tank},\text{βοθ.}} = Q_{\text{βοθ.}(\text{max_day})} = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{όχημα}} \times 7 \frac{\text{οχήματα}}{\text{day}} \times 1 \text{ day} \times 1,2 = 168 \\ \cong 170 \text{ m}^3$$

Ποσοστό βοθρολυμάτων στη μέση ημερήσια παροχή: $\% \text{βοθ.} = \frac{20 \times 7 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{1600 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 8,75 \cong 9\%$

Ο όγκος της δεξαμενής (170 m^3) εκτιμήθηκε ότι μπορεί να υποστηρίξει όλη τη ποσότητα της συνολικής ημερήσιας παροχής βοθρολυμάτων (150 m^3), σε περίπτωση που αυτή η ποσότητα συγκεντρωθεί στον ίδιο χρόνο.

Διαστασιολογισή δεξαμενής βοθρολυμάτων

Για τις διαστάσεις της δεξαμενής επιλέγεται ύψος **H=2,5m**. Η επιφάνεια της δεξαμενής θα προκύψει: $170 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ m} = 68 \text{ m}^2$. Για δεξαμενή ορθογωνικής διατομής, το μήκος προτείνεται **L = 8,5m** και το πλάτος **W=8m**.

Επιλογή αντλιών

Η δεξαμενή είναι υπόγεια και το ύψος της φτάνει μέχρι την επιφάνεια του εδάφους. Από εκείνο το σημείο το φορτίο πρέπει να ανυψωθεί στο ύψος των εσχάρων. Μετά από αυτό το ύψος η ροή στα επόμενα τμήματα θα γίνεται φυσικά μέσω βαρύτητας.

Η παροχή της αντλίας εκκένωσης της δεξαμενής βοθρολυμάτων είναι ανάλογη της παροχής του δικτύου. Η παροχή της αντλίας για μια μέση συνολική παροχή θα είναι:

$$Q_{\text{pump},\text{βοθ}} = \frac{20 \times 7 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{24 \frac{\text{h}}{\text{d}}} = 5,83 \cong 6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Για τη παροχή σχεδιασμού $1900\text{m}^3/\text{d}$ οι συντελεστές αιχμής βρέθηκαν $\Sigma A_{\min} = 3,7$ και $\Sigma A_{\max} 0,3$. Η μεγιστη και ελάχιστη παροχή της αντλίας υπολογίζεται:

$$Q_{\max, \text{pump}, \text{βοθ.}} = 3,7 \times 6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 22,2 \cong 22 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_{\min, \text{pump}, \text{βοθ.}} = 0,3 \times 6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 1,8 \cong 2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Το μανομετρικό ύψος της αντλίας είναι η απόσταση που ορίζει το ύψος της δεξαμενής, το ύψος στο οποίο πρέπει να φτάσει το φορτίο πάνω από τη δεξαμενή και το μανομετρικό ύψος των απωλειών (εκτιμάται 1m). Δηλαδή:

$$H_{\text{αντ}} = 2,5\text{m} + 3\text{m} + 1\text{m} = 6,5\text{m}$$

Επιλέγεται φυγοκεντρική αντλία βορβόρου με παροχή

$$Q_{\min, \text{pump}, \text{βοθ.}} < Q < Q_{\max, \text{pump}, \text{βοθ.}} \Leftrightarrow 2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} < Q < 22 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

και ύψος $H_{\text{αντ}} = 6,5\text{m} \cong 7\text{m}$.

Για λόγους ασφαλείας επιλέγονται δύο φυγοκεντρικές αντλίες βορβόρου με κυμαινόμενη παροχή μεταξύ $2 - 22 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ και μανομετρικό ύψος $H_{\text{pump}} = 7\text{m}$.

Πίνακας 11

Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Υποδοχής Βοθρολυμάτων	
Παράμετρος	Τιμή
Τύπος	Υπόγεια δεξαμενή
Μήκος	8,5
Πλάτος	8
Ύψος	2,5
Αντλία	
Τύπος	Φυγοκεντρική αντλία βορβόρου
Αριθμός αντλιών	2
Παροχή αντλίας	Κυμαινόμενη μεταξύ $2 - 22 \text{ m}^3/\text{d}$
Μανομετρικό ύψος αντλίας	7m
Άλλος εξοπλισμός	
Ταχυσύνδεσμοι εκκένωσης βυτιοφόρων	3 τεμάχια
Φρεάτιο επίσκεψης	2 τεμάχια

Εσχάρωση

Πίνακας 12 : Παροχές Σχεδιασμού

Μικρότερη παροχή	$Q_{\min_X22}$	300 m ³ /d
Μεγαλύτερη παροχή	$Q_{\max_K62}$	6000 m ³ /d
Μεγαλύτερη μέση παροχή	Q_{av_K62}	1600 m ³ /d

Για τις ανάγκες της ΕΕΛ επιλέχθηκε καμπύλη σχάρα με ευρέα διάκενα. Βάσει της παροχής που δέχεται ($Q > 1000 \text{ m}^3/\text{d}$) θα είναι μηχανικά καθαριζόμενη.. Η παραβολοειδής μορφή προτιμάται στις μικρές παροχές, ενώ οι σχάρες τα ευρέων διακένων επαρκούν (δεν ακολουθούν σχάρες λεπτών διακένων), γιατί η απομάκρυνση του αμμώδους υλικού πρόκειται να γίνει με τη βοήθεια εξαμμωτή.

Τυπικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά σχαρών

Παράμετρος	Χειρωνακτικά καθαριζόμενες	Μηχανικά καθαριζόμενες	
		Επίπεδες	Καμπύλες
Πλάτος ράβδων (mm)	5-15	5-15	5-15
Βάθος ράβδων (mm)	25-50	25-50	25-50
Διάκενο μεταξύ των ράβδων (mm)	25-50	15-50	5-40
Κλίση από την κατακόρυφο (°)	30-45	0-30	Μεταβλητή
Μέγιστη ταχύτητα ροής (m/s)*	1,0	1,2	1,2
Ελάχιστη ταχύτητα ροής (m/s)**	0,4	0,4	0,4
Επιτρεπόμενες απώλειες (mm)	150-200	150-300	150-300

Διαστασιολόγηση Σχάρας

Η θμέγιστη παροχή στην ΕΕΛ βρέθηκε: $Q_{\max_K62} = 6000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cong 0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Για το πλάτος του καναλιού της σχάρας ισχύει η σχέση:

$$W = \frac{\rho + \delta}{\delta} \times \frac{Q}{v \times h_1} + W_0 \quad (1) \quad , \text{ όπου:}$$

W = πλάτος καναλιού [$W_{\min} = 0,3 \text{ m}$]

ρ = πάχος ράβδων σχάρας [mm]

δ = πλάτος διακένων σχάρας [20~30mm]

Q = μέγιστη παροχή [m^3/s]

v = μέγιστη ταχύτητα ροής στα διάκενα [$v \leq 1,2 \text{ m/s}$]

h_1 = βάθος ροής στη σχάρα [$\geq 0,2 \text{ m}$ για καμπύλη σχάρα]

W_0 = πλάτος πλευρικής στήριξης [0 – 0,3 m]

Για τη ροή στο κανάλι ανάντη της σχάρας, η ταχύτητα v_k πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,4m/s. Η σχέση (2) αποτελεί τον δεύτερο περιορισμό ταχύτητας ο οποίος αφορά τη ταχύτητα στο κανάλι.

$$v_k = \frac{Q_{\min}}{A} = \frac{Q_{\min_X22}}{w \times h_2} \quad (2)$$

,όπου h_2 το βάθος ροής στο κανάλι ανάντη της εσχάρας.

Η διαστασιολόγηση γίνεται σύμφωνα με τις σχέσεις (1) και (2). Οι βασικοί περιορισμοί αφορούν τις ταχύτητες ροής πριν και εντός της εσχάρας. Η ταχύτητα πριν (2) δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 0,4 m/s καθώς θα καθιζάνουν στο κανάλι φερτά υλικά. Η ταχύτητα με την οποία εισέρχονται τα λύματα στην εσχάρα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 1,2m/s ώστε να μην διαφεύγει ποσότητα εσχαρισμάτων λόγω ορμής. Οι διαστάσεις που επιλέγονται φαίνονται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13

Πλάτος καναλιού W	30cm
Πλευρική στήριξη W₀	–
Πλάτος ράβδων ρ	0,01m
Πλάτος διακένων δ	0,03m
Ύψος σχάρας H = h₁ + 50cm	80cm

Έλεγχος ταχύτητας στη σχάρα (h₁ = 0,3m):

$$(1) \Rightarrow v = \frac{\rho + \delta}{\delta} \times \frac{Q}{W \times h_1} = \frac{0,01 \text{ mm} + 0,03 \text{ mm}}{0,03 \text{ mm}} \times \frac{0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}} \Rightarrow v = 1,0 \text{ m/s} < 1,2 \text{ m/s}$$

Έλεγχος ταχύτητας στο κανάλι:

Επειδή η ελάχιστη παροχή (ελάχιστη παροχή του χειμώνα 2022) είναι εξαιρετικά μικρή, αντί αυτής χρησιμοποιείται η μέση παροχή Q_{avg_X22}.

$$Q_{av_X22} = 1100 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \frac{1}{86400 \frac{\text{s}}{\text{d}}} \cong 0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Για πλάτος W = 0,3m , ύψος ροής στο κανάλι h₂ = 0,11m:

$$v_k = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{h_2 \times W} = \frac{0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,11 \times 0,3} \cong 0,4 \text{ m / s}$$

Η ελάχιστη ταχύτητα ροής για είναι 0,4m/s, οπότε ο περιορισμός ικανοποιείται οριακά για τα μεγέθη που υπολογίστηκαν.

Επειδή το πλάτος της σχάρας είναι μικρό δεν θα τοποθετηθεί προστατευτική σχάρα. Σύμφωνα με τις διαστάσεις που βρέθηκαν, ο αριθμός των ράβδων υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Αριθμός ράβδων} = \text{Αριθμός διακένων} - 1$$

$$\begin{aligned} \text{Συνολικό μήκος} &= \text{αριθμός ράβδων} \times \text{μήκος ράβδων} + \text{αριθμός κενών} \times \text{μήκος κενών} \\ &\Rightarrow 30\text{cm} = (N - 1) \times 0,01\text{m} + N \times 0,03\text{m} \Rightarrow N \cong 7 \text{ ράβδοι} \end{aligned}$$

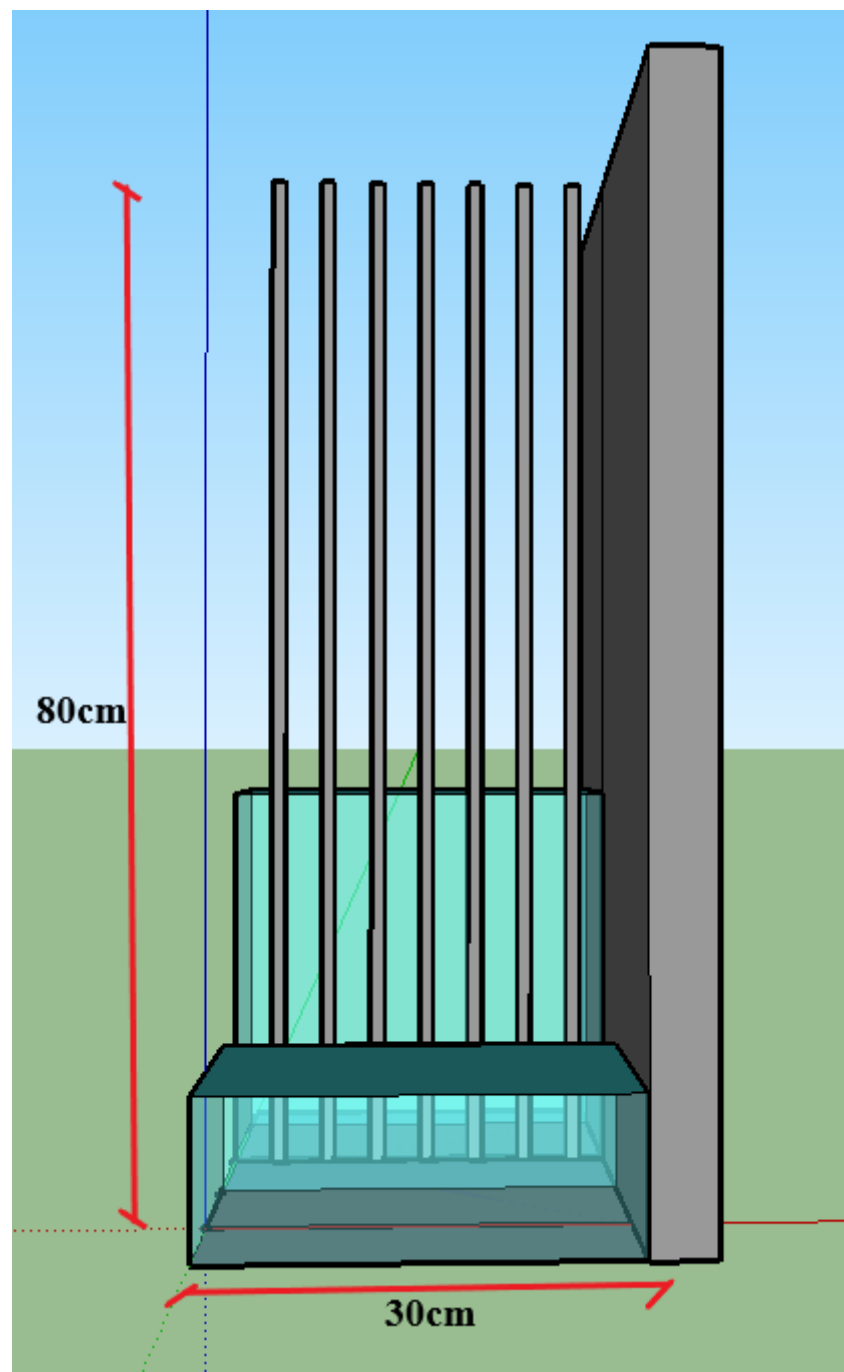
Εσχαρισμάτα

Χαρακτηριστικά και ποσότητες εσχαρισμάτων για αποχετευτικά δίκτυα διαχωριστικού τύπου

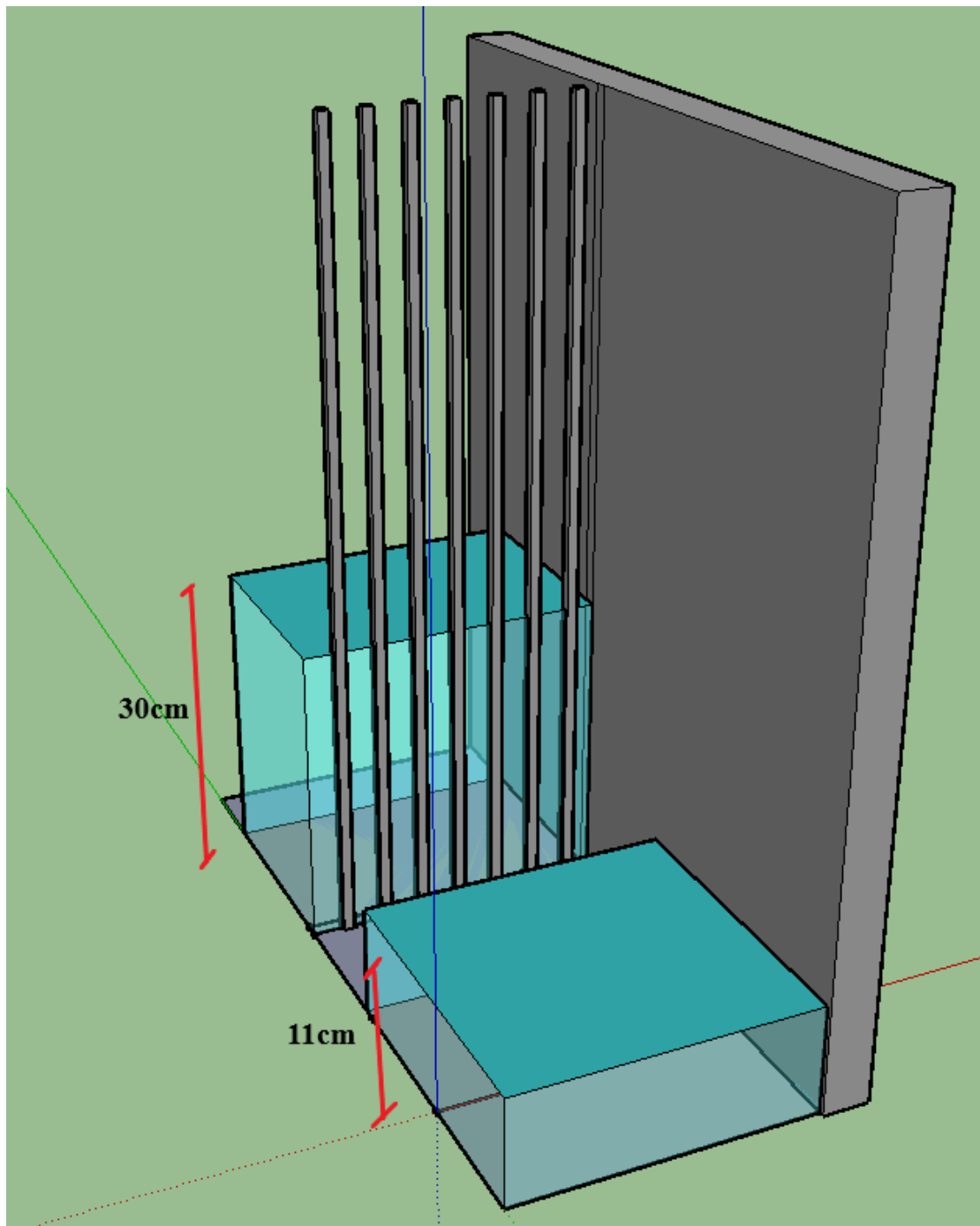
Μέγεθος διακένων (mm)	Υγρασία(%)	Ειδικό βάρος (kg/m ³)	Όγκος (L/1000m ³)	
			Εύρος	Τυπική τιμή
Χονδρές σχάρες				
12,5	60-90	700-1000	37-74	50
25	50-80	600-1000	15-37	22
37,5	50-80	600-1000	7-15	11
50	50-80	600-1000	4-11	6
Λεπτές σχάρες				
12,5	80-90	900-1100	44-110	75
Περιστρεφόμενα κόσκινα				
6,5	80-90	900-1100	30-60	45

Για χονδρές σχάρες με πλάτος διάκενων 30mm, ο όγκος των εσχαρισμάτων είναι 15L/1000m³ και έχουν υγρασία 50-80%. Ο ρυθμός απομάκρυνσης άμμου βρίσκεται (με βάση τη μέση παροχή σχεδιασμού) : $\frac{15L}{1000m^3} \times \frac{1600m^3}{d} = 24 \frac{L}{d}$.

Προσομοίωση διάταξης εσχάρας – καναλιού και συνθηκών ροής



Εικόνα 2: Πρόσωση εσχάρας (τομή)



Εικόνα 3: Πλάγια όψη καναλιού (τομή)

Εξαμμωση

Η απομάκρυνση της άμμου είναι απαραίτητη για την αποφυγή βλαβών στον μηχανολογικό εξοπλισμό, στα διάφορα τμήματα της διαδικασίας.

Η απομάκρυνση των στερεών στον εξαμμωτή γίνεται με καθίζηση, συγκεκριμένα καθίζηση Τύπου 1 (καθίζηση διακριτών σωματιδίων). Τα σωματίδια προς απομάκρυνση έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 200μm.

Ο σχεδιασμός γίνεται με την $Q_{\max_K62}$ και βασική παράμετρος σχεδιασμού είναι ο χρόνος παραμονής τ που τίθεται μεταξύ 2 και 5 min (ισχύει για τη μέγιστη παροχή).

Ο όγκος V του εξαμμωτή δίνεται από τη σχέση: $V=Q_{\max_K62} \times \tau$ (m³/min)

Διαστασιολόγηση αεριζόμενου Εξαμμωτή

Επίσης ανάλογα τη γεωμετρία (ορθογωνική) και τις διαστάσεις της δεξαμενής, ο όγκος ισούται με : $V = H \times W \times L$ (m³)

όπου H, W και L είναι αντίστοιχα το βάθος (ή ύψος), το πλάτος και το μήκος του εξαμμωτή.

Στον Πίνακα 14 φαίνεται το εύρος, οι τυπικές τιμές σχεδιαστικών μεγεθών, οι αναλογίες διαστάσεων που πρέπει να τηρούνται και τα μεγέθη που επιλέχθηκαν.

Πίνακας 14

Μέγεθος	Εύρος	Επιλογή
Χρόνος παραμονής τ (min)	2 ~ 5	5 min
Μήκος L (m)	7,5 ~ 20	14m
Πλάτος W (m)	2,5 ~ 7	1,5 m
Βάθος H ροής (m)	2~5	1m
$W / H_{\text{ροής}}$	1~5	1,5
L/W	3~5	5
Παροχή αέρα / μήκος (m ³ /min m)	0,15 – 0,75	0,3 m ³ /min m
Παροχή αέρα		3 m ³ /min
Απόσταση διαχυτήρων αέρα από πυθμένα (m)	0,45 – 0.6	0,4m

Σημειώνεται ότι το εύρος των σχεδιαστικών χαρακτηριστικών του Πίνακα 14 αφορά την απομάκρυνση στερεών διαμέτρου $\phi > 200 \mu\text{m}$.

Για μικρές παροχές, όπως στη περίπτωση της περιοχής μελέτης, ο χρόνος παραμονής επιλέγεται μεγάλος (5 min), ενώ το μήκος του εξαμμωτή και το βάθος ροής μπορούν να ξεκινήσουν από τιμή ενός μέτρου.

$$\text{Όγκος εξαμμωτή: } V = Q_{\max_K62} \times \tau = \frac{6000\text{m}^3}{24 \times 60\text{min}} \times 5\text{min} = 20,83 \cong 21\text{m}^3$$

Λόγω μικρής παροχής επιλέγεται πλάτος $W = 2\text{m}$ και βάθος ροής $H = 1,2\text{m}$. Ο λόγος προκύπτει $W/H \cong 1,4 \checkmark$.

Το βάθος του εξαμμωτή θα ισούται με το βάθος ροής προσαυξημένο κατά 0,5m (περιπτώσεις αναταράξεων ή αφρίσματος). Δηλαδή $H_{\text{εξαμμωτή}} = 1,7\text{m}$.

Επειδή το βάθος ροής είναι μικρό, οι διαχυτήρες αέρα επιλέγεται να τοποθετηθούν σε ύψος 0,4m από τον πυθμένα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι διαχυτήρες δεν πρέπει να βρίσκονται ούτε πολύ ψηλά αλλά ούτε και χαμηλά, τα 0,4m από τον πυθμένα κρίνονται ικανοποιητικά.

Σύμφωνα με η γεωμετρία του εξαμμοτή, το μήκος του θα ισούται με $L = \frac{21 \text{ m}^3}{2m \times 1,2m} = 8,75m$. Προσαυξάνοντας κατά 15% (η ροή δεν είναι πλήρως ανεπτυγμένη), το τελικό μήκος προκύπτει $L = 8,75 \times 1,15 = 10m$, με $L/W = 10/2 = 5\checkmark$.

Παροχή αέρα:

Θεωρώντας τη παροχή αέρα ανά μονάδα μήκους ίση με $0.3 \text{ m}^3 / (\text{min} \times m)$, η απαιτούμενη παροχή υπολογίζεται: $q_{\text{air}} = 0,3 \text{ m}^3 / (\text{min} \times m) \times 10m = 3 \text{ m}^3/\text{min}$.

Έλεγχος λειτουργίας τον χειμώνα του 2022: $\tau = V / Q_{\text{max_X22}} = 21 \text{ m}^3 / 4700 \text{ m}^3/\text{d} = 4,47 \times 10^{-3} \text{ d} = 6.4 \text{ min} < 10 \text{ min} \checkmark$.

Ρυθμός απομάκρυνσης άμμου

Θεωρώντας επίσης ότι απομακρύνονται 30L άμμου ανά 1000 m^3 αποβλήτου, ο ρυθμός απομάκρυνσης άμμου βρίσκεται (με βάση τη μέση παροχή σχεδιασμού) :

$$\frac{30L}{1000 \text{ m}^3} \times \frac{1600 \text{ m}^3}{d} = 48 \frac{L}{d}.$$

Πρωτοβάθμια Καθίζηση

Στις ΔΠΚ καθιζάνουν οι ουσίες που δεν απομακρύνθηκαν στο στάδιο της προεπεξεργασίας, οι οποίες συνίστανται σε αιωρούμενα σωματίδια (κυρίως ανόργανα αλλά και οργανικά στερεά 1 – 100 μm). Επομένως στη ΔΠΚ γίνεται απομάκρυνση κυρίως των TSS και του BOD μέσω καθίζησης, υπό μορφή ιλύος.

Πίνακας 15: Τυπικές διαστάσεις κυκλικής ΔΠΚ

Παράμετρος	Μονάδες	Εύρος	Τυπική Τιμή
Βάθος	m	3 – 5	4,5
Διάμετρος	m	3 – 60	12 – 45
Κλίση πυθμένα	mm/mm	6 – 16 %	8%
Ταχύτητα περιστροφής ξέστρου	r/min	0,02 – 0,06	0,03

Πίνακας 16: Παράμετροι λειτουργίας ΔΠΚ

Παράμετρος	Μονάδες	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή
Χρόνος παραμονής	h	1,0-2,5	2,0
Επιφανειακή φόρτιση (για Q_{av})	m ³ /(m ² d)	30-50	40
Επιφανειακή φόρτιση (για Q_{max})	m ³ /(m ² d)	70-130	100
Φόρτιση υπερχειλιστή	m ³ /(m d)	125-500	250
Ταχύτητα ροής στον πυθμένα	m/min	2,5-0,8	1,2
Απομάκρυνση TSS	%	50-65	Εικόνα 4
Απομάκρυνση BOD	%	25-40	Εικόνα 4
Συγκέντρωση ιλύος	%	4-9	6
Πυκνότητα ιλύος	g/cm ³	1,02-1,03	1,03
Παραγωγή επιπλεόντων	L/1000m ³	2-8	
Πυκνότητα επιπλεόντων	g/cm ³		0,95

Παροχές (Πίνακας 12)

Μικρότερη παροχή	Q_{min_X22}	300 m ³ /d
Μεγαλύτερη παροχή	Q_{max_K62}	6000 m³/d
Μεγαλύτερη μέση παροχή	Q_{av_K62}	1600 m³/d

Για ΕΕΛ με μέση παροχή < 3800m³/d, ο σχεδιασμός γίνεται βάσει της μέγιστης παροχής και ακολουθεί έλεγχος για την μέση παροχή.

Λαμβάνοντας έναν συντελεστή ασφαλείας sf = 1,2 , οι παροχές γίνονται:

Q_{max,sf_K62}	7200 m³/d
Q_{av,sf_K62}	1920 m³/d

Διαστασιολόγηση Δεξαμενών Πρωτοβάθμιας καθίζησης

Αρχικά εκτιμάται η επιφανειακή φόρτιση που αντιστοιχεί στη μέγιστη παροχή. Επιλέγεται $E\Phi_{Q_{\max}} = 120 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$, λαμβάνοντας υπόψη τα όρια του Πίνακα 16. Μέσω αυτής θα βρεθεί το εμβαδόν της κυκλικής δεξαμενής ως:

$$A = Q_{\max, \text{sf_K62}} / E\Phi_{Q_{\max}} = (7200 \text{ m}^3/\text{d}) / (120 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}) = 60 \text{ m}^2$$

, με διάμετρο $d = (4A/\pi)^{1/2} = 8,75 \cong 9\text{m} \checkmark$

Για ένα βάθος υγρού $H = 4\text{m}$, ο όγκος του υπολογίζεται $V = AH = 240 \text{ m}^3$.

Ο χρόνος παραμονής στη μέγιστη παροχή βρίσκεται:

$$\tau = V / Q_{\max, \text{sf_K62}} = (240\text{m}^3) / [(7200 \text{ m}^3/\text{d}) \times (1\text{d}/24\text{h})] = 0,8\text{hr} \checkmark$$

Έλεγχος ΕΦ για τη μέση παροχή: $E\Phi_{Q_{\text{av}}} = (1920 \text{ m}^3/\text{d}) / 60 \text{ m}^2 = 32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d} \checkmark$

Έλεγχος κατά τη λειτουργία στο αρχικό έτος σχεδιασμού:

Παροχή	m^3/d
$Q_{\text{av_X22}}$	1100
$Q_{\max_X22}$	4700

$$E\Phi_{Q_{\max, X22}} = (4700 \text{ m}^3/\text{d}) / 60 \text{ m}^2 = 78 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d} \checkmark$$

$$\text{και } \tau = V / Q_{\max_X22} = (300\text{m}^3) / [(4700 \text{ m}^3/\text{d}) \times (1\text{d}/24\text{h})] = 1,53\text{hr} \checkmark$$

$$E\Phi_{Q_{\text{av}, X22}} = (1100 \text{ m}^3/\text{d}) / 60 \text{ m}^2 = 18,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d} < 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$$

$$\text{και } \tau = V / Q_{\text{av_X22}} = (240\text{m}^3) / [(1100 \text{ m}^3/\text{d}) \times (1\text{d}/24\text{h})] = 5,2 \text{ hr}$$

Στον έλεγχο για τη μέση παροχή τον χειμώνα του 2022 τα μεγέθη δεν προκύπτουν εντός των επιθυμητών ορίων. Ο χρόνος παραμονής πρέπει να μειωθεί, γι' αυτό επιλέγεται η κατασκευή δύο δεξαμενών όγκου 120m^3 η κάθε μια. Ο χρόνος παραμονής θα ισούται με :

$$\text{Για κάθε δεξαμενή, } A = (60 \text{ m}^2) / 2 = 30 \text{ m}^2 \text{ και } d = (4A/\pi)^{1/2} \cong 6,2\text{m}$$

$$\tau = (120\text{m}^3) / [(1100 \text{ m}^3/\text{d}) \times (1\text{d}/24\text{h})] = 2,6 \text{ hr}$$

$$\text{Περιφέρεια κάθε δεξαμενής: } S = 2\pi r = 2 \times 3,14 \times 6,2 \cong 39\text{m}$$

$$\text{Φόρτιση υπερχειλιστή: } \Phi Y = Q_{\max_62} / S = (7200 \text{ m}^3/\text{d}) / 39\text{m} = 184,6 \text{ m}^2/\text{d} \checkmark$$

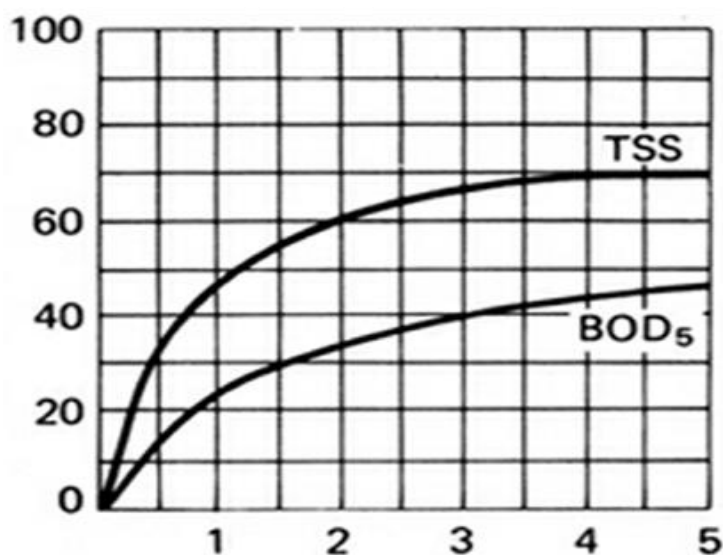
Η κλίση πυθμένα επιλέγεται 6%.

Τον χειμώνα του 2022 θα λειτουργεί μόνο η μια δεξαμενή ενώ το 2062 θα λειτουργούν και οι δύο δεξαμενές.

Ισοζύγιο Μάζας Πρωτοβάθμιας Καθίζησης

$$\tau = (240\text{m}^3) / [(1920\text{ m}^3/\text{d}) \times (1\text{d}/24\text{h})] = 3\text{hr}$$

Από το διάγραμμα της Εικόνας 4 βρίσκεται το ποσοστό απομάκρυνσης BOD και TSS που αντιστοιχεί στον χρόνο παραμονής $\tau = 3\text{hr}$. Σύμφωνα με τον Πίνακα 9, οι αρχικές συγκεντρώσεις BOD και TSS στα λύματα ήταν 300mg/L .



Εικόνα 4

Βρίσκεται απομάκρυνση 40% BOD και 66% TSS, επομένως με την ιλύ θα απομακρυνθούν:

$$0,66 \times 0,3\text{ kg/m}^3 \times 1600\text{m}^3/\text{d} \cong \mathbf{317\text{ kg/d TSS}} \text{ και } 0,4 \times 0,3\text{ kg/m}^3 \times 1600\text{m}^3/\text{d} = \mathbf{192\text{ kg/d BOD}}$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι συγκεντρώσεις μετά την ΔΠΚ θα είναι:

$$0,34 \times 300\text{ mg/L} = \mathbf{102\text{mg/L TSS}} \text{ και } 0,6 \times 300\text{mg/L} = \mathbf{180\text{mg/L BOD}}$$

Παροχή παραγόμενης πρωτοβάθμιας ιλύος:

$$Q_{\text{ιλύος}} = \frac{M_{\text{TSS,removed}}}{s_{\text{ιλύος}} \times 1000 \times c_{\text{ιλύος}}}$$

όπου $M_{\text{TSS,removed}}$ η ποσότητα των TSS που απομακρύνονται [kg/d]

$s_{\text{ιλύος}}$ το ειδικό βάρος = $1,03\text{ g/cm}^3$

$c_{\text{ιλύος}}$ το ποσοστό TSS στη πρωτοβάθμια ιλύ $\cong 6\%$

$$Q_{\text{ιλύος}} = \frac{317\text{ kg/d}}{1,03\text{ g/cm}^3 \times 1000 \times 0,06} = 5,13 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Ισοζύγιο Μάζας

Εισροή:

$$Q = 1600 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{TSS} = 300 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = 300 \text{ mg/L}$$

$$M_{\text{TSS}} = (300 \text{ mg})/\text{L} \times \text{kg} / (10^6 \text{ mg}) \times (1600 \text{ m}^3)/\text{d} \times (10^3 \text{ L})/\text{m}^3 = 480 \text{ kg/d}$$

$$M_{\text{BOD}} = (300 \text{ mg})/\text{L} \times \text{kg} / (10^6 \text{ mg}) \times (1600 \text{ m}^3)/\text{d} \times (10^3 \text{ L})/\text{m}^3 = 480 \text{ kg/d}$$

Εκροή Διαυγών:

$$Q = 1600 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{TSS} = 0,34 \times 300 \text{ mg/L} = 102 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = 0,6 \times 300 \text{ mg/L} = 180 \text{ mg/L}$$

$$M_{\text{TSS}} = (102 \text{ mg})/\text{L} \times \text{kg} / (10^6 \text{ mg}) \times (1600 \text{ m}^3)/\text{d} \times (10^3 \text{ L})/\text{m}^3 \cong 163 \text{ kg/d}$$

$$M_{\text{BOD}} = (180 \text{ mg})/\text{L} \times \text{kg} / (10^6 \text{ mg}) \times (1600 \text{ m}^3)/\text{d} \times (10^3 \text{ L})/\text{m}^3 = 288 \text{ kg/d}$$

Εισροή ιλύος:

$$Q = 5,13 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$C_\lambda = 6 \% \text{ (w/w)}$$

$$\text{TSS} = 0,66 \times 300 \text{ mg/L} = 198 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = 0,4 \times 300 \text{ mg/L} = 120 \text{ mg/L}$$

$$M_{\text{TSS}} = (198 \text{ mg})/\text{L} \times \text{kg} / (10^6 \text{ mg}) \times (1600 \text{ m}^3)/\text{d} \times (10^3 \text{ L})/\text{m}^3 \cong 317 \text{ kg/d}$$

$$M_{\text{TSS}} = 480 \text{ kg/d} - 163 \text{ kg/d} = 317 \text{ kg/d} \checkmark \text{ (επαλήθευση)}$$

$$M_{\text{BOD}} = (120 \text{ mg})/\text{L} \times \text{kg} / (10^6 \text{ mg}) \times (1600 \text{ m}^3)/\text{d} \times (10^3 \text{ L})/\text{m}^3 \cong 192 \text{ kg/d}$$

$$M_{\text{BOD}} = 480 \text{ kg/d} - 288 \text{ kg/d} = 192 \text{ kg/d} \checkmark \text{ (επαλήθευση)}$$

Ισοζύγιο μάζας

$$Q = 1600 \text{ m}^3/\text{d}$$

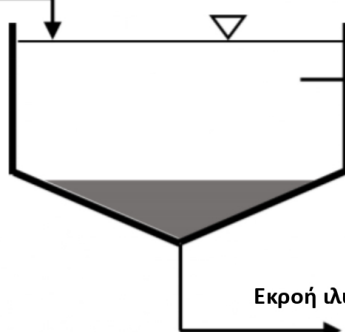
$$\text{TSS} = 300 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = 300 \text{ mg/L}$$

$$M_{\text{TSS}} = 480 \text{ kg/d}$$

$$M_{\text{BOD}} = 480 \text{ kg/d}$$

Εισροή



$$Q = 1600 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{TSS} = 120 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = 180 \text{ mg/L}$$

$$M_{\text{TSS}} = 163 \text{ kg/d}$$

$$M_{\text{BOD}} = 288 \text{ kg/d}$$

Εκροή διαυγών

$$Q = 5,13 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$C_\lambda = 6 \% \text{ (w/w)}$$

$$\text{TSS} = 198 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = 120 \text{ mg/L}$$

$$M_{\text{TSS}} = 317 \text{ kg/d}$$

$$M_{\text{BOD}} = 192 \text{ kg/d}$$

Εκροή ιλύος

Υπολογισμός ισχύος ηλεκτροκινητήρα

$$P = \frac{T\omega}{\eta}$$

$$T = W r^2 * \Sigma A * \Sigma K T$$

Όπου:

P = Ισχύς ηλεκτροκινητήρα (W)

T = Ροπή στρέψης του ξέστρου (kg m²/s²)

W = Συντελεστής φόρτισης ξέστρου (N/m) → (120-150 N/m)

r = Ακτίνα ΔΠΚ (m)

ω = Γωνιακή ταχύτητα ξέστρου (rad/s)

v = Γραμμική ταχύτητα ξέστρου στο άκρο (m/s)

η = Απόδοση ηλεκτροκινητήρα (0,7 – 0,8)

ΣΑ = Συντελεστής Ασφαλείας (ΣΑ) = 1,2-1,8

Συντελεστής Απωλειών λόγω Κιβωτίου Ταχυτήτων (ΣΚΤ) = 1,5-2

Η ταχύτητα περιστροφή του ξέστρου θεωρείται ίση με 0,03rpm. Η μετατροπή σε rad/s γίνεται γνωρίζοντας ότι rad/s = RPM/60 × 2π. Άρα 0,03rpm = (0,03/60)×2π = 0,00157rad/s.

Επιλέγοντας W=150 N/m, ΣΑ = 1,2 και ΣΚΤ = 1,5, η ροπή στρέψης υπολογίζεται:

$$T = W * r^2 * \Sigma A * \Sigma K T = \frac{130N}{m} * \left(\frac{6,2}{2m}\right)^2 * 1,2 * 1,5 \Rightarrow T = 2249 \frac{kgm^2}{s^2}$$

$$P = \frac{T*\omega}{\eta} \Rightarrow P = \frac{2249 \frac{kgm^2}{s^2} * 0,00157 \frac{rad}{s}}{0,7} \cong 5W$$

Η ισχύς ηλεκτροκινητήρα για κάθε δεξαμενή είναι 5W, ενώ η συνολική ισχύ και για τις δύο δεξαμενές είναι 10W.

Πίνακας 17

Χαρακτηριστικά καθεμίας ΔΠΚ	
Παράμετρος	Τιμή
Τύπος	Κυκλικής διατομής
Διάμετρος	6,2 m
Βάθος	4 m
Κλίση πυθμένα	6%
Ταχύτητα περιστροφής ξέστρου	0,03 rpm
Συνολική Ισχύς ηλεκτροκινητήρα	10W

Χλωρίωση

Ως παροχές σχεδιασμού της δεξαμενής χλωρίωσης λαμβάνονται :

Παροχή	m ³ /d
Q _{av_K22}	1600
Q _{max_K62}	6000

Πίνακας 18

Σχεδιαστικές Παράμετροι Χλωρίωσης	
C _R ×t	≥ 200 mg min /L
Χρόνος επαφής t	30 – 120 min (για παροχή αιχμής)
Ελάχιστη ταχύτητα ροής v _{min}	≥ 2 m/s
Μήκος / Πλάτος (L/W)	≥40
Περιεκτικότητα NaClO σε ενεργό Cl ₂	12 – 15 %
Τυπική αρχική συγκέντρωση χλωρίου	15 – 20 mg/L

Πίνακας 19

Παράμετροι που επιλέγονται	
Συγκέντρωση ενεργού χλωρίου	C = 8 mg/L
Χρόνος παραμονής	t = 30min
Βάθος ροής	H = 0,7m
Πλάτος δεξαμενής χλωρίωσης	W = 6,8m
Αριθμός καναλιών ροής	9

Η συγκέντρωση του χλωρίου πρέπει να είναι 2 – 10 mg/L (εκροή ενεργού ιλύος – 1000 MPN/100ml). Επιλέγεται C = 8 mg/L.

Για χρόνο παραμονής t = 30min, το γινόμενο Ct προκύπτει:

$$Ct = 8 \text{ mg / L} \times 30 \text{ min} = 240 \text{ mg min /L} > 200 \checkmark$$

Διαστασιολόγηση δεξαμενής Χλωρίωσης

Ο όγκος της δεξαμενής χλωρίωσης υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη μέγιστη παροχή με τον χρόνο παραμονής:

$$V = Q_{\text{max_K22}} \times t = 6000 \text{ m}^3/\text{d} \times 30\text{min} \times (1 \text{ day} / 1440\text{min}) = 125 \text{ m}^3$$

Επιλέγοντας συντελεστή ασφαλείας 1,2: V_{sf} = 150 m³

Έχοντας υποθέσει βάθος ροής H = 0,7m , η επιφάνεια της δεξαμενής χλωρίωσης βρίσκεται:

$$A = V_{\text{sf}} / H = 150 \text{ m}^3 / 0,7\text{m} = 214 \text{ m}^2 \text{ (ορθογωνική διατομή)}$$

Για πλάτος δεξαμενής W = 6,8m, το μήκος ισούται με: L = A/W = 214m² / 6,8 m = 31,5m

Επιλέγεται δεξαμενή μαιανδρικής ροής, εντός της οποίας επικρατούν συνθήκες εμβολικής ροής. Το πλάτος επιλέγεται να μοιραστεί σε 9 κανάλια, συνεπώς το πλάτος ροής γίνεται:

$$W_{\text{ροής}} = W / 9 = 6,8\text{m} / 9 = 0,76\text{m}$$

Το μήκος ροής προκύπτει:

$$L_{\text{ροής}} = L \times 9 = 31,5 \times 9 = 283,5\text{m}$$

Έλεγχος για εμβολική ροή: $L_{\text{ροής}} / W_{\text{ροής}} = 283,5 / 0,76 = 375 > 40 \checkmark$

Για το ύψος της δεξαμενής θα προστεθούν 0,5m στο ύψος ροής, δηλαδή:

$$H_{\text{tank}} = 0,7 + 0,5 = 1,2\text{m}$$

Έλεγχος ταχυτήτων ροής στα κανάλια:

$$v_{\text{av}} = Q_{\text{av_K22}} / (H \times W) = (1600 \text{ m}^3/\text{d}) / (0,7\text{m} \times 0,76\text{m}) = 3025 \text{ m/d} = 2,1 \text{ m/min} \geq 2 \checkmark$$

$$v_{\text{max}} = Q_{\text{max_K22}} / (H \times W) = (6000 \text{ m}^3/\text{d}) / (0,7\text{m} \times 0,76\text{m}) = 11344 \text{ m/d} = 7,9 \text{ m/min} \geq 2 \checkmark$$

Ικανότητα χλωριωτή:

$$\frac{MCl_{2\text{ενεργό}}}{\text{day}} = \frac{Q_{\text{max_K22}} \times C}{1000 \frac{L}{m^3}} = \frac{6000 \frac{m^3}{d} \times 8 \frac{mg}{L}}{1000 \frac{L}{m^3}} = 48 \text{ kg } Cl_{2,\text{ενεργό}}/\text{day}$$

Ημερήσια κατανάλωση χλωρίου:

$$\frac{MCl_{2\text{ενεργό}}}{\text{day}} = \frac{Q_{\text{av_K22}} \times C}{1000 \frac{L}{m^3}} = \frac{1600 \frac{m^3}{d} \times 8 \frac{mg}{L}}{1000 \frac{L}{m^3}} = 12,8 \text{ kg } Cl_{2,\text{ενεργό}}/\text{day}$$

Η οξειδωτική ικανότητα του NaClO μειώνεται με τον χρόνο, ακολουθώντας τη σχέση:

$$C = \frac{C_0}{1 + \frac{t}{t_{1/2}}}$$

όπου $t_{1/2}$ ο χρόνος στον οποίο η συγκέντρωση C του ενεργού χλωρίου σε χρόνο t μειώνεται στο μισό.

Ο χρόνος ημιζωής του ενεργού χλωρίου εξαρτάται από τη περιεκτικότητα του απολυμαντικού σε ενεργό χλωρίου και τη θερμοκρασία. Στον Πίνακα 20 παρουσιάζονται τυπικοί χρόνοι παραμονής για διάφορες συγκεντρώσεις στους 25°C.

Πίνακας 20

$Cl_{2,\text{ενεργό}}$	5% (w/w)	10%(w/w)	15%(w/w)
$t_{1/2} @ 25^\circ\text{C}$	790d	220d	100d

Το εμπορικό διάλυμα NaClO περιέχει συνήθως ενεργό χλώριο σε περιεκτικότητα 12 – 15%. Λαμβάνοντας 15% περιεκτικότητα σε ενεργό χλώριο, ο χρόνος ημιζωής είναι $t_{1/2} = 100\text{days}$.

Υποθέτοντας ότι η προμήθεια διαλύματος NaOCl γίνεται κάθε δυο εβδομάδες, η δόση πρέπει να υπολογιστεί ώστε τη τελευταία μέρα η συγκέντρωση του ενεργού χλωρίου να μη πέσει κάτω από 12.8kg /d.

Η δόση τη πρώτη ημέρα υπολογίζεται:

$$C = \frac{12.8 \text{ kg/d}}{1 + \frac{24d}{100d}} = 10,3 \text{ kg Cl}_{2,\text{ενεργό}}/\text{day}$$

Η ημερήσια μάζα διαλύματος NaClO περιεκτικότητας 15% σε ενεργό χλώριο είναι:

$$M_{NaClO} = \frac{10.3 \frac{\text{kg Cl}_{2,\text{ενεργό}}}{d} \times 100 \frac{\text{kg NaClO}}{d}}{15 \text{ kg Cl}_{2,\text{ενεργό}}} \cong 68,7 \frac{\text{kg NaClO}}{\text{day}}$$

Η πυκνότητα του διαλύματος που περιέχει 15% w/w $\text{Cl}_{2,\text{ενεργό}}$ στους 25 °C είναι 1,247 kg/L. Ο απαιτούμενος ημερήσιος όγκος διαλύματος NaClO με 15% (w/w) ενεργό χλώριο είναι :

$$V_{NaOCl} = (68,7 \text{ kg/d}) / 1,247 \text{ kg/L} \cong 55 \text{ L/d}$$

Για επάρκεια δυο εβδομάδων, η δεξαμενή αποθήκευσης του διαλύματος NaClO πρέπει να έχει όγκο: $V_{\text{tank_NaClO}} = 55\text{L/d} \times 14\text{d} = 770 \text{ L} = 0.77 \text{ m}^3$. Λαμβάνοντας ένα συντελεστή ασφαλείας 1,2 , ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης βρίσκεται:

$$V_{\text{tank_NaClO_sf}} = 0.77\text{m}^3 \times 1,2 \cong 0.9 \text{ m}^3$$

Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Χλωρίωσης	
Παράμετρος	Τιμή
Μήκος L(m)	31,5
Πλάτος W (m)	6,8
Βάθος ροής H(m)	0,7
Ύψος δεξαμενής H_{tank} (m)	1,2
Αριθμός Καναλιών	9
Χωρητικότητα δεξαμενής αποθήκευσης NaClO (m^3)	0.9
Εξοπλισμός	
Δοσομετρική αντλία διαφράγματος	✓
Υπερχειλιστής	✓

Βιβλιογραφία

1. Κορδέλας Γεωργιος, «Διαχείριση Λυμάτων και Βιολογικός Καθαρισμός στο πλαίσιο Λειτουργίας Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης σε Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης», Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Ιούνιος 2018, Πάτρα.
2. Κωνσταντίνος Β. Χρυσικόπουλος, Εισαγωγή στις Διεργασίες Νερού και Λυμάτων. Εκδόσεις Τζιόλα, 2018.
3. Metcald & Eddy. Μηχανική Υγρών Αποβλήτων. Εκδόσεις Τζιόλα, 2018.
4. Σημειώσεις μαθήματος Σχεδιασμός Περιβαλλοντικών Εγκαταστάσεων και Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων I