6 ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ 1
6.1 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ 1
6.1.1 Γενικά 1
6.1.2 Το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 1
6.1.2.1 Εισαγωγή 1
6.1.2.2 Η έννοια ανθεκτικότητας στο πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 2
6.1.3 Ενδεικτικές (ελάχιστες) κατηγορίες αντοχής 4
6.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ «ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΕΛ ΛΑΜΙΑΣ» 6
6.2.1 Κριτήρια 6
6.2.2 Κατηγοριοποίηση αναφορικά με την έκθεση στο περιβάλλον κατασκευών της ΕΕΛ 7
6.2.2.1 Παράθεση τμημάτων ΕΕΛ για τα οποία γίνεται έλεγχος 7
6.2.2.2 Απαιτούμενη ελάχιστη κατηγορία σκυροδέματος ανά κατασκευή 7
6.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ 9
6.3.1 Κανονισμοί – Βιβλιογραφία 9
6.3.2 Παραδοχές 10
6.3.2.1 Υλικά 10
6.3.2.2 Φορτία 10
6.3.2.3 Σεισμός 11
6.3.2.4 Έδαφος 11
6.3.3 Μεθοδολογία Στατικών Υπολογισμών 12
6.3.4 Φορτίσεις - Συνδυασμοί φορτίσεων 13
6.3.5 Σεισμός 14
6.3.6 Ελεγχος εύρους ρωγμής 17

6 ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ

6.1 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

6.1.1 Γενικά

Στα επόμενα παρατίθεται μια λεπτομερής ανάλυση με βάση την οποία καταλήγουμε στις απαιτούμενες ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ του έργου «Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων ΕΕΛ Λαμίας», δηλαδή στις ελάχιστες κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος, που απαιτούνται για λόγους ανθεκτικότητας σε διάρκεια (ωφέλιμη ή σκόπιμη ζωή) των κατασκευών.

Τα συμπεράσματα στηρίζονται :

- Στο Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 206, το οποίο βάσει της §7.2 του Τεύχους 4 των Τ.Δ. «Κανονισμός Μελετών Έργου» υποχρεωτικά τηρείται κατά την σύνταξη της Μελέτης Προσφοράς και κυρίως κατά την επιλογή των δομικών υλικών, που προσφέρονται.
- Στα δεδομένα του ΠΙΝΑΚΑ 1 (παράμετροι σχεδιασμού) του Τεύχους 3 των Τ.Δ. «Τεχνική Περιγραφή – Ειδικές Τεχνικές Προδιαγραφές», Κεφάλαιο Α, §4.1.

6.1.2 Το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1

6.1.2.1 Εισαγωγή

Ένας φορέας σχεδιάζεται και κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε με κατάλληλους βαθμούς αξιοπιστίας και κατά τρόπο οικονομικό :

- να αντιμετωπίζει όλες τις δράσεις και τις επιδράσεις, οι οποίες είναι πιθανόν να εμφανισθούν κατά την εκτέλεση και τη χρήση του, και
- να παραμένει κατάλληλος για τη χρήση, για την οποία απαιτείται κατά τη διάρκεια της σκοπούμενης (ωφέλιμης) ζωής του.

Σαν συνέπεια των δύο αυτών απαιτήσεων ένας φορέας πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να διαθέτει επαρκή:

- αντίσταση
- λειτουργικότητα
- ανθεκτικότητα

6.1.2.2 Η έννοια ανθεκτικότητας στο πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1

Ένας φορέας οφείλει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε η φθορά του κατά τη διάρκειας ζωής σχεδιασμού του να μην εξασθενεί την επιτελεστικότητα του φορέα κάτω από το επιδιωκόμενο επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη το περιβάλλον ή /και το αναμενόμενο επίπεδο συντήρησης.

Προκειμένου να σχεδιασθεί ένας φορέας με επαρκή ανθεκτικότητα, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα:

- η προοριζόμενη ή προβλεπόμενη χρήση του φορέα
- τα απαιτούμενα κριτήρια σχεδιασμού
- οι αναμενόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες
- η σύνθεση, οι ιδιότητες και η επιτελεστικότητα των υλικών και των προϊόντων
- οι ιδιότητες του εδάφους
- η επιλογή του φέροντος συστήματος
- το σχήμα των επιμέρους στοιχείων και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες
- η ποιότητα της εκτέλεσης των εργασιών και το επίπεδο ελέγχου
- τα εξειδικευμένα προστατευτικά μέτρα
- η σκοπούμενη συντήρηση κατά τη διάρκεια ζωής σχεδιασμού

Κατά τον σχεδιασμό μιας ΕΕΛ οι περιβαλλοντικές συνθήκες θα επισημαίνονται κατά το στάδιο του σχεδιασμού έτσι ώστε η σημασία τους να εκτιμηθεί σε σχέση με την ανθεκτικότητα και να ληφθούν επαρκή μέτρα για την προστασία των υλικών τα οποία χρησιμοποιούνται.

Η απαιτούμενη αντοχή του σκυροδέματος έναντι προσβολής εξαρτάται κυρίως από την πυκνότητα και την ποιότητα του σκυροδέματος (σύνθεση του σκυροδέματος - ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής) και τις περιβαλλοντικές συνθήκες .

Περιβαλλοντικές συνθήκες είναι οι χημικές και φυσικές συνθήκες στις οποίες η κατασκευή είναι εκτεθειμένη επιπροσθέτως των μηχανικών δράσεων.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες ταξινομούνται σύμφωνα με τον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 6.1 ο οποίος βασίζεται στο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 (Πίνακας 1)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Ενδεικτικά παραδείγματα κατηγοριών έκθεσης
1 Κανένας κίνδυνος διάβρωσης ή προσβολής		
XO	Για σκυρόδεμα χωρίς οπλισμό ή ενσωματωμένο μέταλλο. Όλες οι εκθέσεις με εξαίρεση τις περιπτώσεις παγετού (ψύξης/απόψυξης), απότριψης ή χημικής προσβολής. Για σκυρόδεμα με οπλισμό ή ενσωματωμένο μέταλλο. Πολύ ξηρό	Σκυρόδεμα στο εσωτερικό κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος
2 Διάβρωση προκαλούμενη από ενανθράκωση σκυροδέματος		
XC1	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα στο εσωτερικό κτιρίων με χαμηλή υγρασία αέρα Σκυρόδεμα που είναι μονίμως καλυμμένο με νερό
XC2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος που υπόκεινται σε μακροχρόνια επαφή με το νερό. Πολλές περιπτώσεις θεμελίων.
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα στο εσωτερικό κτιρίων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρα Εξωτερικό σκυρόδεμα που προφυλάσσεται από τη βροχή
XC4	Κυκλική εναλλαγή ύγρανσης - ξήρανσης	Επιφάνειες σκυροδέματος που υπόκεινται σε επαφή με το νερό, εκτός της κατηγορίας έκθεσης XC2
3 Διάβρωση προκαλούμενη από χλωριόντα διαφορετικά από αυτά του θαλασσινού νερού		
XD1	Μέτρια υγρασία	Επιφάνειες σκυροδέματος που εκτίθενται σε αερομεταφερόμενα χλωριόντα
XD2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Πισίνες Σκυρόδεμα που εκτίθεται σε βιομηχανικά νερά που περιέχουν χλωριόντα
XD3	Κυκλική εναλλαγή ύγρανσης - ξήρανσης	Μέρη γεφυρών που εκτίθενται σε σταγονίδια που περιέχουν χλωριόντα Πεζοδρόμια, δάπεδα, οδοστρώματα Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων
4 Διάβρωση προκαλούμενη από χλωριόντα θαλασσινού νερού		
XS1	Έκθεση σε αερομεταφερόμενα άλατα αλλά χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό	Κατασκευές κοντά ή πάνω στην ακτή
XS2	Μονίμως καλυμμένο με νερό	Μέρη θαλάσσιων κατασκευών
XS3	Περιοχές υποκείμενες σε παλίρροια ή διαβροχή από κύματα ή ψεκασμό από θαλασσινό νερό	Μέρη θαλάσσιων κατασκευών

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 (ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Ενδεικτικά παραδείγματα κατηγοριών έκθεσης
5. Προσβολή από παγετό (εναλλαγές ψύξης / απόψυξης) με ή χωρίς αντιπαγωτικά άλατα		
XF1	Μέτριος κορεσμός νερού, χωρίς αντιπαγωτικά άλατα	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος που εκτίθενται σε βροχή και παγετό
XF2	Μέτριος κορεσμός νερού, με αντιπαγωτικά άλατα	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος κατασκευών οδικών έργων, που εκτίθενται σε παγετό και σε αερομεταφερόμενα αντιπαγωτικά άλατα
XF3	Υψηλός κορεσμός νερού, χωρίς αντιπαγωτικά άλατα	Οριζόντιες επιφάνειες σκυροδέματος που εκτίθενται σε βροχή και παγετό
XF4	Υψηλός κορεσμός νερού, με αντιπαγωτικά άλατα ή θαλασσινό νερό	Οδοστρώματα και καταστρώματα γεφυρών που εκτίθενται σε παγετό και σε άμεση δράση αντιπαγωτικών αλάτων Επιφάνειες σκυροδέματος που εκτίθενται σε παγετό και σε άμεσο ψεκασμό με αντιπαγωτικά άλατα Περιοχές θαλάσσιων κατασκευών που διαβρέχονται από θαλασσινό νερό και εκτίθενται σε παγετό
6. Χημική προσβολή		
XA1	Ελαφρώς διαβρωτικό χημικά περιβάλλον, σύμφωνα με το ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1, Πίνακας 2	
XA2	Μετρίως διαβρωτικό χημικά περιβάλλον, ,σύμφωνα με το ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1, Πίνακας 2	
XA3	Ισχυρά διαβρωτικό χημικά περιβάλλον, σύμφωνα με το ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1, Πίνακας 2	

6.1.3 Ενδεικτικές (ελάχιστες) κατηγορίες αντοχής

Η επιλογή επαρκώς ανθεκτικής σε διάρκεια κατηγορίας σκυροδέματος για την προστασία του οπλισμού από διάβρωση και προστασία από βλάβες στο σκυρόδεμα λαμβάνεται από τον ΠΙΝΑΚΑ Ε.Π ΣΤ.1 (σελ.95) του ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 .

Ο πίνακας δίνεται στην επόμενη σελίδα :

Πίνακας Ε.Π. ΣΤ.1 - Οριακές τιμές σύνθεσης, ιδιοτήτων σκυροδέματος και επικάλυψης για ανθεκτικότητα (ισχύει για όλους τους τύπους τσιμέντων πλην όπου άλλως δείχνεται)

		Κατηγορίες έκθεσης																											
		Χωρίς κίνδυνο διά-βρωσης ή προ-σβολής	Διάβρωση λόγω ενανθράκωσης				Διάβρωση λόγω χλωριόντων											Προσβολή από ψύξη απόψυξη						Χημική προσβολή			Τριβή / Απάτριψη		
							θαλασσινό νερό								Χλωριόντα που δεν προέρχονται από θαλασσινό νερό														
							Τσιμέντα II. III. IV (Εκτός II/B-LL)					Τσιμέντα I (+ II/ B- LL)																	
	Κατηγορία έκθεσης	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1		XS2		XS3	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
1	max N/T	-	0.65	0.60	0.55	0.50	0.50		0.50		0.45	0.50	0,50	0.45	0.55	0.50	0,45	0,55	0.55	0.50	0.55	0.50	0,50	0.55	0.50	0.45	0.50	0,45	0.40
2	min κατηγορία αντοχής	C 12/15	C 20/25	C 25/30	C 25/30	C 30/37	C 25/30	C 26/32	C 25/30	C 26/32	C 30/37	C 30/37	C 30/37	C 35/45	C 30/37	C 32/40	C 35/45	C 28/35	C 25/30	C 32/40	C 25/30	C 35/45	C 30/37	C 28/35	C 30/37	C 35/45	C 35/45 (C 32/40)	C40/50 (C35/45)	C50/60 (C45/55)
3	min περιεκτικότητα ΟΕτσιμέντο kg/m^3	–	280	300	300	320	330	330	330	330	350	330	330	350	330	330	350	320	300	320	300	320	320	320	340	360	320 (300)	340 (320)	360 (320)
4	min επικάλυψη για ανθεκτικότητα$^{\gamma}$ mm		25	25	35	35	45	40	45	40	50	40	40	50	35	40	50							35	35	35			
s	min περιεκτικότητα σε αέρα (%)	–	-	-	-	-	-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	4.0$^{\alpha}$	-	4.0°	-	4.0$^{\alpha}$	-	-	-			
6	Άλλες απαιτήσεις	Σημ.: Άοπλο σκυρόδεμα					Σημ.: Παραθαλάσσιο 1.5		Σημ.: Μόνιμα μέσα στη θάλασσα		Σημ.: Διαβρεχόμενες ζώνες							Αδρανή σύμφωνα με prEN 12620: 2000 με ικανοποιητική αντοχή σε παγετό							Τσιμέντο ανθεκτικό σε θειικά $^{\beta}$		LA ≤27 (LA≤20)	LA ≤ 25 (LA≤20)	LA≤22 (LA≤20)

α Όταν δεν εγκλωβίζεται σκόπιμα αέρας στο σκυρόδεμα, η επιτελεστικότητα του σκυροδέματος ελέγχεται με κατάλληλη μέθοδο σε σύγκριση με σκυρόδεμα του οποίου η αντοχή σε ψύξη/απόψυξη για την αντίστοιχη κατηγορία έκθεσης είναι αποδεδειγμένη.

β Όταν η ύπαρξη SO_4^2 οδηγεί σε κατηγορία XA2 και XA3, τότε είναι απαραίτητη η χρήση τσιμέντου ανθεκτικού σε θειικά. Εφόσον γίνεται ταξινόμηση τσιμέντου σε σχέση με την ανθεκτικότητα σε θειικά, κατηγορία XA2 (και για την κατηγορία XA1 εφόσον είναι εφαρμόσιμο) πρέπει να χρησιμοποιείται τσιμέντο με μέση ή υψηλή ανθεκτικότητα σε θειικά και για κατηγορία XA3 πρέπει να χρησιμοποιείται τσιμέντο με υψηλή ανθεκτικότητα σε θειικά.

γ Οι τιμές της επικάλυψης αφορούν οπλισμένο σκυρόδεμα.

6.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ «ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΕΛ ΛΑΜΙΑΣ»

6.2.1 Κριτήρια

Η κατηγοριοποίηση του σκυροδέματος (από πλευράς έκθεσης στο περιβάλλον) ανά δομικό στοιχείο του παραπάνω έργου έχει να κάνει με τον τύπο της διάβρωσης ή προσβολής στην συγκεκριμένη κατασκευή, που μπορεί να προκληθεί είτε από τα λύματα (και τα συστατικά τους) είτε από το εγγύς περιβάλλον (π.χ. θάλασσα).

Σε μια ΕΕΛ διακρίνουμε βασικά , τις ακόλουθες κατηγορίες έκθεσης (βλ.ΠΙΝΑΚΕΣ 6.1 και Ε.Π.ΣΤ.1) :

- Διάβρωση προκαλούμενη από ενανθράκωση σκυροδέματος (περιβάλλον υγρό, σπανίως ξηρό κατηγορία XC2)
- Διάβρωση προκαλούμενη από χλωριόντα διαφορετικά από αυτά του θαλασσινού νερού (περιβάλλον υγρό, σπανίως ξηρό κατηγορία XD2)
- Διάβρωση προκαλούμενη από χλωριόντα θαλασσινού νερού (περιβάλλον μονίμως καλυμμένο με νερό κατηγορία XS2)
- Χημική προσβολή (περιβάλλον μετρίως διαβρωτικό χημικά κατηγορία XA2). Η χημική προσβολή στην περίπτωση των δημοτικών λυμάτων έχει να κάνει κυρίως με το αμμωνιακό άζωτο που υπάρχει στα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα.

Φυσικά, μια κατασκευή μπορεί να εμπίπτει σε περισσότερους από δύο διαβρωτικούς παράγοντες. Στην περίπτωση αυτή εκτιμάται ο κύριος διαβρωτικός παράγοντας, που θίγει την κατασκευή και η κατάταξη γίνεται με βάση αυτόν.

Επίσης , στην περίπτωση που τμήματα (ή η ανωδομή) μιας μονάδας κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες σκυροδέματος, θα πρέπει να εφαρμόζεται η υψηλότερη ποιότητα σκυροδέματος στο σύνολο του φορέα (βλ. Τεύχος 4 «Κανονισμός Μελετών έργου» §7.3.1)

6.2.2 Κατηγοριοποίηση αναφορικά με την έκθεση στο περιβάλλον κατασκευών της ΕΕΛ

6.2.2.1 Παράθεση τμημάτων ΕΕΛ για τα οποία γίνεται έλεγχος

Οι κατασκευές (τμήματα) της ΕΕΛ Λαμίας, για τις οποίες επιβάλλεται έλεγχος έκθεσης στο περιβάλλον και κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τον ΠΙΝΑΚΑ Ε.Π. ΣΤ.1 του Ελληνικού προτύπου ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 είναι οι ακόλουθες (σε παρένθεση οι μονάδες στις οποίες ανήκουν) .

- Υφιστάμενη μονάδα απολύμανσης
- Μονάδα κροκίδωσης
- Μονάδα διήθησης
- Δεξαμενή αποθήκευσης τριτοβάθμιων εκροών
- Σχετικοί οικίσκοι

6.2.2.2 Απαιτούμενη ελάχιστη κατηγορία σκυροδέματος ανά κατασκευή

Με βάση όσα εκτέθηκαν προηγουμένως στον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 6.2 προσδιορίζονται οι ελάχιστες κατηγορίες σκυροδέματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2
ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ / ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΑΝΗΚΕΙ ΣΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΩΝ	ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	ΠΑΡΟΥΣΙΑ NH4-N	ΚΥΡΙΟΣ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΩΝ	ΚΑΤΑΤΑΞΗ (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ
ΠΛΑΚΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ Α.Τ.Φ.	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΛΟΓΩ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ	XD2	C32/40
ΜΟΝΑΔΑ ΚΡΟΚΙΔΩΣΗΣ	ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΛΟΓΩ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ	XD2	C32/40
ΜΟΝΑΔΑ ΔΙΗΘΗΣΗΣ	ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΛΟΓΩ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ	XD2	C32/40
ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΚΡΟΩΝ	ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΛΟΓΩ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ	XD2	C32/40
ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΟΙΚΙΣΚΟΙ	ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΛΟΓΩ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ	XD2	C32/40

6.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

6.3.1 Κανονισμοί – Βιβλιογραφία

- Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ.) 2000
- Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ.), 2000 - 2004
- Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος, (Κ.Τ.Σ.) 1997
- Κανονισμός φορτίσεων δομικών έργων (1946)
- Κανονισμός τσιμέντου για έργα από σκυρόδεμα (ΦΕΚ 69Α/28-4-1980)

Επειδή οι ισχύοντες Ελληνικοί Κανονισμοί δεν καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες μελέτης και διαστασιολογήσεως κατασκευών βιολογικού καθαρισμού λυμάτων, ελήφθησαν υπόψη διατάξεις και άλλων διεθνών κανονισμών και συναφής μεθοδολογία μελέτης από έγκυρες διεθνείς βιβλιογραφικές παραπομπές, όπως:

- DIN 1045: Γερμανικοί Κανονισμοί για το Απλούν και Οπλισμένο Σκυρόδεμα.
- EN 1991 (EC1) Ευρωκώδικας 1 – Βάσεις σχεδιασμού και δράσεις
- EN 1992 (EC2) Ευρωκώδικας 2 – Δομικές κατασκευές εξ'οπλισμένου σκυροδέματος
- EN 1993 (EC3) Ευρωκώδικας 3 – Κτιριακές κατασκευές εκ δομικού χάλυβα
- Code of Practice for the Structural Use of Concrete for Retaining Aqueous Liquids, Βρετανικός Κανονισμός BS 5337
- Concrete Sanitary Engineering Structures, ACI 350R-83, Εκθεση Επιτροπής 350 Αμερικανικού Ινστιτούτου Σκυροδέματος (ACI)
- Sanitary Structures - Tanks and Reservoirs, Handbook of Concrete Engineering, Chapter 18, Mark Fintel (ed), Van Nostrand, 1985
- Κ.Γ. Τρέζος, Οι Απαιτήσεις Λειτουργικότητας στον Νέο Κανονισμό Ω.Σ. Μέρος 1ο, Ρηγμάτωση, Δελτίο του ΣΠΜΕ, Σεπτ.-Οκτ. 93
- Abbett, American Civil Engineering Practice, John Wiley, 1957
- H.M. Westergaard, Water Pressures on Dams During Earthquakes, ASCE Proceedings, Nov. 1931

- Jacobsen, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 39, No 3, p. 189-204 Circular Concrete Tanks Without Prestressing, Portland Cement Association
- Μ.Σκαρλάτος, Τοιχώματα Αντιστηρίξεως Δεξαμενών και Υπογείων, Μια πιο Ακριβής Λύση, 6ο Συνέδριο Σκυροδέματος, Γιάννενα, 1983
- M. Westergaard, New Formulas for Stresses in Concrete Pavements of Airfields, A.S.C.E. Proceedings, May 1947
- R.D. Anchor, Design of Liquid - Retaining Structures, Surrey University Press, Scotland
- Beton Kalender – 1969

6.3.2 <u>Παραδοχές</u>

6.3.2.1 Υλικά

➢ Σκυρόδεμα γενικά	C32/40
➢ Μέτρο ελαστ. σκυροδέματος	$2,8X10^6$ t/m^2
➢ Μέτρο ελαστ. ρηγματωμένου σκυροδέματος	$2,1X10^6$ t/m^2
➢ Χάλυβας οπλισμού	S 500
➢ Επικάλυψη οπλισμού	4,00 εκ.
➢ Μέτρο ελαστικότητας χάλυβα	$20X10^6$ t/m^2

6.3.2.2 Φορτία

➢ Ιδιον βάρος σκυροδέματος	2500 kg/m^3
➢ Ιδιον βάρος γαιών	1800 kg/m^3
➢ Επιφόρτιση εδάφους	1000 kg/m^2
➢ Ειδικό βάρος λυμάτων	1000 kg/m^3
➢ Επικάλυψη δωμάτων κτιρίων	200 kg/m^2
➢ Κινητό φορτίο δωμάτων	200 kg/m^2

- Επικάλυψη ορόφων κτιρίων 150 kg/m^2
- Κινητό φορτίο ορόφων κτιρίων 350 kg/m^2
- Κινητό φορτίο οροφών δεξαμενών 1000 kg/m^2
- Κινητό φορτίο δαπέδων ισογείου 1000 kg/m^2
- Κινητό φορτίο χιονιού 80 kg/m^2
- Κινητό φορτίο ανέμου 125 kg/m^2

6.3.2.3 Σεισμός

- Σεισμική επιτάχυνση εδάφους Ζώνη ΙΙ - α=0,24
- Κατηγορία εδάφους Β (Τ2= 0,6 sec)
- Απόκριση φάσματος ΕΑΚ βο(Τ) = 2,5
- Συντελεστής θεμελίωσης δεξαμενών θ = 0,90
- Συντελεστής συμπεριφοράς δεξαμενών q = 1,50
- Συντελεστής συμπεριφοράς κτιρίων q = 1,50

6.3.2.4 Έδαφος

- Επιτρεπόμενη τάση εδάφους εν γένει 1,5 kg/cm^2
- Ελαστική σταθερά εδάφους 2,0 kg/cm^2/cm
- Συντελεστής ενεργητικής ώθησης 0,33
- Συντελεστής ωθήσεων ηρεμίας 0,50

6.3.3 Μεθοδολογία Στατικών Υπολογισμών

Η στατική ανάλυση γενικά και η διαστασιολόγηση έγιναν με βάση το νέο Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ. - υπολογισμός με συνολική αντοχή), και τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ). Για δεξαμενές και φρεάτια ο υπολογισμός έγινε με βάση πινακοποιημένες λύσεις και κλασικές μεθόδους στατικής.

Στις μεγάλης εκτάσεως δεξαμενές ορθογωνικής κατόψεως δημιουργούνται αρμοί διαστολής, για να αποφευχθεί ο υπερβολικός οπλισμός στην πλάκα του πυθμένα της δεξαμενής σε επαφή με το έδαφος. Οι αποστάσεις του έργου ανάμεσα σε αρμούς με κατ' εκτίμηση συντελεστές τριβής ~0,75 περιορίζονται στην τάξη μεγέθους των 20 μ.-25 μ. Στα σημεία του αρμού αποσυνδέονται τελείως τα δυο γειτονικά τμήματα της δεξαμενής, δηλαδή η πλάκα πυθμένα και οι παρειές.

Η διαστασιολόγηση των δεξαμενών που περιέχουν υγρά γίνεται κυρίως με κριτήριο την αποφυγή της ρηγμάτωσης σε κατάσταση λειτουργίας. Ο υπολογισμός των οπλισμών έγινε με τη μέθοδο της συνολικής αντοχής, σύμφωνα με το Νέο Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος. Ομως, ελήφθη υπόψη ενιαίος συντελεστής ασφαλείας για όλες τις φορτίσεις (πλην του σεισμού) ίσος προς 1,75, ούτως ώστε τα εντατικά μεγέθη από όλες τις φορτίσεις, συμπεριλαμβανομένων και των θερμοκρασιακών μεταβολών, να ανάγονται σε κατάσταση λειτουργίας και οι τάσεις του χάλυβα να είναι της τάξεως των 2000 kg/cm^2. Η παραπάνω πρακτική ακολουθείται διεθνώς και αποτελεί προδιαγραφή των αμερικανικών κανονισμών ACI 350 (βλέπε Mark Fintel, "Handbood of Concrete Engineering" κεφ. 18, Sanitary Structures - Tanks and Reservoirs σελ. 663-686). **Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή προβλέπεται αύξηση κατά 30% των βασικών συντελεστών ασφαλείας των φορτίσεων**. Ετσι, με βάση τον Νέο Ελληνικό Κανονισμό Σκυροδέματος, ο βασικός συντελεστής ασφαλείας 1,35 για μόνιμες φορτίσεις και φορτίσεις ρευστών ελεγχόμενης στάθμης προσαυξάνεται κατά 30% και γίνεται 1,75. Διατηρούνται πάντα οι συντελεστές ασφαλείας των υλικών 1,5 για το σκυρόδεμα και 1,15 για τον χάλυβα.

Το σκυρόδεμα των κύριων δεξαμενών θα δονηθεί κατάλληλα ώστε να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα στο σκυρόδεμα για να αυξηθεί στο μέγιστο ο βαθμός στεγανότητας του σκυροδέματος. Επιπλέον, κρίνεται σκόπιμο να προστεθεί στο σκυρόδεμα πλαστικοποιητικό για να αυξηθεί η ρευστότητά του, ώστε να μην απαιτηθεί δόνηση μεγάλης διάρκειας, πράγμα που θα προκαλούσε διαχωρισμό των βαρέων σκύρων από τα ελαφρύτερα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη πυκνότητα του σκυροδέματος.

6.3.4 Φορτίσεις - Συνδυασμοί φορτίσεων

Για τις δεξαμενές ελήφθησαν υπόψη οι εξής περιπτώσεις φορτίσεων:

1. Το ίδιον βάρος των δεξαμενών (τοιχωμάτων και πυθμένα) συμπεριλαμβανομένων και τυχόν πρόσθετων μόνιμων φορτίων.
2. Υδροστατική πίεση.
3. Ωθήσεις γαιών, ενεργητικές ωθήσεις για ορθογωνικές δεξαμενές, ωθήσεις ηρεμίας για τις κυκλικές και επιφόρτιση 1000 kg/m^2.
4. Σεισμός 54% στο τοίχωμα και πρόσθετη υδροδυναμική πίεση νερού, υπολογιζόμενη κατά Westergaard.
5. Σεισμικές ωθήσεις γαιών κατά ΝΕΑΚ.
6. Θερμοκρασιακή μεταβολή.

Η θερμοκρασία των λυμάτων στις δεξαμενές είναι σχετικά σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και κυμαίνεται σύμφωνα με τις σχετικές μετρήσεις μεταξύ 15-20° C, το χειμώνα και το καλοκαίρι αντίστοιχα. Επιπλέον, μικρό ή μεγάλο μέρος των τοιχωμάτων τους είναι υπό επίχωση, η δε θερμοκρασία του εδάφους είναι 10-15° C (χειμώνα - καλοκαίρι). Σαν αποτέλεσμα έχουμε μια σχετικά μικρή επίδραση των συστολών - διαστολών στον πυθμένα, όπου και αυτές θα προκαλούσαν μεγάλες εντάσεις. Οι συστολές και διαστολές του τοιχώματος δεν προκαλούν σημαντική ένταση (εκτός από την περιοχή της βάσεως).

Η θερμοκρασία του αέρα λαμβάνεται 2° C το χειμώνα και 37° C το καλοκαίρι. Στην παρούσα μελέτη αυτή λαμβάνεται ως διαφορά θερμοκρασίας (συστολή - διαστολή) 1° C για τμήματα του τοιχώματος ανεπίχωτα και 5° C για τμήματα υπό επίχωση και τον πυθμένα.

Δημιουργούνται περιβάλλουσες των εντατικών μεγεθών για τους εξής συνδυασμούς φορτίσεων:

1. Μόνιμα φορτία (Χ1,75) + υδροστατική πίεση (Χ1,75) + θερμοκρασία (Χ1,75).
2. Μόνιμα φορτία (Χ1,75) + ωθήσεις γαινών (Χ1,75).
3. Μόνιμα φορτία (Χ1,0) + υδροστατική πίεση (Χ1,0) + σεισμός (Χ1,0).
4. Μόνιμα φορτία (Χ1,0) + υδροστατική πίεση (Χ 1,0) + σεισμικές ωθήσεις γαινών (Χ1,0).

Για το σχηματισμό της περιβάλλουσας, το ίδιο βάθος της δεξαμενής λαμβάνεται ως μόνιμη φόρτιση, οι θερμοκρασιακές μεταβολές λαμβάνονται με εναλλασσόμενο πρόσημο, και η υδροστατική πίεση και οι ωθήσεις γαιών ως κινητή φόρτιση, δηλ. λαμβάνονται υπόψη όπου δρουν δυσμενώς.

6.3.5 <u>Σεισμός</u>

Ο έλεγχος των εγκαταστάσεων σε σεισμό έγινε σύμφωνα με τον σύγχρονο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ) του 2004, ο οποίος ενσωματώνει όλες τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της αντισεισμικής προστασίας των κατασκευών.

Σύμφωνα με το νέο κανονισμό, ο σεισμικός συντελεστής για τις δεξαμενές προκύπτει ίσος με 0,54 ως εξής:

1. Σεισμική επιτάχυνση εδάφους α = 0,24 (Ζώνη ΙΙ)
2. Κταηγορία εδάφους Β (T_2 = 0,6 sec)
3. Συντελεστής θεμελιώσεως 0,9 (γενική κοιτόστρωση)

4. Συντελεστής αποσβέσεως 1,0
5. Συντελεστής σπουδαιότητας 1,15
6. Απόκριση φάσματος β_o (T) = 2,5
7. Συντελεστής συμπεριφοράς q = 1,0.

ε = 0,24 X 0,9 X 1,0 X 1,0 X 2,5 X 1,15/1 = 0,54

Οι κυκλικές δεξαμενές, καθώς και οι κλειστές ορθογωνικής κατόψεως, είναι κατασκευές εξαιρετικά άκαμπτες, όπου δεν είναι δυνατή η δημιουργία ελαστοπλαστικού μηχανισμού κατά τη διάρκεια του σεισμού. Κατά συνέπεια, ο συντελεστής συμπεριφοράς πρέπει να ληφθεί ίσος με 1,0. Επίσης, λόγω της μεγάλης ακαμψίας, η θεμελιώδης περίοδος ταλαντώσεως του συστήματος δεξαμενής - νερού είναι μικρή. Ο αξιόπιστος υπολογισμός της θεμελιώδους συχνότητας ταλαντώσεως είναι πολύπλοκος, γι' αυτό και ελήφθη δυσμενώς, ως απόκριση φάσματος Ε.Α.Κ., η μεγίστη τιμή 2,5.

Στη φόρτιση του σεισμού λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράγοντες:

1. Δράση του σεισμού επί της ιδίας της κατασκευής. Λαμβάνεται οριζόντιο φορτιο ίσο με το 54% των μονίμων και κινητών κατακόρυφων φορτίων που δρουν στη δεξαμενή.

2. Υδροδυναμική πίεση νερού: Αυτή εκτιμήθηκε κατά Westergaard. Η σεισμική επιτάχυνση της συμπαλλόμενης μάζας του νερού λαμβάνεται ίση με 54% και η κατανομή της θεωρείται παραβολική κατά Westergaard, όπως συνοπτικά αναπτύσσεται στα επόμενα.

Η υδροδυναμική πίεση σε σημείο p = 7/8 H_y γ a ε, όπου

H = το ύψος του υγρού

γ = το ειδικό βάρος του υγρού

a = μειωτικός συντελεστής

ε = σεισμικός συντελεστής

y = απόσταση του σημείου από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

Η δύναμη αυτή μειώνεται όταν το μήκος L του νερού πίσω από το τοίχωμα είναι μικρότερο από 3H. (Βλέπε ABBETT, "American Civil Engineering Practice", John Wiley, 1957).

Ετσι για L/H = 2 a = 0,9

για L/H = 1 a = 0,65

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν για ευθύγραμμα τοιχώματα μεγάλου μήκους. Χρησιμοποιούνται προσεγγιστικά και στη σεισμική φόρτιση των δεξαμενών της παρούσας μελέτης.

Η σεισμική ώθηση γαιών λαμβάνεται με τραπεζοειδή κατανομή, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΝΕΑΚ κατά Mononobe - Okabe.

Ο σεισμικός συντελεστής για τα κτίρια προκύπτει ίσος προς 0,17 ως εξής:

1. Σεισμική επιτάχυνση εδάφους α = 0,24 (Ζώνη ΙΙΙ)
2. Κατηγορία εδάφους Β (T_2 = 0,6 sec)
3. Συντελεστής θεμελιώσεως 1,0
4. Συντελεστής αποσβέσεως 1,0
5. Συντελεστής σπουδαιότητας 1,0
6. Συντελεστής συμπεριφοράς q = 1,5
7. Απόκριση φάσματος β_o (T) = 2,5

ε = 0,24 X 1,0 X 1,0 X 1,0 X 2,5/1,5 = 0,39

6.3.6 Ελεγχος εύρους ρωγμής

Έγινε έλεγχος του μεγίστου εύρους ρωγμής. Ως μέγιστο επιτρεπόμενο εύρος ρωγμής ελήφθησαν τα 0,2 χλστ. και αυξήθηκαν οι απαιτούμενοι οπλισμοί ούτως ώστε το εύρος αυτό να μην υπερβαίνεται. Δεν ελήφθη υπόψη ο σεισμός. Ο έλεγχος του εύρους ρωγμής έγινε σε δυσμενή σημεία των δεξαμενών και για το δυσμενέστερο συνδυασμό φορτίσεων λειτουργίας.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2014

Ο ΣΥΝΤΑΞΑΣ Ο ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ ΤΟΥ ΑΝΑΔΟΧΟΥ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ Δ. ΓΟΥΝΑΡΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Δ.Η.Θ.
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ 68049
ΒΥΡΩΝΟΣ 22 ΧΑΛΚΙΔΑ Τ.Κ. 34100
ΤΗΛ. 22210 75543 ΚΙΝ. 694 5554261
Α.Φ.Μ. 046607362 Δ.Ο.Υ. ΧΑΛΚΙΔΑΣ

Π. ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ