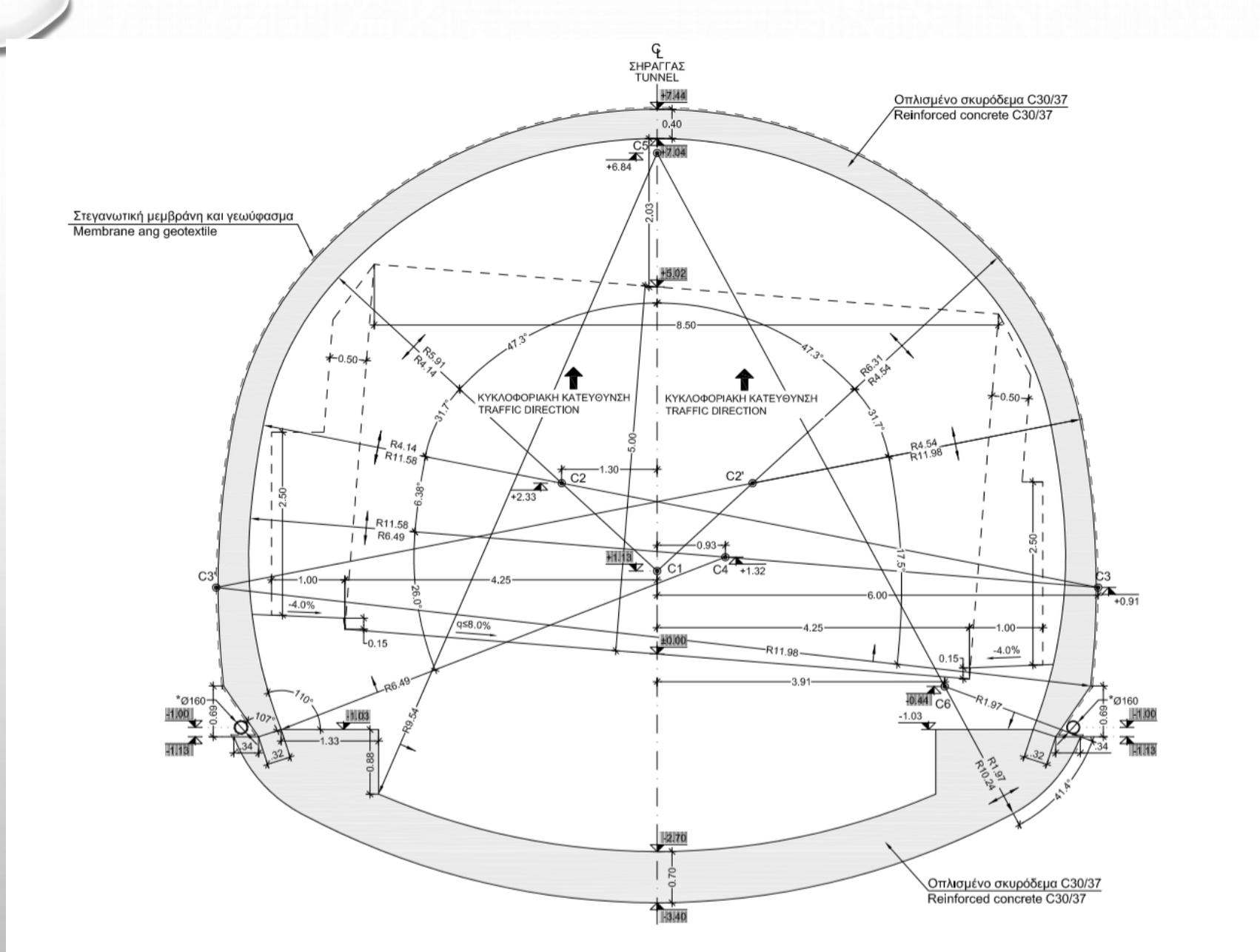
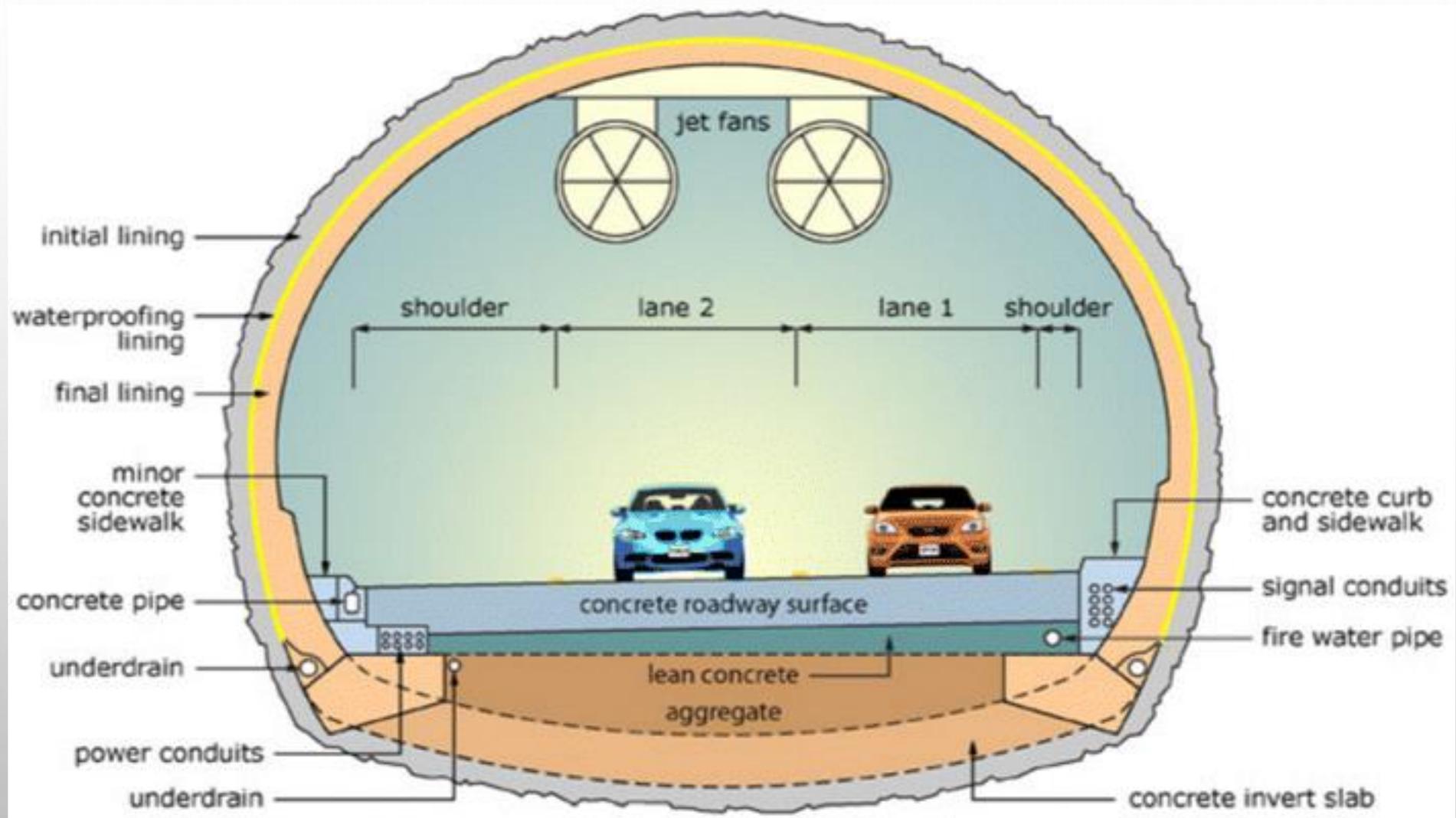


# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ - ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

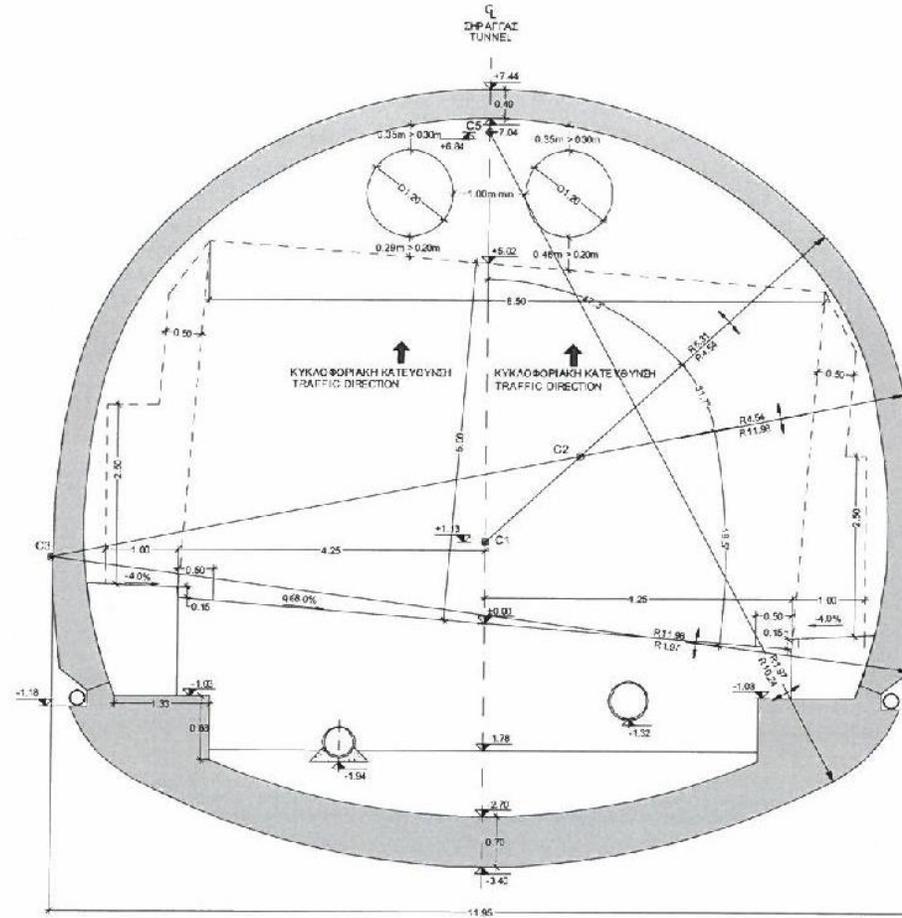




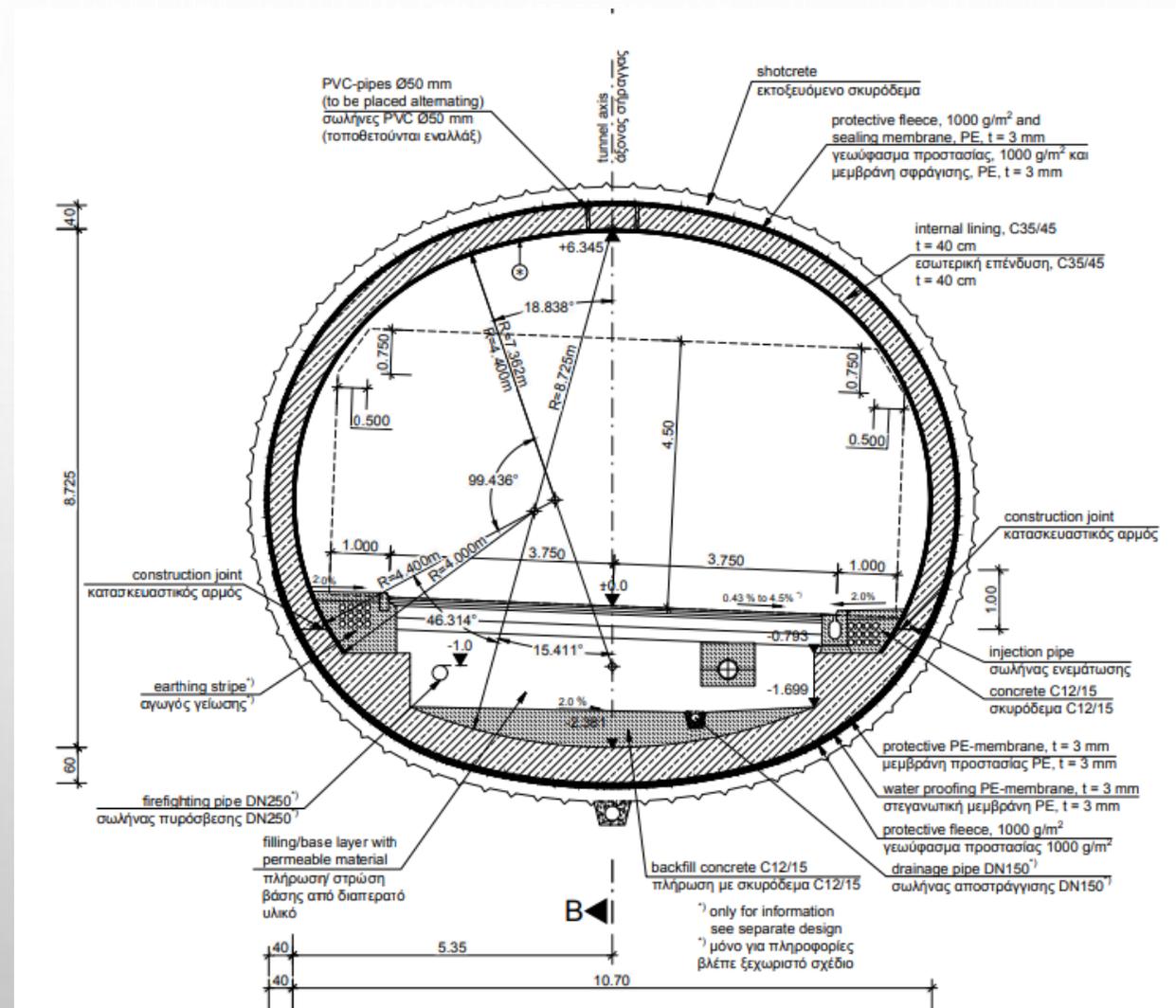




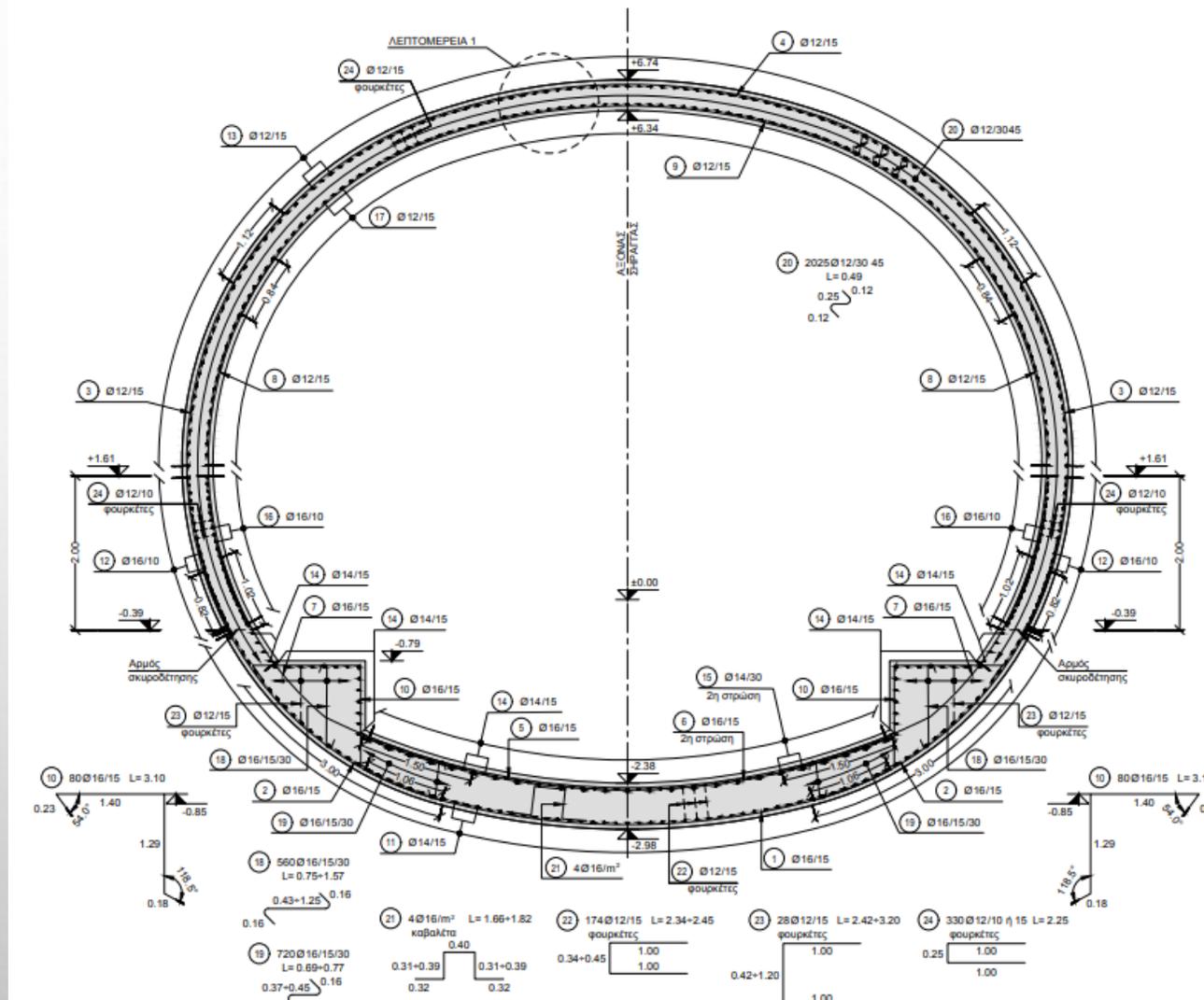
# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΚΛΕΙΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ



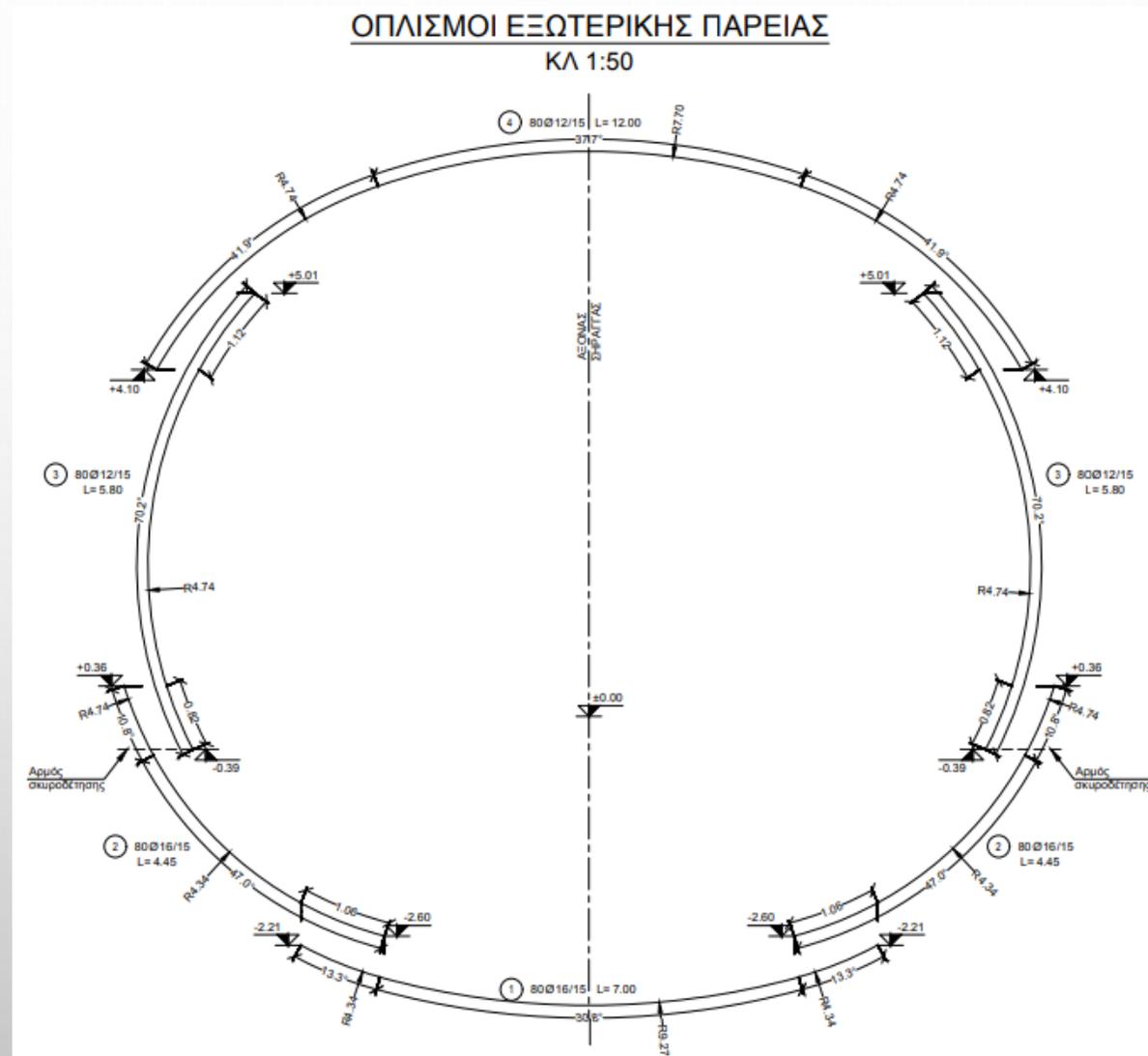
# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΚΛΕΙΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ



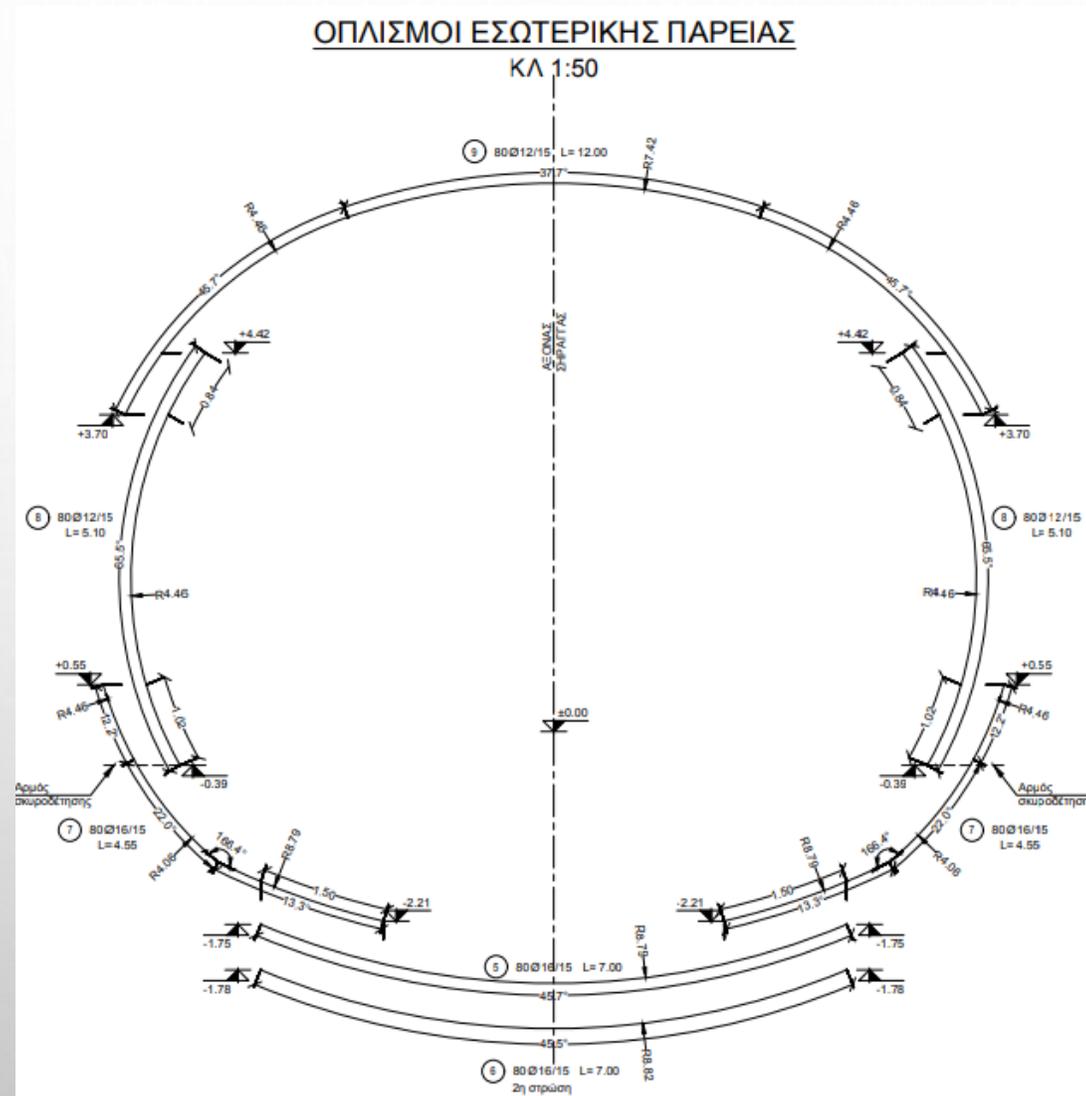
# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΟΠΛΙΣΜΟΙ



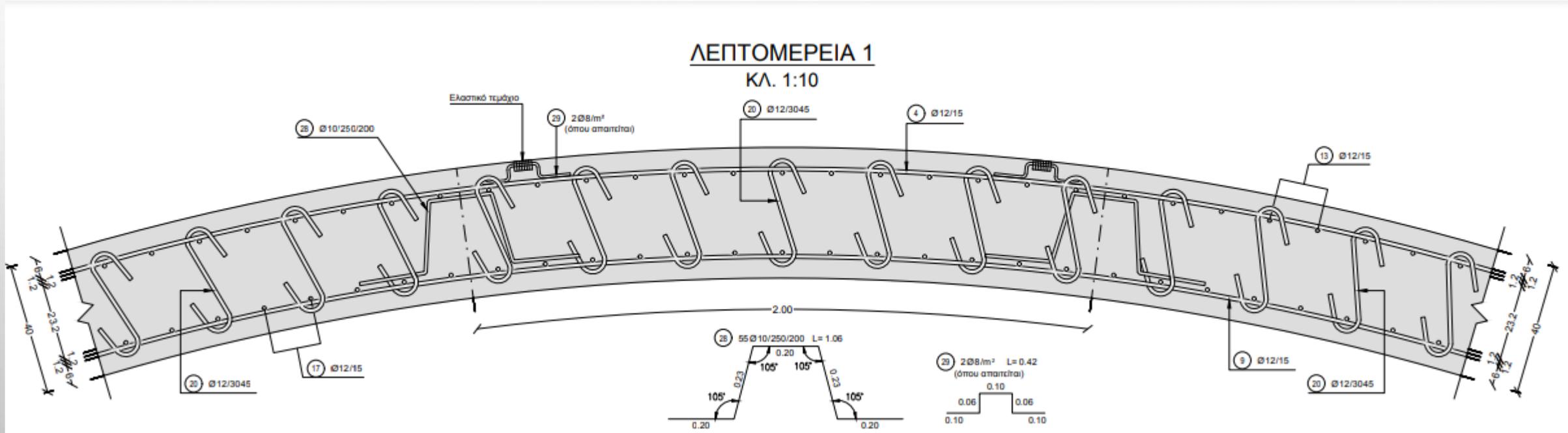
# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΟΠΛΙΣΜΟΙ



# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΟΠΛΙΣΜΟΙ



# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΟΠΛΙΣΜΟΙ



# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΚΛΕΙΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ



# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΚΛΕΙΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ



# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΤΒΜ



# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΤΒΜ



# ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ – ΤΒΜ



# ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ



# ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ (ΓΕΩΥΦΑΣΜΑ – ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΗ)



# ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ (ΓΕΩΥΦΑΣΜΑ – ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΗ)



# ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ (ΓΕΩΥΦΑΣΜΑ – ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΗ)



# ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ (ΓΕΩΥΦΑΣΜΑ – ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΗ)



# ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ (ΓΕΩΥΦΑΣΜΑ – ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΗ)



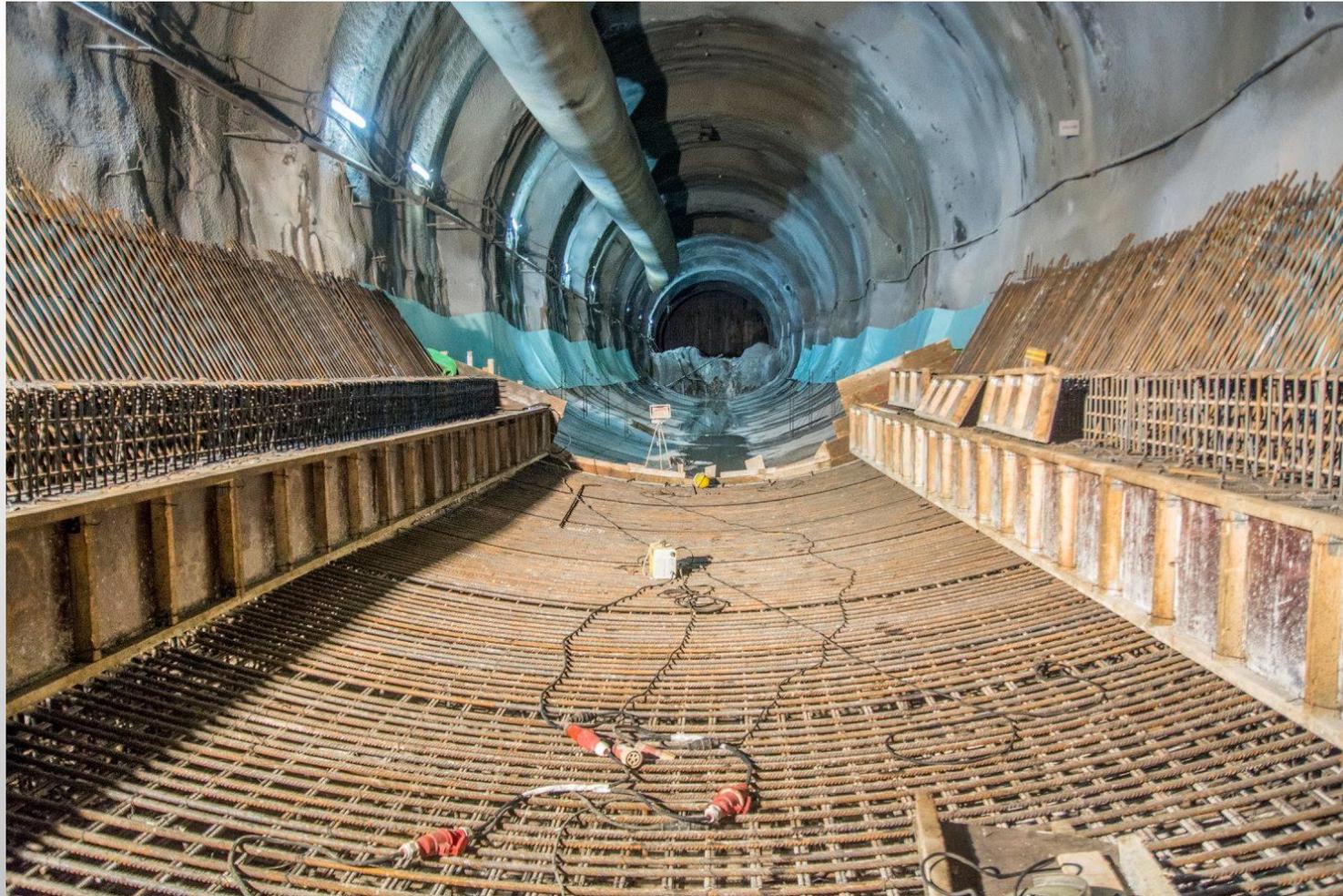
# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ - ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ - ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ - ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ - ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΩΝ



# ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



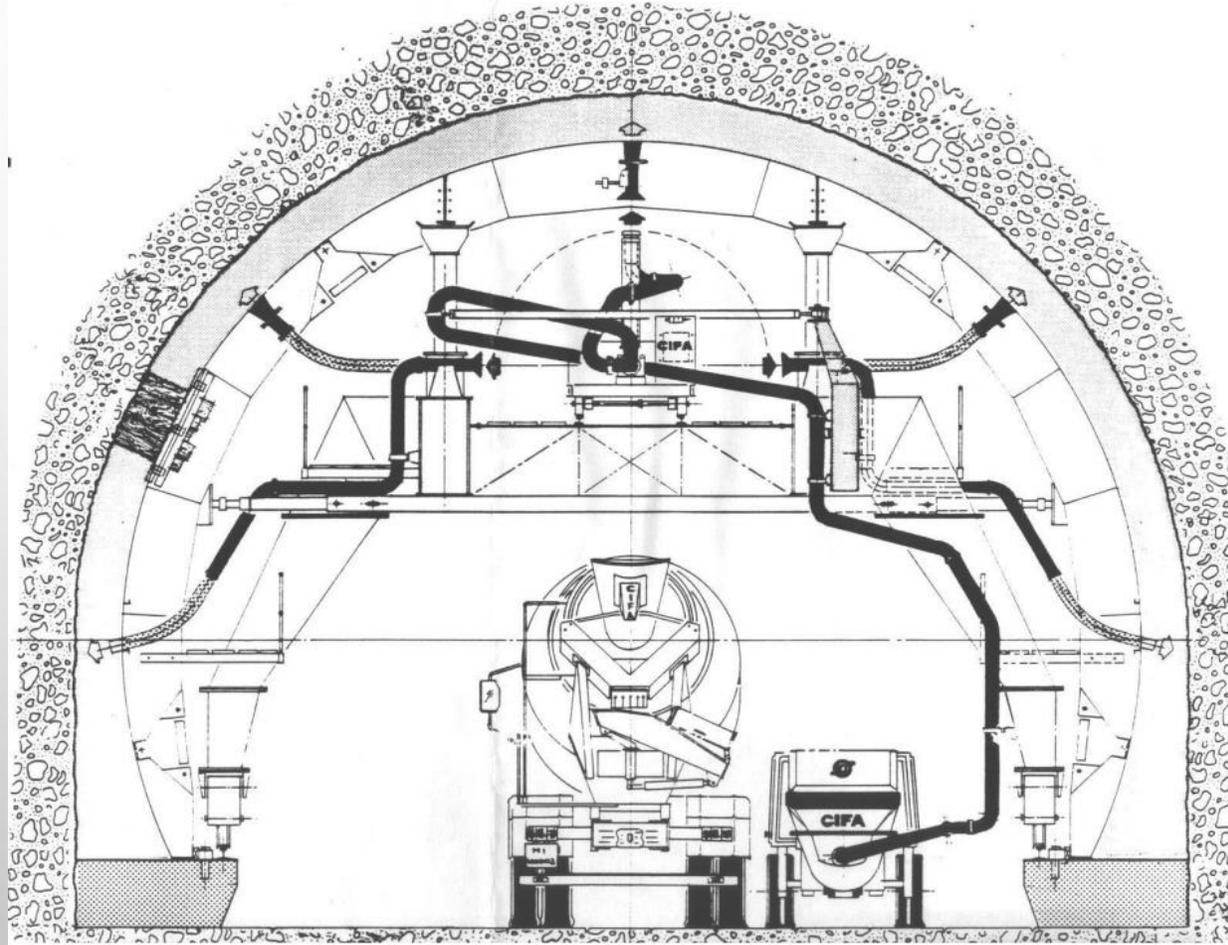
# ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ





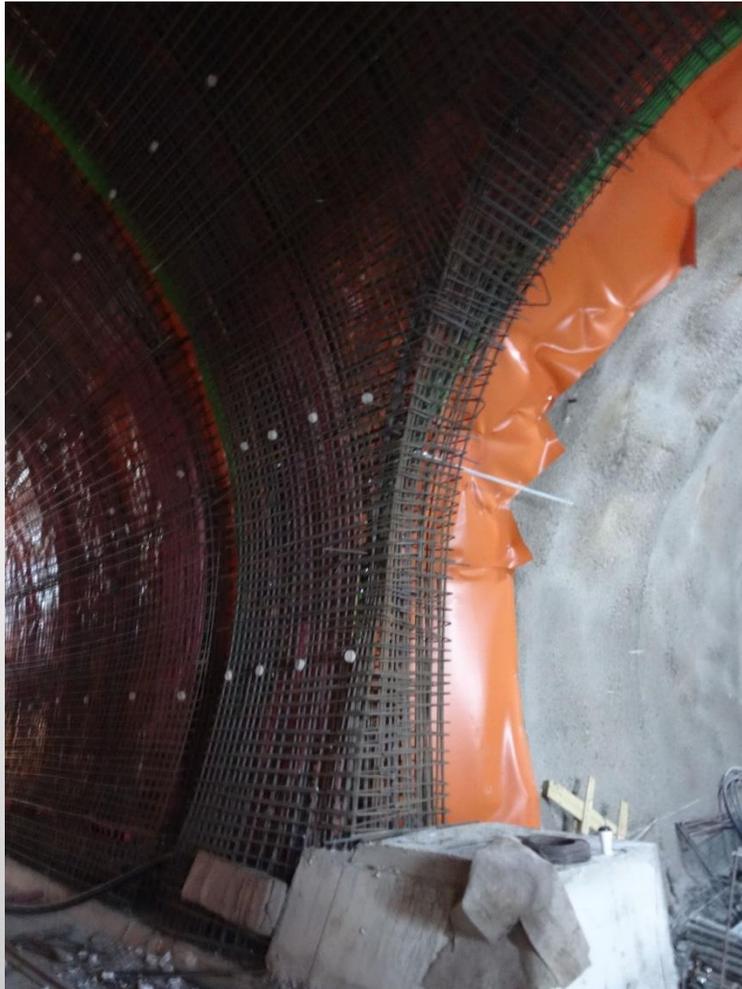
# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ



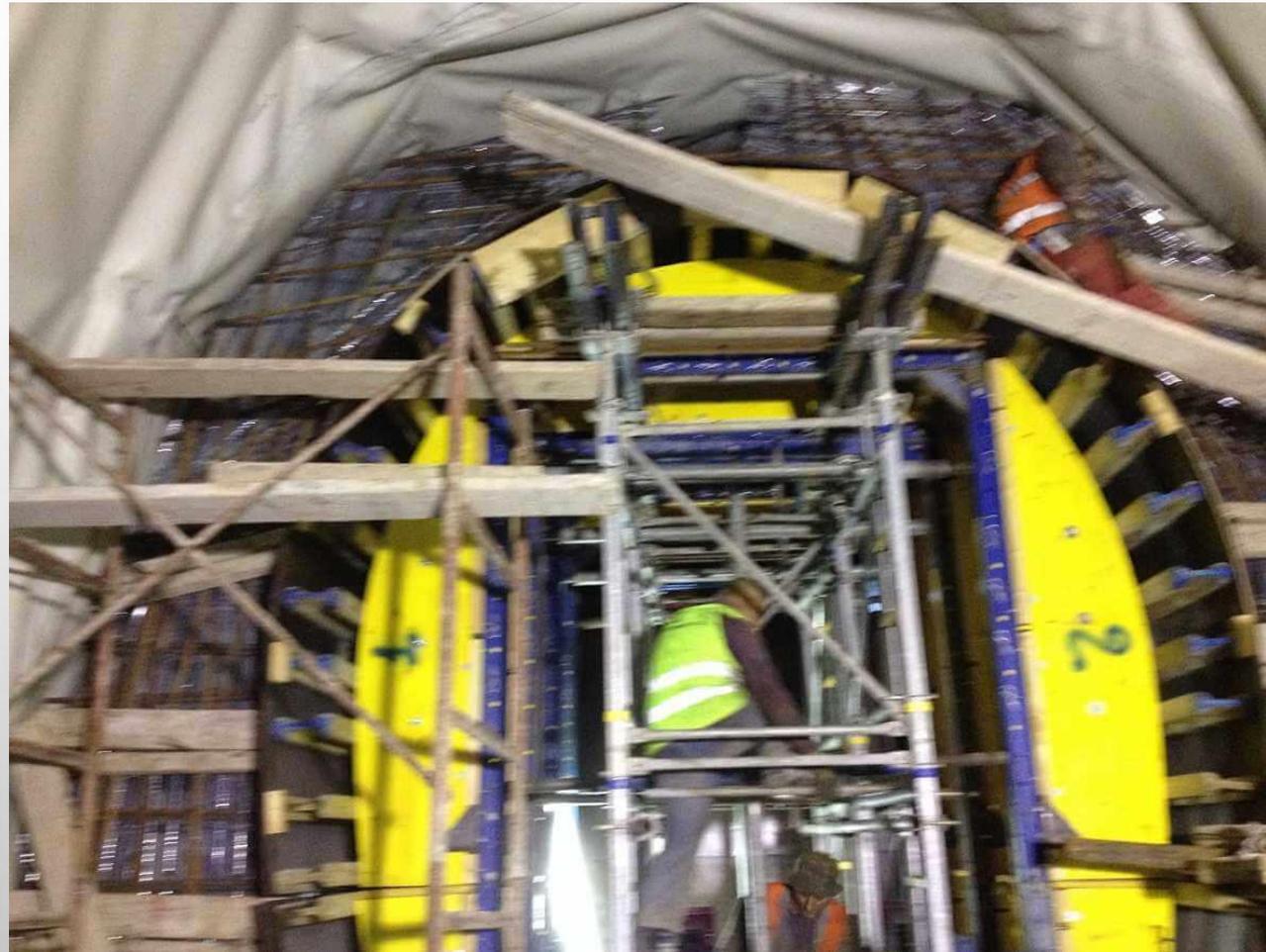
# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΕΣΟΧΩΝ Η/Μ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ



# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ

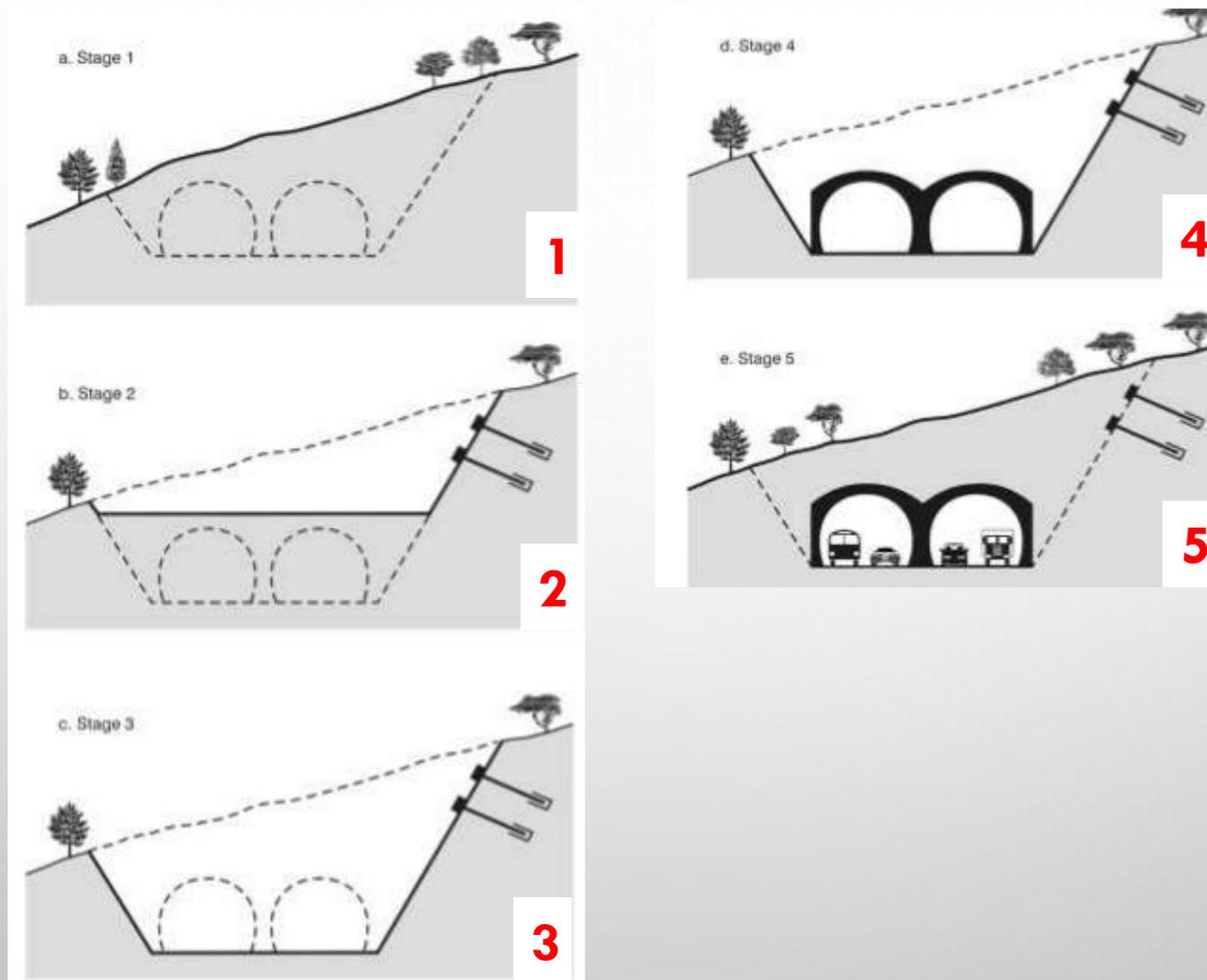




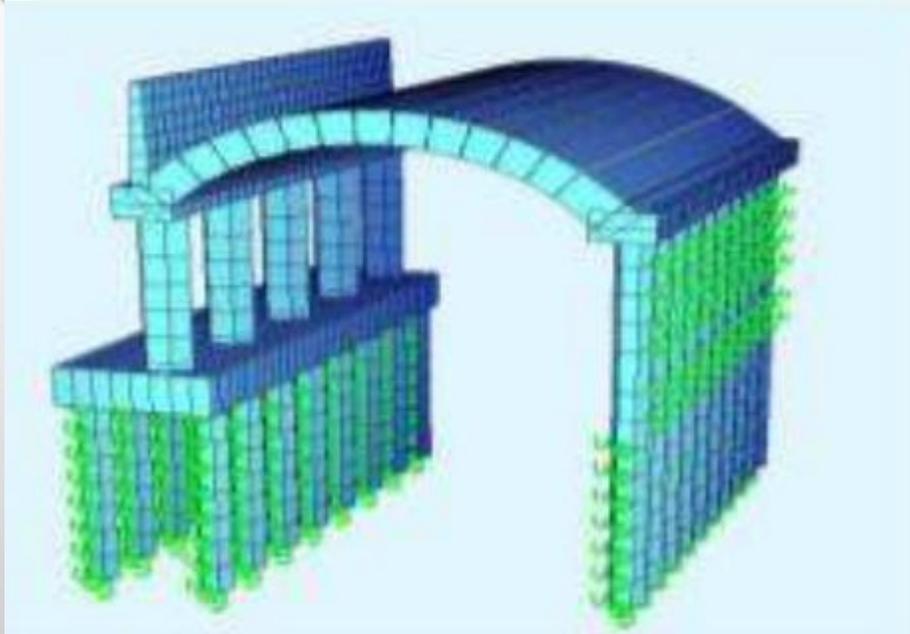
# ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ



# ΣΗΡΑΓΓΑ CUT & COVER



# ΣΗΡΑΓΓΑ CUT & COVER



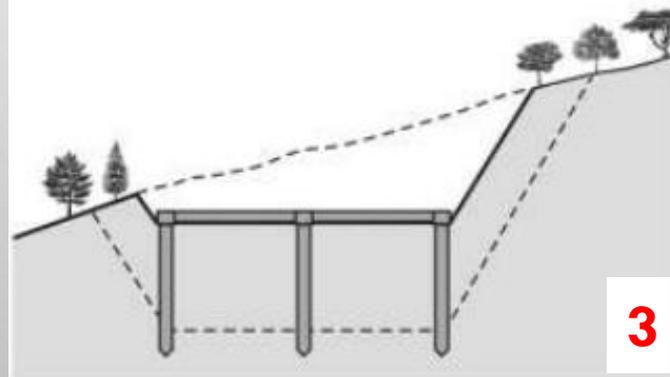
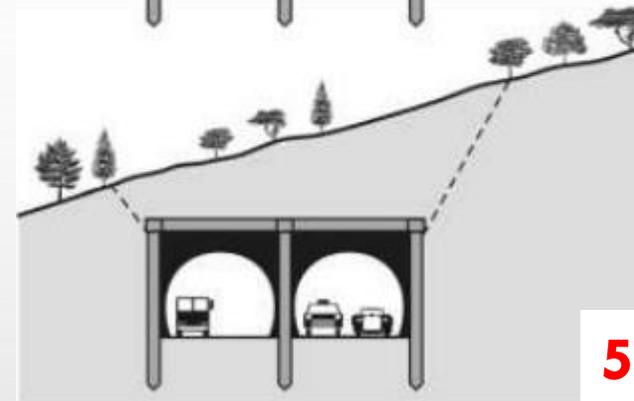
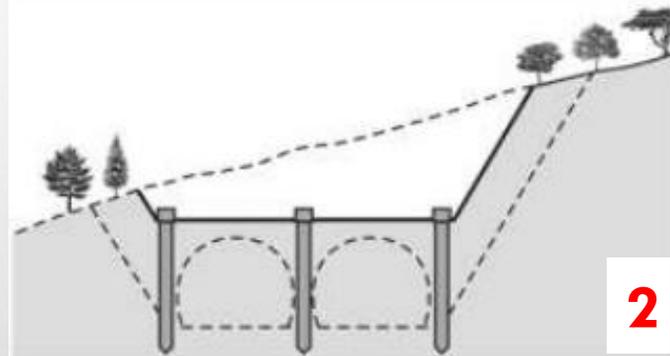
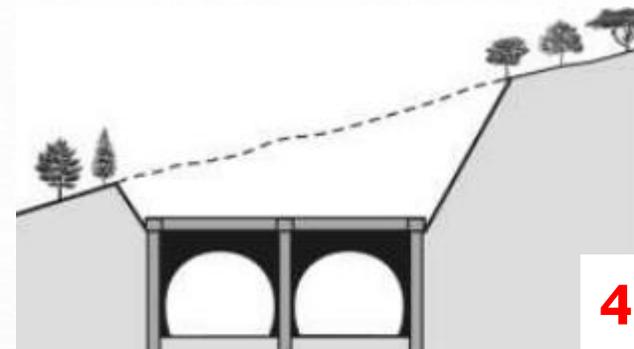
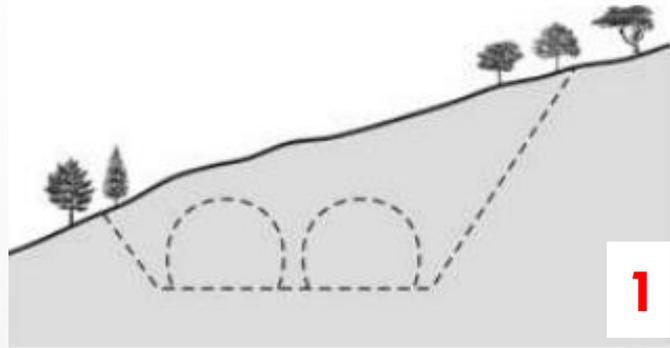
# ΣΗΡΑΓΓΑ CUT & COVER



# ΣΗΡΑΓΓΑ CUT & COVER



# ΣΗΡΑΓΓΑ COVER & CUT



# ΠΡΟΠΛΑΙΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ - ΕΞΟΔΟΥ



# ΠΡΟΠΛΑΙΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ - ΕΞΟΔΟΥ



# ΠΡΟΠΛΑΙΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ - ΕΞΟΔΟΥ



# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

## 1. ΠΡΟΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Σύμφωνα με τον EN 1992 -1-1, το μήκος της τυπικής διατομής ισούται με **L=1,0 m**.

## 2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ

Σύμφωνα με τον EN 1998 -1 (§ 5.5.1.2.2), θα πρέπει το πάχος **t > 0.25 m**.

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

## 3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ

Σύμφωνα με τον EN 1992 -1-1 (§ 12.1), θα πρέπει:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

$$N_{Rd} = n \cdot f_{cd} \cdot L \cdot t \cdot (|1 - 2 \cdot e/t|), e = M_{Ed}/N_{Ed}$$

όπου:

- $N_{Ed}$  = τιμή σχεδιασμού σε θλιπτική δύναμη
- $M_{Ed}$  = τιμή ροπής σχεδιασμού
- $N_{Rd}$  = αντίσταση σε θλιπτική δύναμη
- $n$  = εκθέτης σύμφωνα με τον Πίνακα 1

- $f_{cd}$  = θλιπτική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος  $f_{cd} = a_{cc} \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$  ( $a_{cc}=0,85$ ,  $\gamma_c=1,5$ )

- $t$  = πάχος τελικής επένδυσης

- $e$  = εκκεντρότητα

$$\lambda = 0,8 \text{ για } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \text{ για } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

και

$$\eta = 1,0 \text{ για } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \text{ για } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

Πίνακας 1

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

## 4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

✓ Ανηγγμένη ροπή σχεδιασμού:

$$\mu_d = \frac{M_{Ed}}{t^2 \cdot L \cdot f_{cd}}$$

✓ Ανηγγμένη αξονική δύναμη σχεδιασμού:

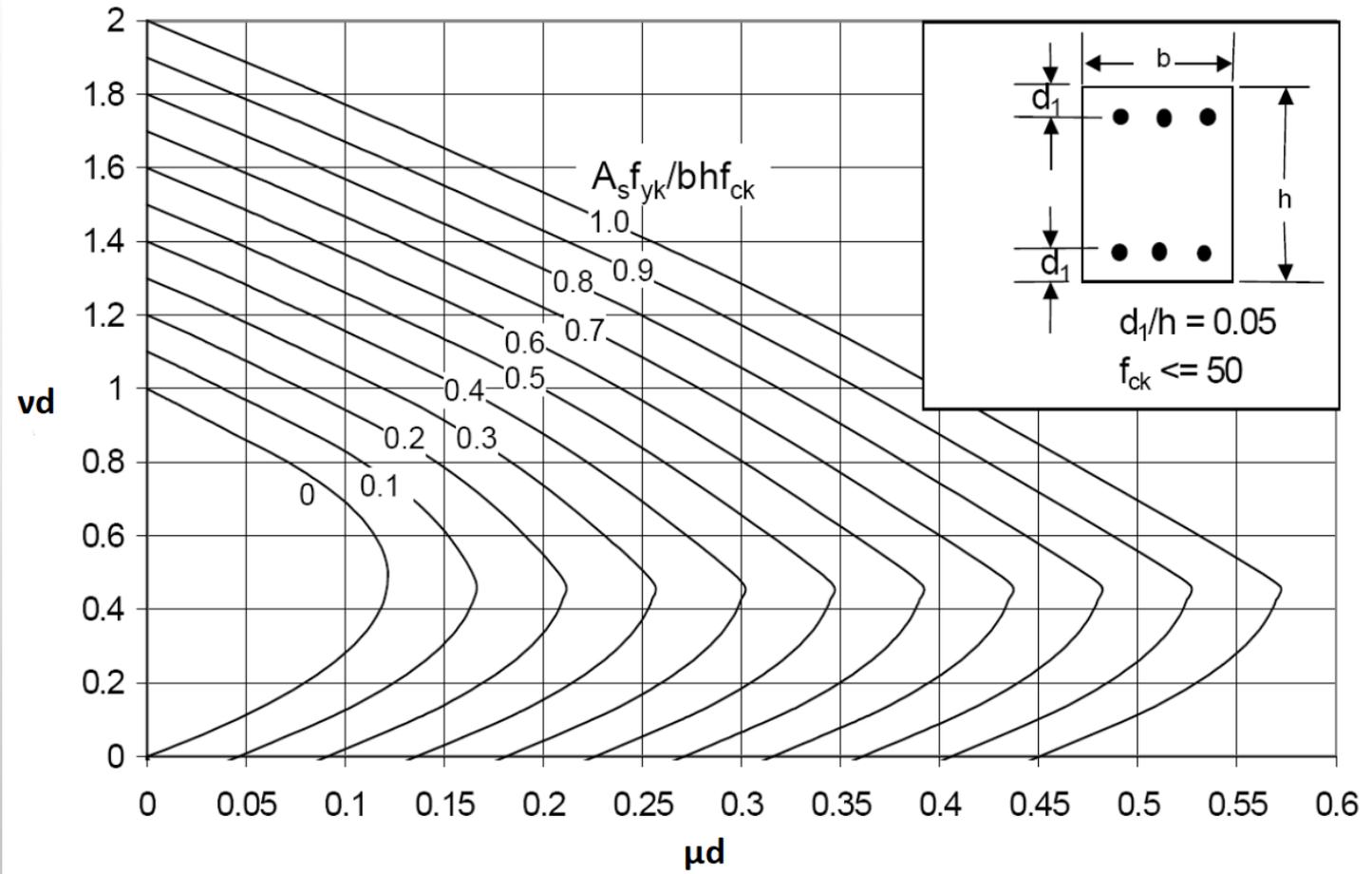
$$\nu_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

, όπου:

- $A_c$  = εμβαδόν θλιβόμενης περιοχής διατομής

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

## 5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ( $\omega_{tot}$ )



# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

## 6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

✓ Συνολικός σπλισμός:

$$A_s = \omega_{tot} \cdot t \cdot L \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

, όπου:

•  $f_{yd}$  = αντοχή σχεδιασμού χάλυβα  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$  ( $f_{yk}$  = όριο διαρροής χάλυβα,  $\gamma_s = 1,15$ )

$$A_{s,min} = \max \left[ 0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}, \quad 0,002 \cdot A_c \right]$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$$

**Πρέπει  $\Phi_{min} = 8mm$**

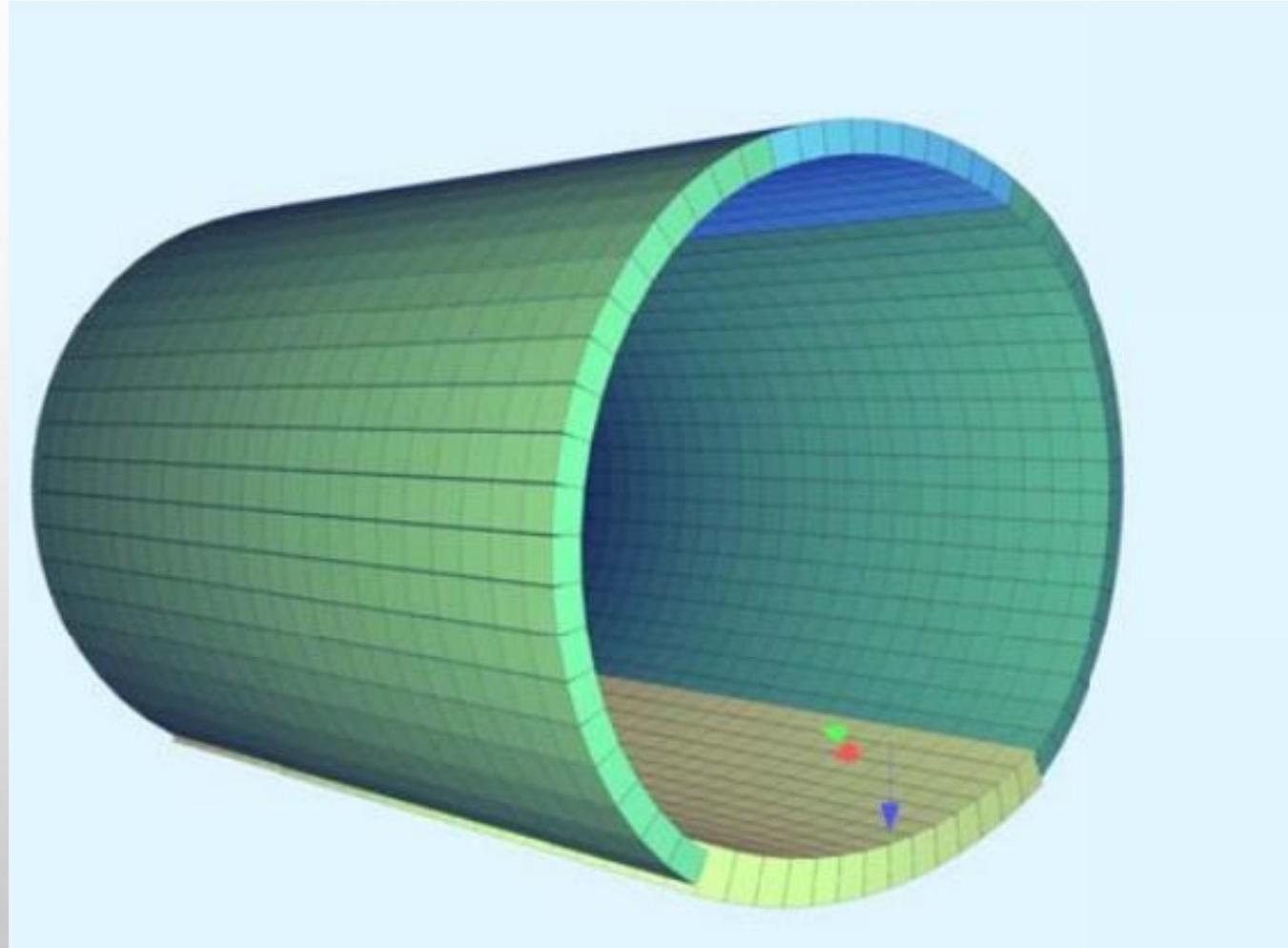
# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

## 7. ΔΕΥΤΕΡΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΣ

$$A_{sec} \geq 20\% \cdot A_s$$

$$\phi_{sec} \geq \frac{2}{3} \phi$$

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ – ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ





## ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ – ΕΛΑΤΗΡΙΑ WINKLER

$$K_z = \frac{E}{(1 + \nu) \times R}$$

- E: μέτρο ελαστικότητας βραχόμαζας
- ν: λόγος Poisson βραχόμαζας
- R: ακτίνα καμπυλότητας κελύφους

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

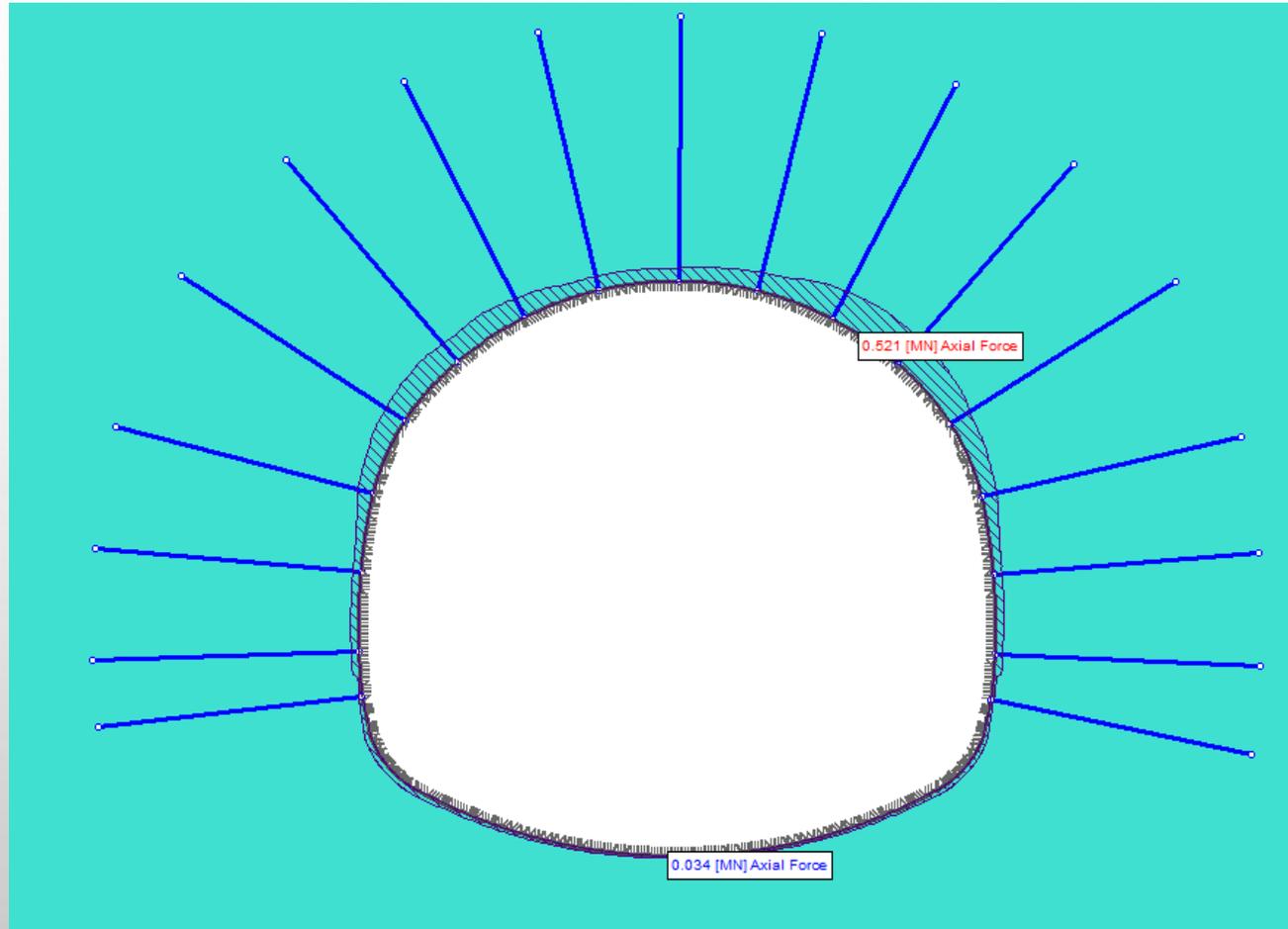
Κατόπιν αριθμητικής ανάλυσης με κώδικα περασμένων στοιχείων για πεταλοειδή σήραγγα, προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα εντατικής κατάστασης.

Να γίνει η διαστασιολόγηση της τελικής επένδυσης της σήραγγας, λαμβάνοντας υπόψιν τον EN 1992 -1 -1 και τον ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-04-01-00:2009.

Το σκυρόδεμα που θα χρησιμοποιηθεί είναι κατηγορίας C30/37 και χάλυβας S 500.

Η επικάλυψη του οπλισμού θα πρέπει να είναι 5cm.

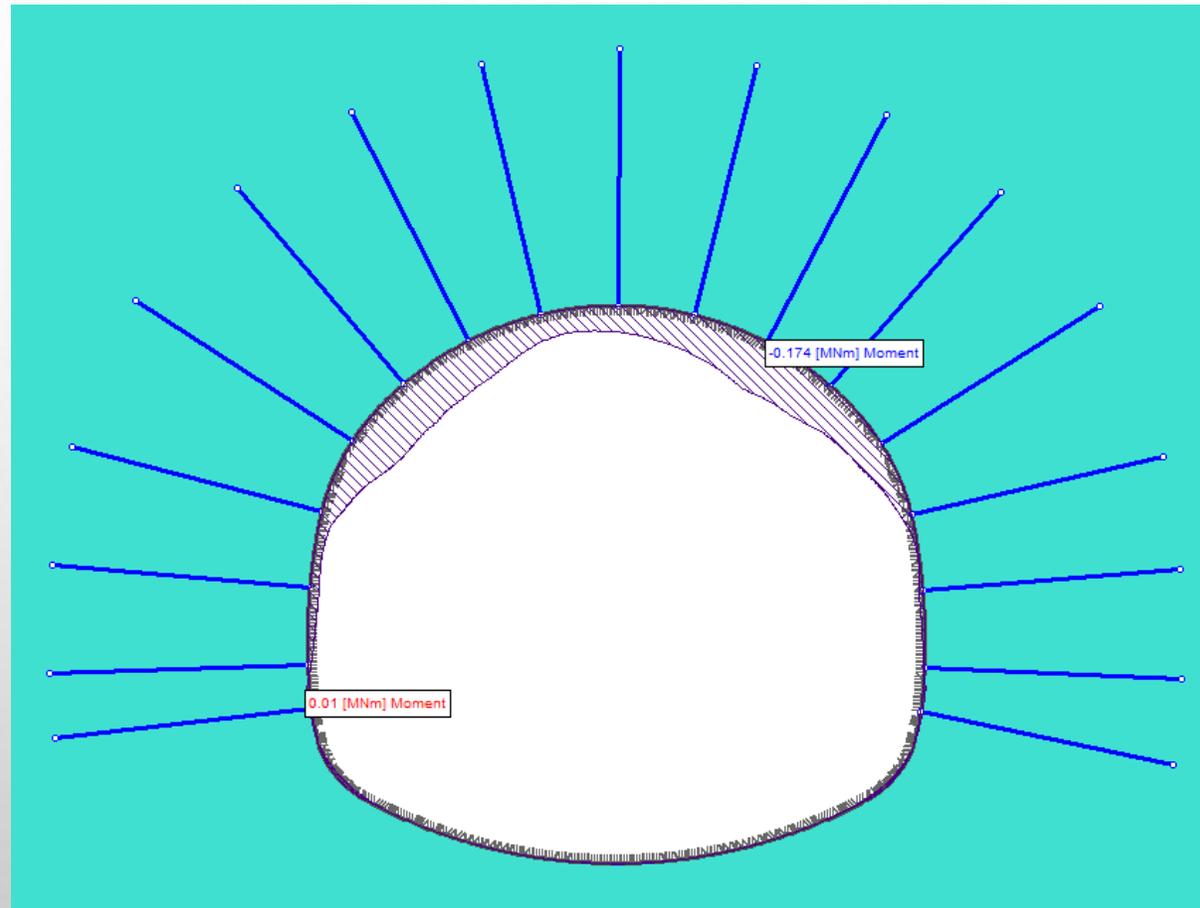
# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ



$$N_{Ed} = 0.521 \text{ MN} = 521 \text{ kN}$$

Κατανομή αξονικών δυνάμεων.

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ



$$M_{Ed} = 0.174 \text{ MNm} = 174 \text{ kNm}$$

Κατανομή ροπών κάμψης.

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Σύμφωνα με τον EN 1998 -1 (§ 5.5.1.2.2), θα πρέπει το πάχος  $t > 0.25 \text{ m}$ .

Επιλέγουμε πάχος επένδυσης  $t=30\text{cm}$ .

## Έλεγχος σε θλίψη

Σύμφωνα με τον EN 1992 -1-1 (§ 12.1), θα πρέπει:

$$N_{Rd} = n \cdot f_{cd} \cdot L \cdot t \cdot (|1 - 2 \cdot e/t|)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{174 \text{ kNm}}{521 \text{ kN}} = 0.33\text{m}$$

$$f_{cd} = a_{cc} \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.85 \times \frac{30 \text{ MPa}}{1.5} = 17 \text{ MPa}$$

$$N_{Rd} = n \cdot f_{cd} \cdot L \cdot t \cdot (|1 - 2 \cdot \frac{e}{t}|) = 1 \cdot 17000 \text{ kN/m}^2 \cdot 1\text{m} \cdot 0.3\text{m} \cdot (|1 - 2 \cdot \frac{0.33\text{m}}{0.3\text{m}}|) = 6250 \text{ kN} > N_{Ed}$$

$$\lambda = 0,8 \text{ για } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \text{ για } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

και

$$\eta = 1,0 \text{ για } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \text{ για } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

✓ Ανηγμένη ροπή σχεδιασμού:

$$\mu_d = \frac{M_{Ed}}{t^2 \cdot L \cdot f_{cd}} = \frac{174 \text{ kNm}}{(0.3\text{m})^2 \cdot 1\text{m} \cdot 17000 \text{ kN/m}^2} = \mathbf{0.113}$$

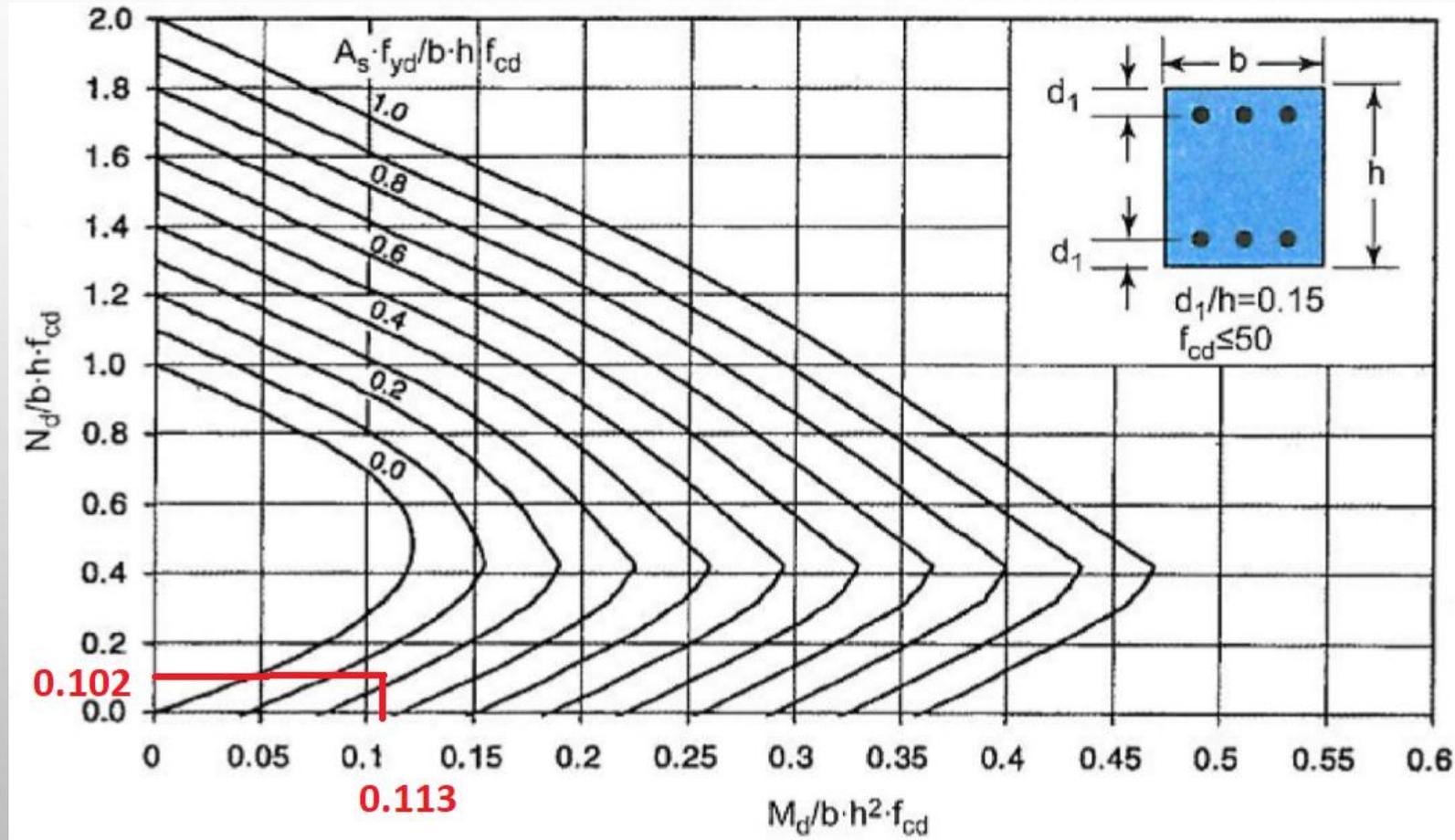
✓ Ανηγμένη αξονική δύναμη σχεδιασμού:

$$\nu_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{521 \text{ kN}}{0.3\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 17000 \text{ kN/m}^2} = \mathbf{0.102}$$

$$\frac{d_1}{H} = 5\text{cm}/30\text{cm} = 0.166 \rightarrow 0.15$$

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ( $\omega_{tot}$ )



$\omega_{tot} = 0.2$

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

## 6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

✓ Συνολικός οπλισμός:

$$A_s = \omega_{tot} \cdot t \cdot L \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$A_s = 0.2 \cdot 30\text{cm} \cdot 100\text{cm} \cdot \frac{17 \text{ MPa}}{434.78 \text{ MPa}} = 23.5 \text{ cm}^2$$

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

$$A_{s,min} = \max \left[ 0, 10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} , \quad 0, 002 \cdot A_c \right] = \max \left[ 0, 10 \frac{521kN}{434780 kN/m^2} , \quad 0, 002 \cdot 30cm \cdot 100cm \right] =$$

$$\max[1.19 cm^2 , 6cm] = 6 cm^2$$

$$A_{s,max} = 0, 04 \cdot A_c = 0, 04 \cdot 30cm \cdot 100cm = 120cm^2$$

Επιλέγω οπλισμό  $\varnothing 22/100mm$ .

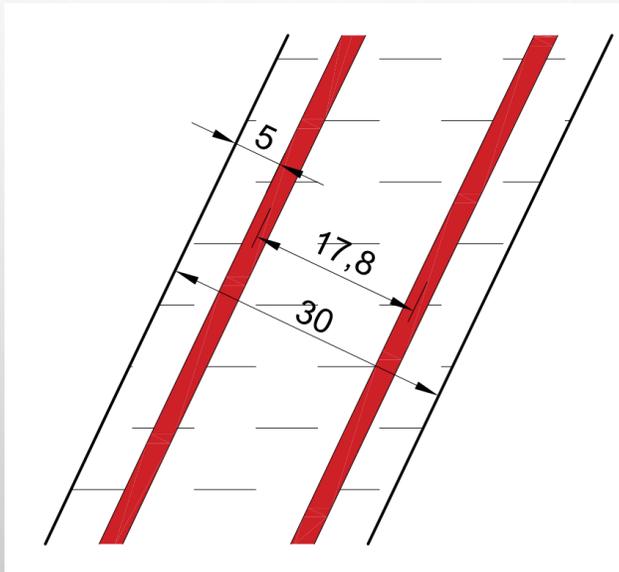
$$A = \frac{1(\tau. \mu)}{100mm} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 10 \cdot \frac{3.14 \cdot (2.2cm)^2}{4} = 37.99 cm^2$$

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Οπλισμός κατά την εγκάρσια διεύθυνση:

Θα τοποθετηθεί διπλή σχάρα οπλισμού.

Αξονική απόσταση οπλισμού:  $t - 2 \times 5\text{cm} - 2 \times \frac{d}{2} = 30\text{cm} - 10\text{cm} - 2 \times \frac{2.2\text{cm}}{2} = 17.8\text{ cm}$



# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Δευτερεύων οπλισμός:

$$A_{sec} \geq 20\% \cdot A_s$$

$$\phi_{sec} \geq \frac{2}{3} \phi$$

Για δευτερογενή οπλισμό επιλέγω  $\phi 18\text{mm} > 2/3 \phi 22\text{mm}$

$$\text{Ράβδοι/m: } \frac{A_{sec}}{A_{(\phi 18)}} = \frac{25,32 \text{ cm}^2}{\frac{\pi \cdot (1,8\text{cm})^2}{4}} = \mathbf{9,8 \rightarrow 10}$$

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Συνδετήρες:

Επιλέγω  $\varnothing 10\text{mm}/20\text{cm}$

# ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

