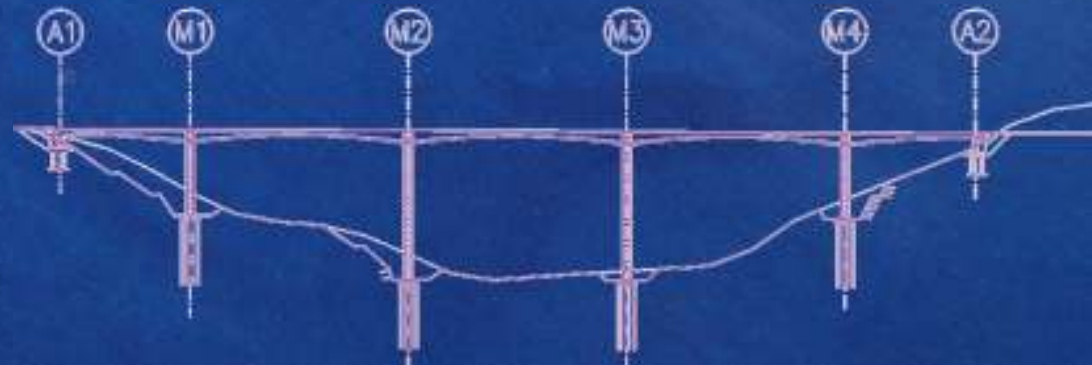
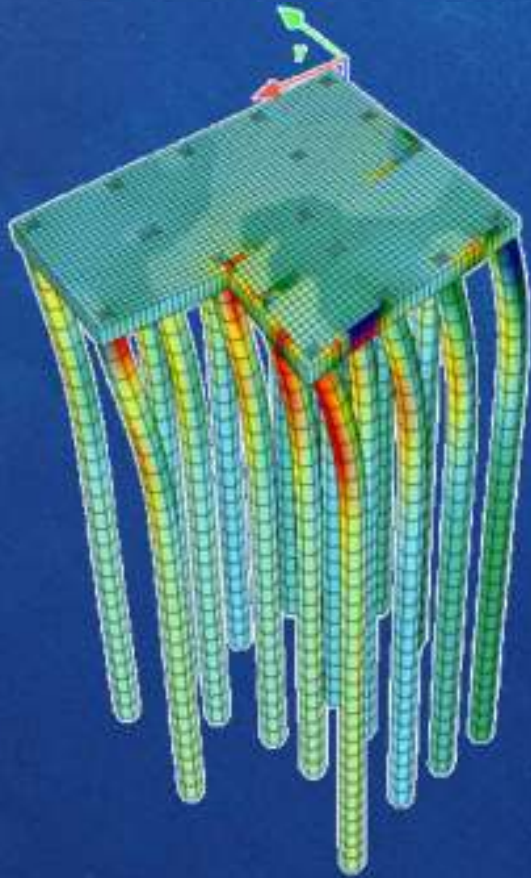


Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7



**Απόκριση Θεμελιώσεων με Πασάλους
υπό Κατακόρυφη Φόρτιση**

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Ανάληψη φορτίων από θλιβόμενους πασσάλους

$$Q = Q_s + Q_p$$

Αντίσταση πλευρικής τριβής :

$$Q_s = \int_0^L p f_s dz = \pi D \int_0^L f_s dz = \pi D \sum_i f_{si} \Delta z_i$$

Οριακή αντίσταση πλευρικής τριβής :

$$Q_{su} = \int_0^L p f_{su} dz = \pi D \int_0^L f_{su} dz = \pi D \sum_i f_{sui} \Delta z_i$$

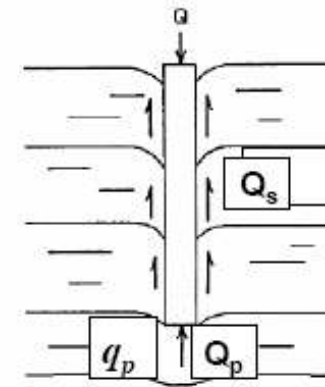
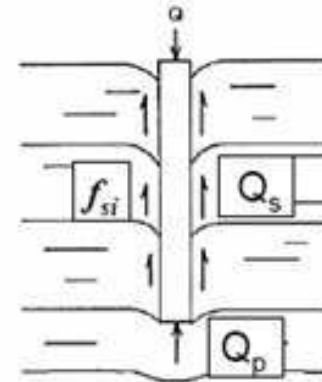
Αντίσταση αιχμής : $Q_p = A_p q_p$

Οριακή αντίσταση αιχμής : $Q_{pu} = A_p q_{pu}$

q_p = μοναδιαία αντίσταση αιχμής

q_{pu} = οριακή μοναδιαία αντίσταση αιχμής

A_p = εμβαδόν αιχμής πασσάλου



$$R_{(S)} = R_{b(S)} + R_{s(S)}$$

DIN 1054 (4014)

$$R_{(S)} = R_{b(S)} + R_{s(S)}$$

$$R_{b(S)} = A_b q_{bk(S)}$$

$$R_{s(S)} = \pi D \sum_{i=1,n} q_{sk(S)}^i L_i$$

Χαρακτηριστική τιμή της οριακής αντίστασης (φέρουσα ικανότητα) R_{uk}
αντιστοιχεί στην οριακή καθίζηση $S = S_g = 0.1D$

$$\textcircled{R_{ud}} = \frac{1}{\gamma_m} \left[\frac{1}{\gamma_{bR}} A_b q_{bu,k(S_g)} + \frac{1}{\gamma_{sR}} \pi D \sum_{i=1,n} q_{su,k(S_g)}^i L_i \right] \quad \text{Τιμή σχεδιασμού}$$

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Μη συνεκτικά εδάφη

Δείκτης καθίζησης S/D ή S/D_f	Χαρακτηριστική αντίσταση αιχμής q_{bk} (MPa)* για μέση τιμή αντίστασης διείδυσης κώνου q_{ck} (MPa)			
	10	15	20	25
0.02	0.7	1.05	1.4	1.75
0.03	0.9	1.35	1.8	2.25
0.1 = S_d οριακή	2	3	3.5	4

* Ενδιάμεσες τιμές θα πρέπει να λαμβάνονται με γραμμική παρεμβολή. Εάν ο έγχυτος πάσσαλος έχει διευρυμένη βάση, τότε όλες οι τιμές μειώνονται κατά 75%.

Πίνακας 2.4. Χαρακτηριστικές τιμές αντίστασης αιχμής q_{bk} , εξαρτώμενες από το δείκτη καθίζησης S/D και τη μέση αντίσταση διείδυσης κώνου q_{ck} σε μη συνεκτικά εδάφη κατά DIN 4014

Αντοχή μη συνεκτικού εδάφους όπως καθορίζεται από τη μέση τιμή αντίστασης διείδυσης κώνου q_{ck} (MPa)	Χαρακτηριστική <u>οριακή</u> πλευρική τριβή q_{sIk} (MPa)*
0	0
5	0.04
10	0.08
≥ 15	0.12

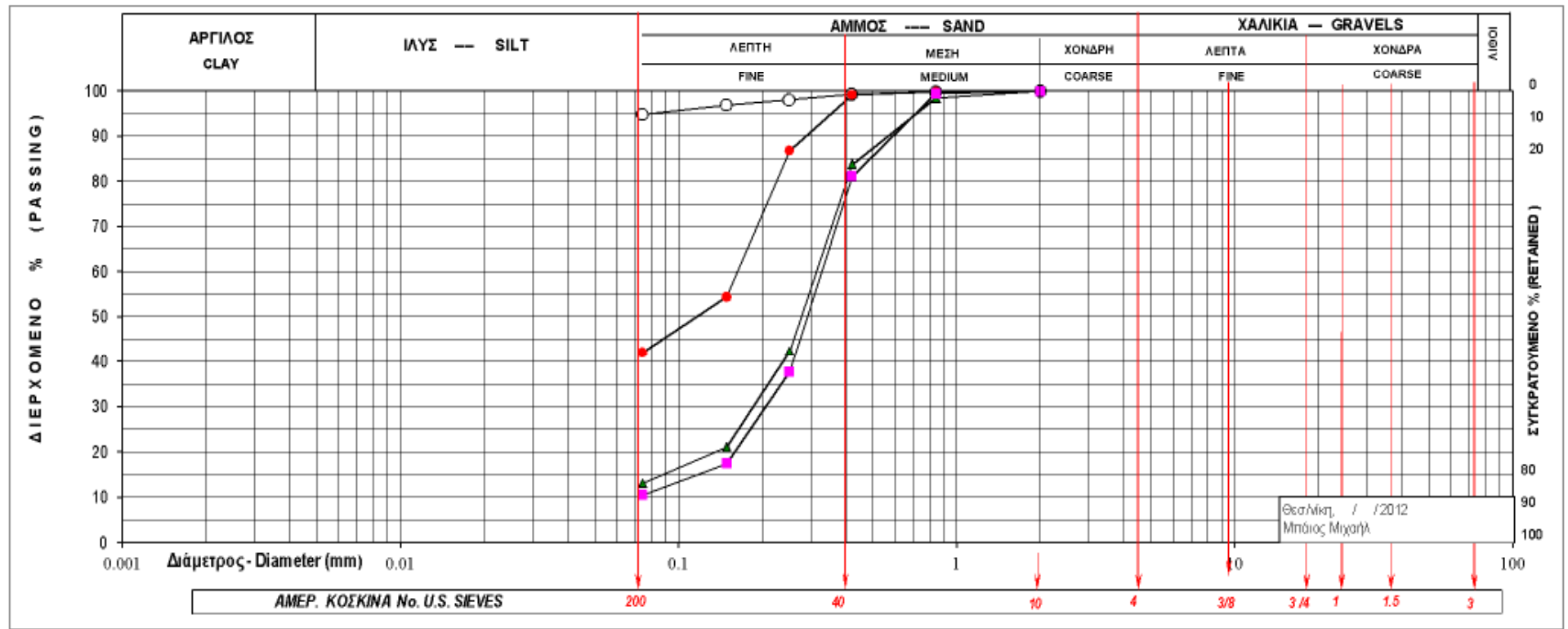
* Ενδιάμεσες τιμές λαμβάνονται με γραμμική παρεμβολή.

$$S_{rg} = 0.5 R_s (\text{MN}) + 0.5 \leq 3 \text{ cm}$$

Πίνακας 2.5. Χαρακτηριστικές τιμές της οριακής πλευρικής τριβής q_{sIk} σε μη συνεκτικά εδάφη κατά DIN 4014

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

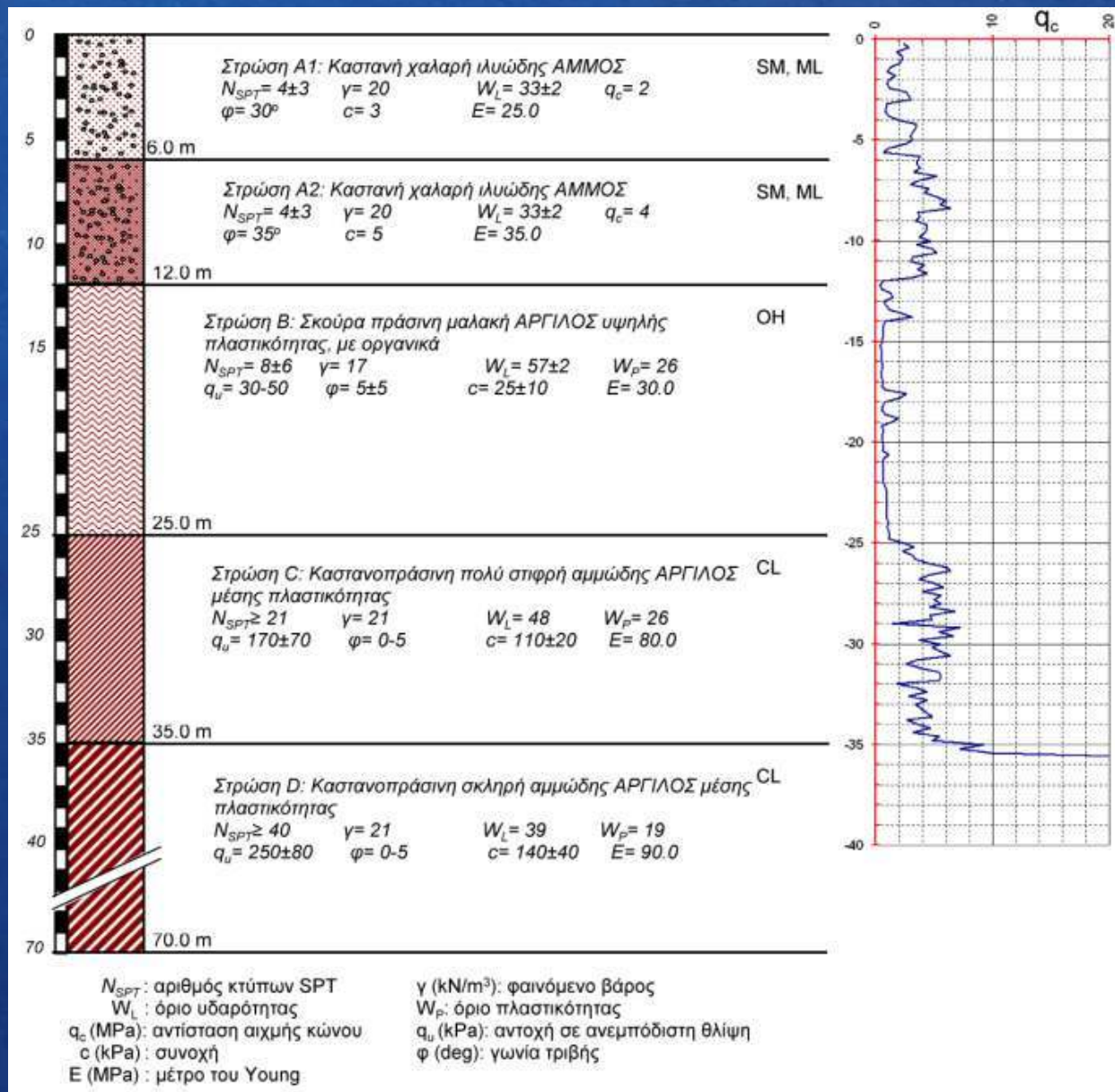
Γεώτρηση Borehole	Δείγμα Sample	Συμβολισμός Symbols	Βάθος Depth (m)	Όρια ATTERBERG ATTERBERG Limits			Φυσ. Υγρασία Water Content w (%)	Υγρό Φαιν. Βάρος Wet density γ (kN/m ³)	Ειδικό βάρος Specific gravity G_s	Λόγος Κενών Void Ratio e_o	Βαθμός Κορεσμού Saturation degree S_r (%)	Κατάταξη Classification κατά U.S.C.S.
				W_L	W_p	PI						
Γ-2	1	○	2,00-2,60	47.0	20.0	27.0						CL
	2	■	6,50-6,80		NP							SP-SM
	3	▲	10,60-11,00		NP							SM
	5	●	18,50-18,80	33.0	27.3	5.7						SM



Αμώδες (**μη συνεκτικό**) χαρακτηρίζεται το έδαφος το οποίο περιέχει ποσοστό σε λεπτόκοκκο υλικό μικρότερο του 15% (σύμφωνα με το DIN 1054 §2.1.1.1) (λεπτόκοκκο χαρακτηρίζεται το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο με διάμετρο 0.06 mm)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθείς Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7



Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Δείκτης καθίζησης S/D ή S/D_f	Χαρακτηριστική αντίσταση αιχμής q_{bk} (MPa)* για αστράγγιστη διατμητική αντοχή c_{uk} (MPa)	
	0.1	0.2
0.02	0.35	0.9
0.03	0.45	1.1
0.1 = S_g οριακή	0.8	1.5

* Ενδιάμεσες τιμές θα πρέπει να λαμβάνονται με γραμμική παρεμβολή. Εάν ο έγχυτος πάσσαλος έχει διευρυμένη βάση, τότε όλες οι τιμές μειώνονται κατά 75%.

Πίνακας 2.6. Χαρακτηριστικές τιμές αντίστασης αιχμής q_{bk} , εξαρτώμενες από το δείκτη καθίζησης S/D και την αστράγγιστη διατμητική αντοχή c_{uk} σε συνεκτικά εδάφη κατά DIN 4014

Αντοχή συνεκτικού εδάφους όπως καθορίζεται από την αστράγγιστη διατμητική αντοχή c_{uk} (MPa)	Χαρακτηριστική <u>οριακή</u> πλευρική τριβή q_{sIk} (MPa)*
0.025	0.025
0.1	0.04
≥ 0.2	0.06

* Ενδιάμεσες τιμές λαμβάνονται με γραμμική παρεμβολή.

$$S_{rg} = 0.5 R_s \text{ (MN)} + 0.5 \leq 3 \text{ cm}$$

Πίνακας 2.7. Χαρακτηριστικές τιμές της οριακής πλευρικής τριβής q_{sIk} σε συνεκτικά εδάφη κατά DIN 4014

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Βράχος

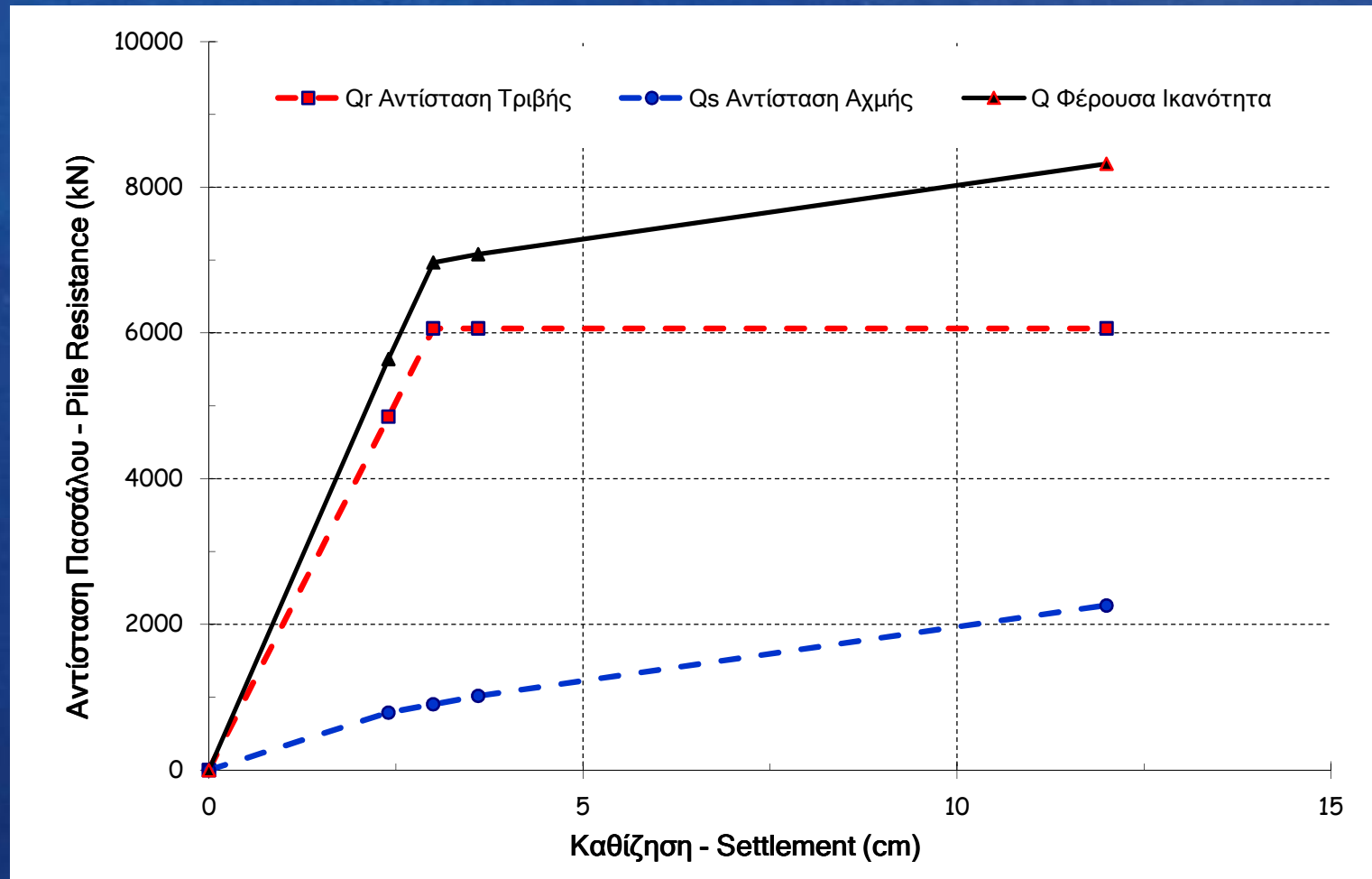
Χαρακτηριστική μονοαξονική θλιπτική αντοχή q_{uk} (MPa)	Χαρακτηριστική οριακή αντίσταση αιχμής q_{blk} (MPa)	Χαρακτηριστική οριακή πλευρική τριβή q_{sIk} (MPa)
0.5	1.5	0.08
5	5	0.5
20	10	0.5

* Ενδιάμεσες τιμές λαμβάνονται με γραμμική παρεμβολή.

Πίνακας 2.8. Χαρακτηριστικές τιμές της οριακής αντίστασης αιχμής q_{blk} και της οριακής πλευρικής τριβής q_{sIk} για πασσάλους σε βράχο κατά DIN 4014

Δεν ισχύει το διάγραμμα απόκρισης στην περίπτωση έδρασης σε βράχο

DIN 1054 (4014)



Στρώση Layer	Στάθμη Level (m)	Τύπος εδάφους Soil type	Su kPa	q _e MPa	q _s MPa	τ _{ult}	Επιφάνεια Area m ²	Q _r kN	Κατ'ρυφή Δύναμη kN/m	Οριζόντια Ελατήρια MN/m ²
1	-5.0	1		2.0		0.016	12.57	201	50.3	9.0
2	-18.0	2	30			0.026	40.84	1062	81.7	2.0
3	-25.0	1		4.0		0.032	15.71	503	100.5	18.0

Τύπος εδάφους (Soil type): 1, 2, 3 : Ψαθυρό (Non cohesive), Συνεκτικό (Cohesive), Βραχώδες (Rock)

1766

ΤΑΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (MPa) = 0.80

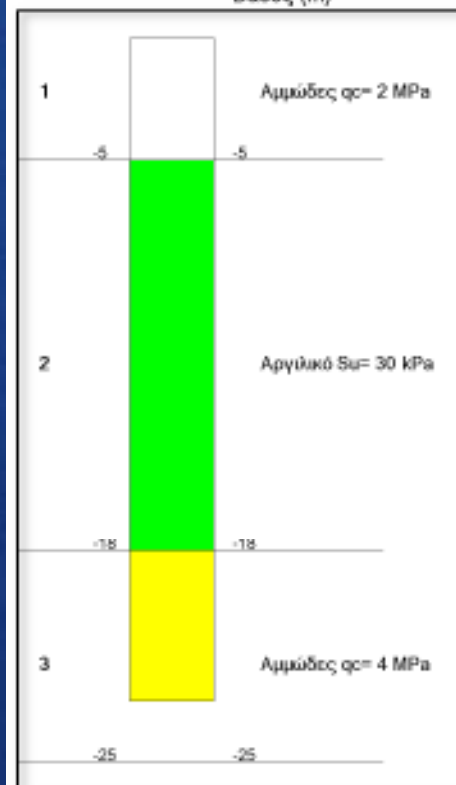
ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ

Σχετικό Υψόμετρο Εδάφους - Rel Ground Level (m) = 0.00
 Απόλυτο Υψόμετρο Εδάφους - Abs Ground Level (m) = 0.00
 Διάμετρος Πασσάλου - Pile Diameter (m) = 1.00
 Στάθμη Κεφαλής Πασσάλου - Pile top Level (m) = 0.00
 Στάθμη Αρχής Πασσάλου - Pile base Level (m) = -23.0
 Μήκος Πασσάλου - Pile Length (m) = 23.00
 Βάθος Εκτροπ. Τρέφης - Level of Q_s Mobilization (m) = -1.00
 Στάθμη Υπόγειου νερού - Ground WT Level (m) = -2.00

ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Απόλυτο

Βάθος (m)



S (cm)	Q _r (kN)	Q _s (kN)	Q (kN)	K _v (MN/m)
1.4	1766	152	1918	138.7
2.0	1766	220	1985	99.3
3.0	1766	283	2048	68.3
10.0	1766	628	2394	23.9

DIN 1054 : Επιτρεπόμενα Φορτία Q_{adm}=(Q_r+Q_s)/γ_n S(cm) K_v(MN/m)

Φόρτιση "1" : n=2 , γ_n=2 :

Οδηγία E39/99 : n=1.3

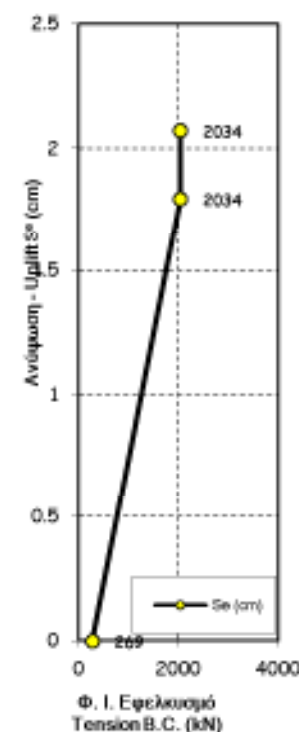
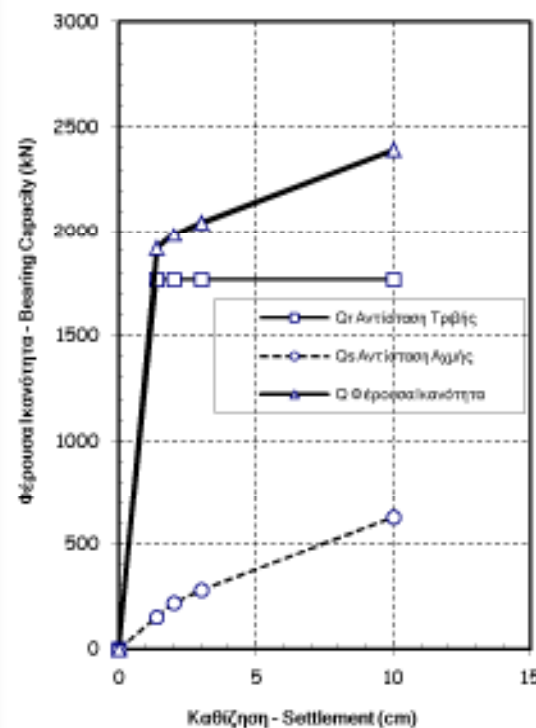
EN 1997-1 : Αντοχές σχεδιασμού - R_{cd}=(Q_s/γ_b+Q_r/γ_s)/γ_m

"DA-2*" : γ_b=1.1, γ_s=1.1, γ_m= 1.3

"DA-2" S_{sm}" : γ_b=1.0, γ_s=1.0, γ_m=1.3

"DA-1" : γ_b=1.6, γ_s=1.3, γ_m= 1.0

Q _{adm}	1197	0.86	138.7
Q _{adm}	1841	1.33	138.7
R _{cd}	1674	1.21	138.7
R _{cd}	1841	1.33	138.7
R _{cd}	1751	1.26	138.7



Φ. Ι. Εφελακούρο
Tension B.C. (kN)

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

2.6 Εφαρμογή του Ευρωκώδικα 7 – Παραδείγματα

Έλεγχος επάρκειας έναντι αξονικών δυνάμεων

Ο έλεγχος επάρκειας έναντι αξονικών δυνάμεων πραγματοποιείται με χρήση μερικών συντελεστών ασφαλείας:

δράσεων (A: γ_F, γ_E)

αντιστάσεων (R: $\gamma_R, \gamma_{iR}, \gamma_{pR}$)

εδαφικών παραμέτρων (M: γ_M)

Προσδιορισμός των δράσεων

Οι χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων (F_k) ή των αντιδράσεων (E_k) οι οποίες μεταβιβάζονται από την ανωδομή στη θεμελίωση ανάγονται σε τιμές σχεδιασμού με χρήση των ακόλουθων εξισώσεων:

$$F_{u,d} = \gamma_G F_{k,G} + \gamma_Q F_{k,Q} \quad (2.33)$$

$$E_{u,d} = -\gamma_G E_{k,G} + \gamma_Q E_{k,Q} \quad (2.34)$$

όπου:

$F_{k,G}, F_{k,Q}$: τα μόνιμα και μεταβλητά φορτία από την ανωδομή και

γ_G, γ_Q : μερικοί συντελεστές φορτίσεων οι οποίοι δίνονται από τον Πίνακα 2.14 (Πίνακας A.3 του Ευρωκώδικα EN 1997-1).

	Δράση	Συμβολισμός	Ομάδα	
			A1	A2
Μόνιμη	Δυσμενής	γ_G	1.35	1.0
	Ευνοϊκή		1.0	1.0
Μεταβλητή	Δυσμενής	γ_Q	1.5	1.3
	Ευνοϊκή		0	0

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

β. Μέθοδος γεωτεχνικών παραμέτρων

Η οριακή αντίσταση $R_{u,k}$ προκύπτει από το άθροισμα της πλευρικής αντίστασης $R_{su,k}$ και της αντίστασης αιχμής $R_{pu,k}$ από την ακόλουθη εξίσωση:

$$R_{u,k} = R_{su,k} + R_{pu,k} \quad (2.39)$$

όπου:

$$R_{su,k} = \pi D \int_0^L f_{su,k} dx \quad (2.40)$$

$$R_{pu,k} = \frac{\pi D^2}{4} q_{pu,k} \quad (2.41)$$

και

$$f_{su,k} = f_{su}(c_k, \varphi_k) \quad (2.42)$$

$$q_{pu,k} = q_{pu}(c_k, \varphi_k) \quad (2.43)$$

Οι παράμετροι $f_{su,k}$ και $q_{pu,k}$ αντιστοιχούν στη μοναδιαία αντίσταση τριβής και αιχμής αντίστοιχα και προσδιορίζονται είτε από τις χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων διατμητικής αντοχής της εδαφικής στρώσης είτε από τις χαρακτηριστικές τιμές επιτόπου δοκιμών.

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Είναι δυνατόν επίσης αντί του προσδιορισμού των χαρακτηριστικών τιμών των παραμέτρων διατμητικής αντοχής (c_k, φ_k) να χρησιμοποιηθούν, στην περίπτωση πάντα που υπάρχουν δεδομένα από αρκετές διαφορετικές δοκιμές της προς εξέταση στρώσης, απευθείας οι αντιπροσωπευτικές εργαστηριακές τιμές και να προσδιορισθούν στη συνέχεια διάφορες τιμές της οριακής αντίστασης R_u από την οποία μπορεί να προκύψει η χαρακτηριστική τιμή $R_{u,k}$ με χρήση των ακόλουθων εξισώσεων:

$$R_u = R_{su} + R_{pu} = \pi D \int_0^l f_{su} dx + \frac{\pi D^2}{4} q_{pu} \quad (2.44)$$

$$R_{u,\min} = \min \{ R_u \} \quad (2.45)$$

$$R_{u,\max} = \max \{ R_u \} \quad (2.46)$$

$$R_{u,\text{mean}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{u,i} \quad (2.47)$$

$$R_{u,k} = \min \left\{ \frac{R_{u,\text{mean}}}{\xi_3}, \frac{R_{u,\min}}{\xi_4} \right\} \quad (2.48)$$



ξ για $n=$	1	2	3	4	5	6	7	10
ξ_3	1.40	1.35	1.33	1.31	1.29	1.29	1.27	1.25
ξ_4	1.40	1.27	1.23	1.20	1.15	1.15	1.12	1.08

Πίνακας 2.16. Συντελεστές ξ_3 και ξ_4 , κατά Ευρωκώδικα EN 1997-1 (n = αριθμός εργαστηριακών δοκιμών)

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Εναλλακτικά, είναι δυνατόν η τιμή της $R_{u,k}$ να προσδιορισθεί με την ανωτέρω λογική εφαρμοζόμενη στις επιμέρους αντιστάσεις (πλευρική και αιχμής) με την ακόλουθη διαδικασία:

$$R_{su,mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{su} \quad (2.49)$$

$$R_{su,min} = \min \{ R_{su} \} \quad (2.50)$$

$$R_{pu,mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{pu} \quad (2.51)$$

$$R_{pu,min} = \min \{ R_{pu} \} \quad (2.52)$$

$$R_{su,k} = \min \left\{ \frac{R_{su,mean}}{\xi_3}, \frac{R_{su,min}}{\xi_4} \right\} \quad (2.53)$$

$$R_{pu,k} = \min \left\{ \frac{R_{pu,mean}}{\xi_3}, \frac{R_{pu,min}}{\xi_4} \right\} \quad (2.54)$$

$$R_{u,k} = R_{su,k} + R_{pu,k} \quad (2.55)$$

Η τιμή σχεδιασμού της οριακής αντίστασης $R_{u,d}$ προκύπτει από την τιμή της χαρακτηριστικής οριακής αντίστασης $R_{u,k}$ μετά από εφαρμογή συντελεστών ασφαλείας σύμφωνα με τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_R} R_{u,k} \quad (2.56)$$

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_{sR}} \left[\frac{R_{su,k}}{R_{su,d}} \right] + \frac{1}{\gamma_{pR}} \left[\frac{R_{pu,k}}{R_{pu,d}} \right] \quad (2.57)$$

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Αντίσταση	Συμβολισμός	Ομάδα			
		R1	R2	R3	R4
Αιχμής	γ_b	1.25	1.1	1.0	1.6
Πλευρική (υπό θλίψη)	γ_s	1.0	1.1	1.0	1.3
Συνολική	γ_t	1.15	1.1	1.0	1.5
Πλευρική (υπό εφελκυσμό)	$\gamma_{s,t}$	1.25	1.15	1.1	1.6

Πίνακας 2.17. Μερικοί συντελεστές αντίστασης, γ_R , για έγχυτους πασσάλους κατά τον Ευρωκώδικα EN 1997-1

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Τρόπος ανάλυσης 1

Βασίζεται στις αγγλοσαξονικές και σκανδιναβικές προσεγγίσεις του θέματος και περιλαμβάνει τους ακόλουθους δύο συνδυασμούς:

Συνδυασμός 1 : $A1 + M1 + R1$

Συνδυασμός 2 : $A2 + (M1 \text{ ή } M2) + R4$

Εδαφική παράμετρος	Συμβολισμός	Ομάδα	
		M1	M2
Γωνία διατμητικής αντοχής*	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Ενεργός συνοχή	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Αστράγγιστη διατμητική αντοχή	γ_{cu}	1.0	1.4
Αντοχή ανεμπόδιστης θλίψης	γ_{qu}	1.0	1.4
Ειδικό βάρος	γ_{γ}	1.0	1.0

*Ο συντελεστής εφαρμόζεται στην τιμή της $\tan\varphi'$

Πίνακας 2.18. Μερικοί συντελεστές εδαφικών παραμέτρων, γ_M , κατά τον Ευρωκώδικα EN 1997-1

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Τρόπος ανάλυσης 2

Ακολουθεί πρακτικά τις διατάξεις του γερμανικού κανονισμού DIN 1054 για οριακή κατάσταση GZ1 παρότι οι προτεινόμενες από τον Ευρωκώδικα τιμές μερικών συντελεστών ξ διαφέρουν από αυτές του γερμανικού κανονισμού.

Συνδυασμός : A1 + M1 + R2

Όλοι οι μερικοί συντελεστές επί των εδαφικών παραμέτρων της ομάδας M1 έχουν μοναδιαία τιμή. Κατά συνέπεια μερικοί συντελεστές ασφαλείας εφαρμόζονται επί των δράσεων και των αντιστάσεων.

Τρόπος ανάλυσης 3

Πρόκειται για τρίτο συμπληρωματικό συνδυασμό.

Συνδυασμός : (A1 ή A2) + M2 + R3

Οι συντελεστές της ομάδας A1 εφαρμόζονται στις δράσεις από την ανωδομή ενώ οι αντίστοιχοι της ομάδας A2 στις δράσεις από το έδαφος (αρνητικές τριβές). Επιπρόσθετα, ο Ευρωκώδικας προβλέπει την εφαρμογή μερικών συντελεστών ασφαλείας στην αντίσταση αιχμής και την πλευρική αντίσταση στις περιπτώσεις δοκιμαστικών φορτίσεων όταν αυτές καταγράφονται ξεχωριστά. Όταν επίσης λαμβάνεται υπόψη η δράση των αρνητικών τριβών το ίδιο βάρος του πασσάλου μπορεί να παραβλεφθεί, ενώ αντίθετα λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση εφελκυσόμενων πασσάλων.

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Δράση	Συμβολισμός	Ομάδα	
		A1	A2
Μόνιμη	Δυσμενής	1.35	1.0
	Ευνοϊκή	1.0	1.0
Μεταβλητή	Δυσμενής	1.5	1.3
	Ευνοϊκή	0	0

Πίνακας 2.14. Μερικοί συντελεστές φορτίσεων, γ_G , και αντιδράσεων, γ_Q , κατά Ευρωκώδικα EN 1997-1

Εδαφική παράμετρος	Συμβολισμός	Ομάδα	
		M1	M2
Γωνία διατμητικής αντοχής*	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Ενεργός συνοχή	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Αστράγγιστη διατμητική αντοχή	$\gamma_{\sigma u}$	1.0	1.4
Αντοχή ανεμπόδιστης θλίψης	$\gamma_{q u}$	1.0	1.4
Ειδικό βάρος	γ_{γ}	1.0	1.0

*Ο συντελεστής εφαρμόζεται στην τιμή της $\tan \varphi'$

Πίνακας 2.18. Μερικοί συντελεστές εδαφικών παραμέτρων, γ_M , κατά τον Ευρωκώδικα EN 1997-1

Αντίσταση	Συμβολισμός	Ομάδα			
		R1	R2	R3	R4
Αιχμής	γ_b	1.25	1.1	1.0	1.6
Πλευρική (υπό θλίψη)	γ_s	1.0	1.1	1.0	1.3
Συνολική	γ_t	1.15	1.1	1.0	1.5
Πλευρική (υπό εφελκυσμό)	$\gamma_{s,t}$	1.25	1.15	1.1	1.6

Πίνακας 2.17. Μερικοί συντελεστές αντίστασης, γ_R , για έγχυτους πασσάλους κατά τον Ευρωκώδικα EN 1997-1

Τρόπος ανάλυσης 1

Βασίζεται στις αγγλοσαξονικές και σκανδιναβικές προσεγγίσεις του θέματος και περιλαμβάνει τους ακόλουθους δύο συνδυασμούς:

$$\text{Συνδυασμός 1 : } A1 + M1 + R1$$

$$\text{Συνδυασμός 2 : } A2 + (M1 \text{ ή } M2) + R4$$

Τρόπος ανάλυσης 2

Ακολουθεί πρακτικά τις διατάξεις του γερμανικού κανονισμού DIN 1054 για οριακή κατάσταση GZ1 παρότι οι προτεινόμενες από τον Ευρωκώδικα τιμές μερικών συντελεστών γ διαφέρουν από αυτές του γερμανικού κανονισμού.

$$\text{Συνδυασμός : } A1 + M1 + R2$$

Όλοι οι μερικοί συντελεστές επί των εδαφικών παραμέτρων της ομάδας M1 έχουν μοναδιαία τιμή. Κατά συνέπεια μερικοί συντελεστές ασφαλείας εφαρμόζονται επί των δράσεων και των αντιστάσεων.

Επιτρεπόμενο φορτίο

$$R_{ud} = \frac{1}{\gamma_m} \left[\frac{1}{\gamma_{bR}} A_b q_{bu,k(Sg)} + \frac{1}{\gamma_{sR}} \pi D \sum_{i=1,n} f_{su,k(Sg)}^i L_i \right]$$

Τρόπος Ανάλυσης (D.A.) στην Ελληνική Επικράτεια

A1 + M1 + R2

A1: 1.35 στα μόνιμα φορτία, 1.50 στα κινητά (δυσμενείς δράσεις)

M1: μοναδιαίοι συντελεστές

R2: $\gamma_{bR} = 1.1$ $\gamma_{sR} = 1.1$ (στατικές συνθήκες)

$\gamma_{bR} = 1.0$ $\gamma_{sR} = 1.0$ (σεισμικές συνθήκες)

$\gamma_m = 1.3$ (συντελεστής προσομοίωσης)

Παράδειγμα

Δίνεται η παρακάτω εδαφική τομή. Να προσδιορισθούν οι χαρακτηριστικές τιμές των επιμέρους αντιστάσεων πασσάλου διαμέτρου $D = 1.50 \text{ m}$ και βάθους $L = 40.00 \text{ m}$ καθώς και ο συντελεστής ασφαλείας. Τα ασκούμενα από την ανώδομη φορτία είναι $F_{x,s} = 3000 \text{ kN}$ και $F_{x,o} = 1000 \text{ kN}$. Να αγνοηθούν τα πρώτα 2 μέτρα του πασσάλου όπου προβλέπεται η κατασκευή κεφαλόδεσμου. Να αγνοηθεί η συνεισφορά του κεφαλόδεσμου καθώς και οι επιπτώσεις ομάδας.

Βάθος

0.00

A:	Φαιοπράσινη χαλαρή ιλυώδης άμμος	[ML, SM]
$N_{spt} = 4 \pm 3$	$W_L = 33 \pm 2$	$\gamma = 20.0$
$\phi = 30$	$\alpha_L = 2$	

6.00

ως ανωτέρω με $\alpha_L = 4$

12.00

B:	Μαλακή μελανότεφρη άργιλος υψηλής πλαστικότητας με όστρακα και οργανικά κατά θέσεις (σε υδαρή κατάσταση κατά θέσεις)	[SC, SM]
$N_{spt} = 8 \pm 6$	$W_L = 57 \pm 5$	$W_p = 20 \pm 2$
$w = 44$	$\gamma = 17.0$	$c_u = 15 \div 30$

25.00

C:	Καστανοπράσινη στιφρή αμμώδης άργιλος μέσης πλαστικότητας	[CL]
$N_{spt} > 21$	$W_L = 48$	$W_p = 17$
$w = 26$	$\gamma = 21.0$	$c_u = 110$

35.00

D:	Καστανού χρώματος πολύ στιφρή αμμώδης άργιλος με αμμώδεις ενστρώσεις μέσης πυκνότητας έως πολύ πυκνές	[CL, SC]
$N_{spt} > 40$	$W_L = 39$	$W_p = 15$
$w = 19$	$\gamma = 21.0$	$c_u = 170$

ΥΠΟΜΝΗΜΑ:

N_{spt} : Αριθμός χτύπων ΤΔΔ

W_L : Όριο υδαρότητας

W_p : Όριο πλαστικότητας

w : Φυσική υγρασία (%)

γ : Υγρό φαινόμενο βάρος (kN/m^3)

α_L : Αντίσταση αιχμής πενετρομέτρου (MPa)

ϕ : Γωνία τριβής (°)

c_u : Αστράγγιστη διατμητική αντοχή (kPa)

α. Ανάλυση με τη μέθοδο συνολικού συντελεστή ασφαλείας ($FS=2$, DIN 4014)

Εφαρμόζεται ο γερμανικός κανονισμός DIN 4014. Στον πίνακα του σχήματος που ακολουθεί δίνονται οι τιμές μοναδιαίας πλευρικής αντίστασης, οι επιφάνειες αντίστασης για την κάθε στρώση, καθώς και η μοναδιαία τιμή αντίστασης αιχμής.

ΑΞΟΝΙΚΗ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ ΚΑΤΑ DIN 4014 & EN 1997-1

Στρώση Layer	Στάθμη Level (m)	Τύπος εδάφους Soil type	Su kPa	q _s MPa	q _u MPa	τ _{ult}	Επιφάνεια Area m ²	Q _r kN	Κατίρυψη Δύναμη kN/m	Οριζόντια Ελατήρια MN/m ²
1	-6.0	1		2.0		0.016	18.85	301	75.4	9.0
2	-12.0	1		4.0		0.032	28.27	904	160.8	18.0
3	-25.0	2	25			0.025	61.26	1531	117.8	1.7
4	-35.0	2	110			0.042	47.12	1978	197.9	7.4
5	-45.0	2	170			0.054	23.56	1272	254.5	11.4

Τύπος εδάφους (Soil type): 1, 2, 3 : Ψαθινό (Non cohesive), Συνεκτικό (Cohesive), Βραχώδες (Rock)

5986

ΤΑΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (MPa) = 1.29

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ

- Σχετικό Υψόμετρο Εδάφους - Rel Ground Level (m) = 0.00
- Απόλυτο Υψόμετρο Εδάφους - Abs Ground Level (m) = 8.00
- Διάμετρος Πασσάλου - Pile Diameter (m) = 1.50
- Στάθμη Κορυφής Πασσάλου - Pile top Level (m) = 8.00
- Στάθμη Ακμής Πασσάλου - Pile base Level (m) = -32.0
- Μήκος Πασσάλου - Pile Length (m) = 40.00
- Βάθος Έντασης Τριβής - Level of Q_s Mobilization (m) = -2.00
- Στάθμη Υψόγυιου νερού - Ground WT Level (m) = -2.00

S (cm)	Q _r (kN)	Q _s (kN)	Q (kN)	K _v (MN/m)
3.0	5986	1298	7285	242.8
3.0	5986	1298	7285	242.8
4.5	5986	1598	7585	168.6
15.0	5986	2278	8265	55.1

DIN 1054 : Επιτρεπόμενα Φορτία Q_{sp}=(Q_r+Q_s)/n S(cm) K_v(MN/m)

Φόρτιση "1" : n=2, n_e=2 :

Q _{sp}	4133	1.70	242.8
Q _{sp}	6358	2.62	242.8

Οδηγία E39/99 : n=1.3

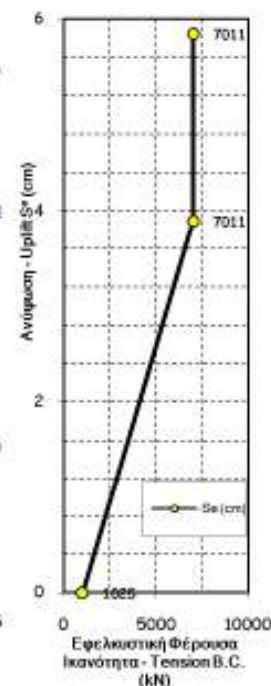
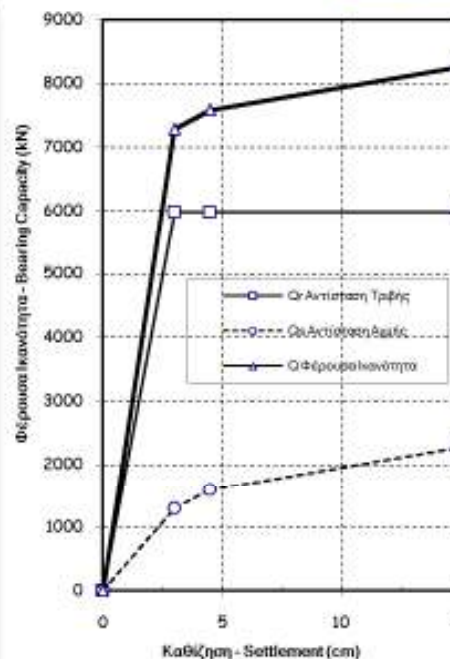
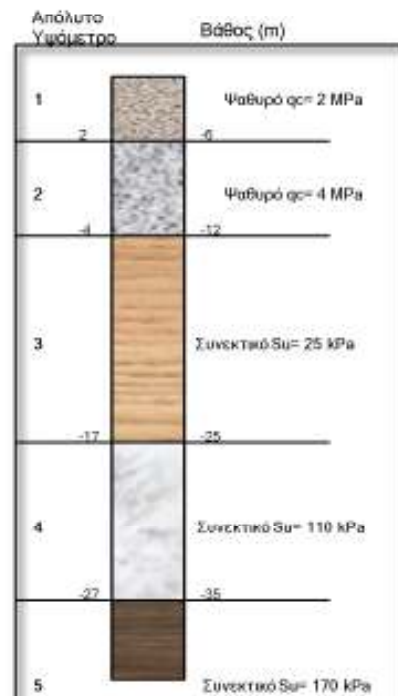
EN 1997-1 : Αντοχές σχεδιασμού - R_{cd}=(Q_s/γ_s+Q_r/γ_s)

Συνδυασμός "R4" : γ_s=1.6, γ_s=1.3

R _{cd}	6029	2.48	242.8
R _{cd}	7809	7.96	98.1

Συνδυασμός "R1" : γ_s=1.25, γ_s=1.0

ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ



ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ - ABBREVIATIONS
 R_{cd} : Ανεπιτρεπτή τάση - Unacceptable stress strength

q_p : Αντίσταση ακμής πασσάλου - Pile point resistance
 S : Καθίζηση κεφαλής πασσάλου - Pile Head Settlement

Q_s : Αντίσκιση βάσης - Base resistance
 Q : Αντοχή βάσης - Compressive capacity

β. Εφαρμογή Ευρωκώδικα EN 1997-1**Τρόπος ανάλυσης DA-1: Συνδυασμός 1**

$$F_{u,d} = \gamma_G F_{kG} + \gamma_Q F_{kQ} = 1.35 \times 3000 + 1.5 \times 1000 = 5500 \text{ kN}$$

$$R_{su,k} = 5986 \text{ kN}$$

$$R_{pu,k} = 2278 \text{ kN}$$

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_{sR}} R_{su,k} + \frac{1}{\gamma_{pR}} R_{pu,k} = \frac{1}{1.0} 5986 + \frac{1}{1.25} 2278 = 7808 \text{ kN}$$

Έλεγχος επάρκειας:

$$F_{u,d} \leq R_{u,d} \Rightarrow 5500 < 7808 \quad \checkmark$$

γ. Εφαρμογή Ευρωκώδικα EN 1997-1**Τρόπος ανάλυσης DA-1: Συνδυασμός 2**

$$F_{u,d} = \gamma_G F_{kG} + \gamma_Q F_{kQ} = 1.0 \times 3000 + 1.3 \times 1000 = 4300 \text{ kN}$$

$$R_{su,k} = 5986 \text{ kN}$$

$$R_{pu,k} = 2278 \text{ kN}$$

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_{sR}} R_{su,k} + \frac{1}{\gamma_{pR}} R_{pu,k} = \frac{1}{1.3} 5986 + \frac{1}{1.6} 2278 = 6028 \text{ kN}$$

Έλεγχος επάρκειας:

$$F_{u,d} \leq R_{u,d} \Rightarrow 4300 < 6028 \quad \checkmark$$

δ. Εφαρμογή Ευρωκώδικα EN 1997-1**Τρόπος ανάλυσης DA-2**

$$F_{u,d} = \gamma_G F_{kG} + \gamma_Q F_{kQ} = 1.35 \times 3000 + 1.5 \times 1000 = 5500 \text{ kN}$$

$$R_{su,k} = 5986 \text{ kN}$$

$$R_{pu,k} = 2278 \text{ kN}$$

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_{sR}} R_{su,k} + \frac{1}{\gamma_{pR}} R_{pu,k} = \frac{1}{1.1} 5986 + \frac{1}{1.1} 2278 = 7512 \text{ kN}$$

Έλεγχος επάρκειας:

$$F_{u,d} \leq R_{u,d} \Rightarrow 5500 < 7512 \quad \checkmark$$

ε. Εφαρμογή Ευρωκώδικα EN 1997-1

Τρόπος ανάλυσης DA-2*

Εφαρμόζεται στην Ελληνική Επικράτεια

$$F_{u,d} = \gamma_G F_{kG} + \gamma_Q F_{kQ} = 1.35 \times 3000 + 1.5 \times 1000 = 5500 \text{ kN}$$

$$R_{su,k} = 5986 \text{ kN}$$

$$R_{pu,k} = 2278 \text{ kN}$$

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_m} \left[\frac{1}{\gamma_{sR}} R_{su,k} + \frac{1}{\gamma_{pR}} R_{pu,k} \right] = \frac{1}{1.3} \left[\frac{1}{1.1} 5986 + \frac{1}{1.1} 2278 \right] = 5779 \text{ kN}$$

Έλεγχος επάρκειας:

$$F_{u,d} \leq R_{u,d} \Rightarrow 5500 < 5779 \quad \checkmark$$

στ. Εφαρμογή Ευρωκώδικα EN 1997-1

Τρόπος ανάλυσης 3

$$F_{u,d} = \gamma_G F_{kG} + \gamma_Q F_{kQ} = 1.35 \times 3000 + 1.5 \times 1000 = 5500 \text{ kN}$$

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_{sR}} R_{su} \left(\frac{c_k}{\gamma_M}, \frac{\tan \phi_k}{\gamma_M} \right) + \frac{1}{\gamma_{pR}} R_{pu} \left(\frac{c_k}{\gamma_M}, \frac{\tan \phi_k}{\gamma_M} \right)$$

ή για την περίπτωση DIN όπου προσδιορίζονται οι μοναδιαίες τιμές αντίστασης και σε αυτές εφαρμόζονται οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας:

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_{sR}} R_{su} \left(\frac{f_{su,k}}{\gamma_M} \right) + \frac{1}{\gamma_{pR}} R_{pu} \left(\frac{f_{pu,k}}{\gamma_M} \right) = \frac{1}{\gamma_{sR}} R_{su,d} + \frac{1}{\gamma_{pR}} R_{pu,d}$$

Στρώση	c_u (kPa)	q_c (MPa)	γ_M	$f_{su,k}$ (kPa)	$f_{pu,d}$ (kPa)
1	-	2.0	1.25	16	12.8
2	-	4.0	1.25	32	25.6
3	25	-	1.40	25	17.8
4	110	-	1.40	42	30.0
5	17-0	-	1.40	54	38.6

$$\begin{aligned} R_{su,d} &= R_{su,d}^1 + R_{su,d}^2 + R_{su,d}^3 + R_{su,d}^4 + R_{su,d}^5 = \\ &= \frac{301}{1.25} + \frac{904}{1.25} + \frac{1531}{1.40} + \frac{1978}{1.40} + \frac{1272}{1.40} = 4379 \text{ kN} \end{aligned}$$

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Αντίστοιχα, η οριακή τιμή σχεδιασμού της αντίστασης αιχμής θα είναι:

$$\left. \begin{aligned} R_{pu,d} &= \frac{\pi D^2}{4} q_{pu,d} \\ q_{pu,d} &= \frac{q_{pu,k}}{\gamma_M} = \frac{1,29}{1,4} = 0,92 \text{ MPa} \end{aligned} \right\} \rightarrow R_{pu,d} = 1627 \text{ kN}$$

Κατά συνέπεια, η τιμή σχεδιασμού της αντίστασης του πασσάλου θα είναι:

$$R_{u,d} = \frac{1}{\gamma_{sR}} R_{su,k} + \frac{1}{\gamma_{pR}} R_{pu,k} = \frac{1}{1,0} 4379 + \frac{1}{1,0} 1627 = 6006 \text{ kN}$$

Έλεγχος επάρκειας:

$$F_{u,d} \leq R_{u,d} \Rightarrow 4686 < 6006 \quad \checkmark$$

Σύγκριση Μεθοδολογιών

Για τη σχετική αποτίμηση των ανωτέρω μεθοδολογιών συγκρίνεται ο λόγος της απομένουσας δύναμης πέραν των προβλεπόμενων συντελεστών ασφαλείας ως προς την τιμή $R_{u,d}$.

Τρόπος Ανάλυσης	Απομένουσα Δύναμη F_R (kN)	$R_{u,d}$ (kPa)	$F_R/R_{u,d}$
Καθολικοί συντελεστές, DIN 4014	265	8265	0.03
DA-1, Συνδυασμός 1	2308	7808	0.30
DA-1, Συνδυασμός 2	1728	6028	0.29
DA-2	2012	7512	0.28
DA-2*	279	5778	0.05
DA-3	1320	6006	0.22

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

Στρώση Layer	Στάθμη Level (m)	Τύπος εδάφους Soil type	Su kPa	q _c MPa	q _u MPa	τ _{mf}	Επιφάνεια Area m ²	Q _r kN	Κατ/ρυφη Δύναμη kN/m	Οριζόντια Ελατήρια MN/m ²
1	-7.0	2	45			0.029	18.85	547	109.3	3.0
2	-16.0	2	15			0.015	33.93	509	56.5	1.0
3	-32.0	2	35			0.027	60.32	1629	101.8	2.3
4	-44.0	1		6.0		0.048	45.24	2171	181.0	27.0
5	-60.0	1		10.0		0.080	15.08	1206	301.6	45.0

Τύπος εδάφους (Soil type): 1, 2, 3 ; Ψαθυρό (Non cohesive), Συνεκτικό (Cohesive), Βραχώδες (Rock)

6062

ΤΑΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (MPa) = 2.00

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ

Στρώση Layer	Στάθμη Level (m)	Τύπος εδάφους Soil type	Su kPa	q _c MPa	q _u MPa	τ _{mf}	Επιφάνεια Area m ²	Q _r kN	Κατ/ρυφη Δύναμη kN/m	Οριζόντια Ελατήρια MN/m ²
1	-7.0	2	45			0.029	18.85	547	109.3	3.0
2	-16.0	2	15			0.015	33.93	509	56.5	1.0
3	-32.0	2	35			0.027	60.32	1629	101.8	2.3
4	-44.0	1		6.0		0.048	45.24	2171	181.0	27.0
5	-60.0	1		10.0		0.080	15.08	1206	301.6	45.0

ΤΑΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (MPa) = 2.00

S (mm)	D ₁ (mm)	Q ₁ (kN)	Q (kN)	K ₁ (MN/m)
2.5	4850	791	3841	235.0
3.0	4962	908	4346	232.7
3.6	5082	1017	4979	196.6
12.0	6062	2281	8323	68.4

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ

Στάθμη γέφυρας Εδάφους: -60.00m Level (m)

Απόσταση γέφυρας Εδάφους: -60.00m Level (m)

Απόσταση Πασσαλίου: -60.00m Level (m)

Στάθμη Κραδής Πασσαλίου: -60.00m Level (m)

Στάθμη Άκρας Πασσαλίου: -60.00m Level (m)

Μέκος Πασσαλίου: -60.00m Level (m)

Μέκος Κραδής: -60.00m Level (m)

Στάθμη Πασσαλίου: -60.00m Level (m)

ΓΡΑΦΗ ΔΕΙΚΝΟΥΣΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΞΗ

ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΑΠΕΙΡΑΝΤΙΣΕΙΣ

q_c: Κατακόρυφη τάση, χωρίς εδαφική τάση

q_u: Κατακόρυφη τάση, χωρίς εδαφική τάση

τ_{mf}: Κατακόρυφη τάση, χωρίς εδαφική τάση

Q_r: Κατακόρυφη δύναμη, χωρίς εδαφική τάση

K₁: Κατακόρυφη ελατήρια, χωρίς εδαφική τάση

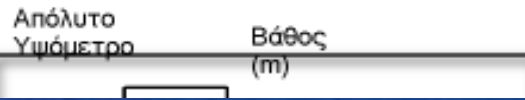
**Αμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών**

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ

- Σχετικό Υψόμετρο Εδάφους - Rel Ground Level (m)= 0.00
- Απόλυτο Υψόμετρο Εδάφους - Abs Ground Level (m)= 0.00
- Διάμετρος Πασσάλου - Pile Diameter (m)= 1.20
- Στάθμη Κεφαλής Πασσάλου - Pile top Level (m)= 0.00
- Στάθμη Αιχμής Πασσάλου - Pile base Level (m)= -48.0
- Μήκος Πασσάλου - Pile Length (m)= 48.00
- Βάθος Ενεργίου. Τριβής-Level of Q_r Mobilization (m)= -2.00
- Στάθμη Υπόγειου νερού - Ground WT Level (m)= -2.00

ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ



S (cm)	Q_r (kN)	Q_s (kN)	Q (kN)	K_v (MN/m)
2.4	4850	791	5641	235.0
3.0	6062	904	6966	232.2
3.6	6062	1017	7079	196.6
12.0	6062	2261	8323	69.4

DIN 1054 : Επιτρεπόμενα Φορτία $Q_{sep}=(Q_r+Q_s)/n$

Φόρτιση "1" : $n=2$, $n_e=2$:

Οδηγία E39/99 : $n=1.3$

EN 1997-1 : Αντοχές σχεδιασμού - $R_{cd}=(Q_s/\gamma_b+Q_r/\gamma_s)/\gamma_m$

"DA-2*": $\gamma_b=1.1$, $\gamma_s=1.1$, $\gamma_m=1.3$

"DA-2* Ssm": $\gamma_b=1.0$, $\gamma_s=1.0$, $\gamma_m=1.3$

"DA-1": $\gamma_b=1.6$, $\gamma_s=1.3$, $\gamma_m=1.0$

S(cm) K_v (MN/m)

$Q_{sep}= 4161$ 1.77 235.0

$Q_{sep}= 6402$ 2.74 233.3

$R_{cd}= 5820$ 2.48 234.6

$R_{cd}= 6402$ 2.74 233.3

$R_{cd}= 6076$ 2.60 234.0

Σταθμή Layer	Επίπεδο Level (m)	Τύπος εδάφους Soil type	σ_{u1} MPa	ϕ_u MPa	ψ_u MPa	τ_{u1}	Επιπέδισμα σ_{u1}	Qr	Κατηγορία σ_{u1}	Οριζόντια Ελαστικότητα
1	0.0	2	16			0.020	18.81	947	100.5	3.0
2	-8.0	2	16			0.015	33.93	509	66.5	1.0
3	-32.0	2	25			0.027	60.32	1629	101.8	2.3
4	-48.0	1		8.5		0.048	45.24	2171	181.6	27.0
5	-68.0	1		15.0		0.090	15.08	1256	301.6	45.0

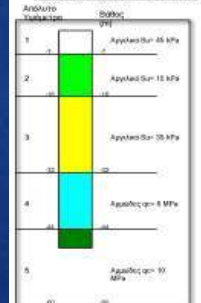
Τύπος εδάφους Soil type 1, 2, 3: Φάσμα γέφυρας οδοστρώματος Σχεδιαστικό (Ευρωπαϊκό) Αριθμός γέφυρας 0062

ΤΑΞΗ ΑΙΧΜΗΣ (MPa) = 2.00

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ

- Σχετικό υψόμετρο Εδάφους - Rel Ground Level (m)= 0.00
- Απόλυτο υψόμετρο Εδάφους - Abs Ground Level (m)= 0.00
- Διάμετρος Πασσάλου - Pile Diameter (m)= 1.20
- Στάθμη Κεφαλής Πασσάλου - Pile top Level (m)= 0.00
- Στάθμη Αιχμής Πασσάλου - Pile base Level (m)= -48.0
- Μήκος Πασσάλου - Pile Length (m)= 48.00
- Βάθος Ενεργίου Τριβής Level of Q_r Mobilization (m)= -2.00
- Στάθμη Υπόγειου νερού - Ground WT Level (m)= -2.00

ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ



S (cm)	Q_r (kN)	Q_s (kN)	Q (kN)	K_v (MN/m)
2.4	4850	791	5641	235.0
3.0	6062	904	6966	232.2
3.6	6062	1017	7079	196.6
12.0	6062	2261	8323	69.4

DIN 1054 : Επιτρεπόμενα Φορτία $Q_{sep}=(Q_r+Q_s)/n$

Φόρτιση "1" : $n=2$, $n_e=2$:

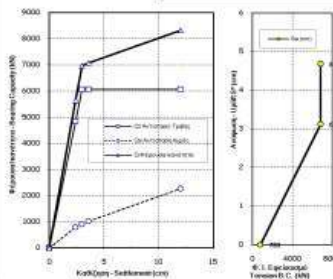
Οδηγία E39/99 : $n=1.3$

EN 1997-1 : Αντοχές σχεδιασμού - $R_{cd}=(Q_s/\gamma_b+Q_r/\gamma_s)/\gamma_m$

"DA-2*": $\gamma_b=1.1$, $\gamma_s=1.1$, $\gamma_m=1.3$

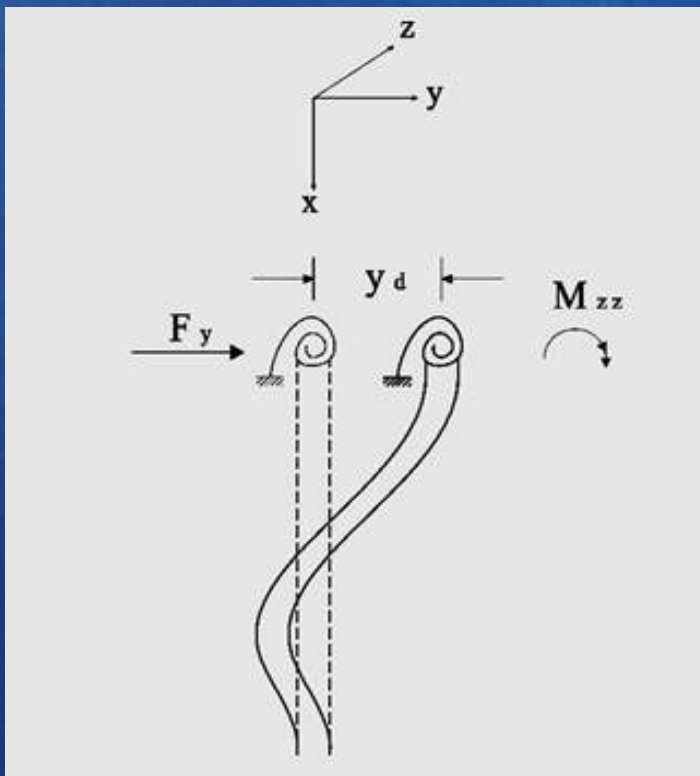
"DA-2* Ssm": $\gamma_b=1.0$, $\gamma_s=1.0$, $\gamma_m=1.3$

"DA-1": $\gamma_b=1.6$, $\gamma_s=1.3$, $\gamma_m=1.0$

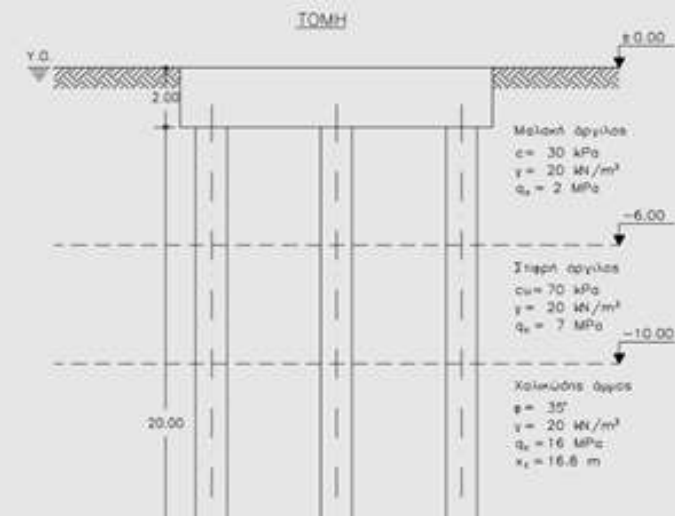
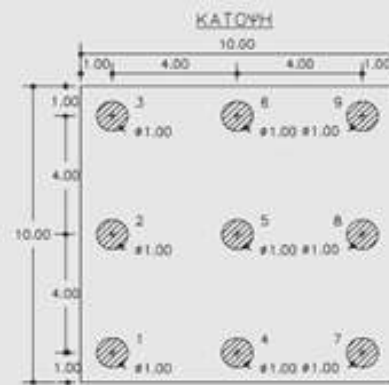


ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ - ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ
 σ_{u1} : Αντίσταση γέφυρας οδοστρώματος - Rel road resistance
 ϕ_u : Αντίσταση γέφυρας οδοστρώματος - Rel road settlement
 ψ_u : Αντίσταση γέφυρας οδοστρώματος - Rel road settlement
 τ_{u1} : Αντίσταση γέφυρας οδοστρώματος - Rel road settlement
 σ_{u1} : Αντίσταση γέφυρας οδοστρώματος - Rel road resistance
 ϕ_u : Αντίσταση γέφυρας οδοστρώματος - Rel road settlement
 ψ_u : Αντίσταση γέφυρας οδοστρώματος - Rel road settlement
 τ_{u1} : Αντίσταση γέφυρας οδοστρώματος - Rel road settlement

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7



$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_{xx} \\ M_{yy} \\ M_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_{22} & 0 & 0 & 0 & K_{26} \\ 0 & 0 & K_{33} & 0 & K_{35} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K_{53} & 0 & K_{55} & 0 \\ 0 & K_{62} & 0 & 0 & 0 & K_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \\ z_d \\ \varphi_x \\ \varphi_y \\ \varphi_z \end{bmatrix}$$



Αντικατάσταση της θεμελίωσης πασσάλων με μητρώο δυσκαμψίας 6 x 6 το οποίο συμπεριλαμβάνει και τις επιπτώσεις λόγω λειτουργίας ομάδας

Βαθιές Θεμελιώσεις | DIN 4014 – Ευρωκώδικας 7



τέλος

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών