

## Κεφάλαιο 6. Θεμελιώσεις

### 6.0. Γενικά

#### 6.0.1. Βασικοί ορισμοί

Επειδή οι θεμελιώσεις αναλύονται σε 2 κεφάλαια, στο 6<sup>ο</sup> και το 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο, και το 6<sup>ο</sup> έχει τις εξής παραγράφους

- άμεση (& αβαθής) θεμελίωση σε στεγνό περιβάλλον
- υποθεμελίωση τοίχων και πέδινων
- αβαθής θεμελίωση

και το 7<sup>ο</sup> τις εξής παραγράφους

- αβαθής άμεση θεμελίωση μέσα σε νερό
- αβαθής θεμελίωση σε στεγνό περιβάλλον μετά από βελτίωση του εδάφους

καλό είναι να οριστούν πρώτα κάποιες έννοιες, οι οποίες θα αναλυθούν αργότερα στις σχετικές παραγράφους και κεφάλαια.

Ο υπολογισμός των αβαθών θεμελιώσεων, θα εξεταστεί στα κεφάλαια 8, 9 και 10.

Ο υπολογισμός των βαθιών θεμελιώσεων, θα εξεταστεί στα κεφάλαια 11 και 12.

Τα τελευταία κεφάλαια 13 έως 16 αυτού του εξαμήνου, αφορούν κατολισθήσεις, ευστάθεια πρανών, και τοίχους αντιστήριξης.

Εργασίες θεμελίωσης, (α) είναι η προετοιμασία του εδάφους όπου το θεμέλιο θα εδραστεί (και θα μεταφέρει τα φορτία της κατασκευής στο έδαφος) και (β) η κατασκευή των δομικών στοιχείων των θεμελίων.

Άμεσες θεμελιώσεις είναι από τις αβαθείς, αυτές που η πρώτη φάση εργασιών θεμελίωσης μπορεί να περιοριστεί σε απλή διαμόρφωση του εδάφους.

Μη άμεσες θεμελιώσεις, είναι αυτές που δεν είναι άμεσες, στις οποίες το έδαφος χρειάζεται ποιοτική προετοιμασία με διάφορα μέσα, που λέγεται βελτίωση εδάφους.

Αβαθής θεμελίωση είναι αυτή που οι δύο εργασίες της θεμελίωσης, γίνονται σε 2 φάσεις. Ακόμη αβαθής θεμελίωση λέγεται όταν το βάθος έδρασης του θεμελίου, είναι μικρότερο από το πλάτος του.

Βαθιές θεμελιώσεις, είναι αυτές που οι δύο εργασίες της θεμελίωσης, γίνονται συγχρόνως. Ακόμη βαθιές θεμελιώσεις λέγονται όταν το βάθος έδρασης του θεμελίου, είναι μεγαλύτερο από το πλάτος τους.

Η αβαθής θεμελίωση, μπορεί να γίνεται μέσα σε στεγνό περιβάλλον, οπότε έχουμε άμεση (& αβαθή) θεμελίωση σε στεγνό περιβάλλον, ή μπορεί να γίνεται μέσα στο νερό, όπως στην θάλασσα για λιμενικά έργα, σε ποτάμια για γέφυρες, ή σε ψηλή στάθμη υπογείων υδάτων.

#### 6.0.2. Παράγοντες επιλογής συστήματος θεμελίωσης

Τα θεμέλια είναι τα δομικά στοιχεία, που υποστηρίζουν τις κολώνες - υποστυλώματα, και τους τοίχους ή τα τοιχεία, και μεταφέρουν τα φορτία τους στο έδαφος, όπου και εδράζονται. Η πίεση που μπορεί να δεχτεί το έδαφος είναι μερικά kN/m<sup>2</sup> (όπου 1 kN ισούται με 98.1 kg).

Οι τοίχοι και τα υποστυλώματα μπορούν να δεχτούν και μεταφέρουν πίεση εκατοντάδες kN/m<sup>2</sup>, πολύ περισσότερη από αυτή που αντέχει το έδαφος. Ως γνωστόν, η πίεση ισούται με το πηλίκο της δύναμης-φορτίο, διά την επιφάνεια. Άρα είναι αναγκαίο να διευρυνθεί η επιφάνεια της διατομής των θεμελίων, για να μειωθεί η πίεση στο έδαφος.

Τα θεμέλια σχεδιάζονται (μελετώνται) για να μεταφέρουν τα φορτία του κτιρίου, με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκλειστούν μεγάλες καθιζήσεις, να μην έχουν μεγάλη στροφή των θεμελίων (που προκαλεί ροπές κάμψης), θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζουν την ισορροπία και σταθερότητα της κατασκευής, ώστε να αποκλειστεί ενδεχόμενη ανατροπή ή και ολίσθηση της κατασκευής.

Για να επιτευχθούν τα ανωτέρω (δηλαδή να αποφευχθούν μεγάλες καθιζήσεις, στροφές θεμελίων, ανατροπή & ολίσθηση κατασκευής) πρέπει το έδαφος να έχει αρκετή αντοχή, ώστε οι διευρυμένες διατομές των θεμελίων, να ασκούν πιέσεις στο έδαφος που να είναι εκτός κάποιων ορίων. Αν το έδαφος δεν είναι κατάλληλο σε μικρό βάθος, μπορεί να γίνει βελτίωση του εδάφους, ή να χρησιμοποιηθεί βαθιά θεμελίωση με πασσάλους.

Η θεμελίωση δεν γίνεται με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα έργα. Το σύστημα και η μορφή της διαφέρει. Οι παράγοντες που πρέπει να εξετάσουμε για επιλέξουμε την κατάλληλη θεμελίωση για κάθε έργο, είναι:

- είδος και μορφή έργου
- μέγεθος και ύψος του έργου, από αυτά προκύπτουν τα φορτία του έργου, τα οποία μέσω θεμελίων μεταφέρονται στο έδαφος
- το είδος και η αντοχή του εδάφους, επειδή από αυτά καθορίζονται οι επιτρεπόμενες επιβαρύνσεις
- η στάθμη των υπογείων υδάτων, αν μπορούν να αντληθούν, από αυτά καθορίζεται εάν οι εργασίες θα γίνουν σε στεγνό περιβάλλον, ή μέσα στο νερό.

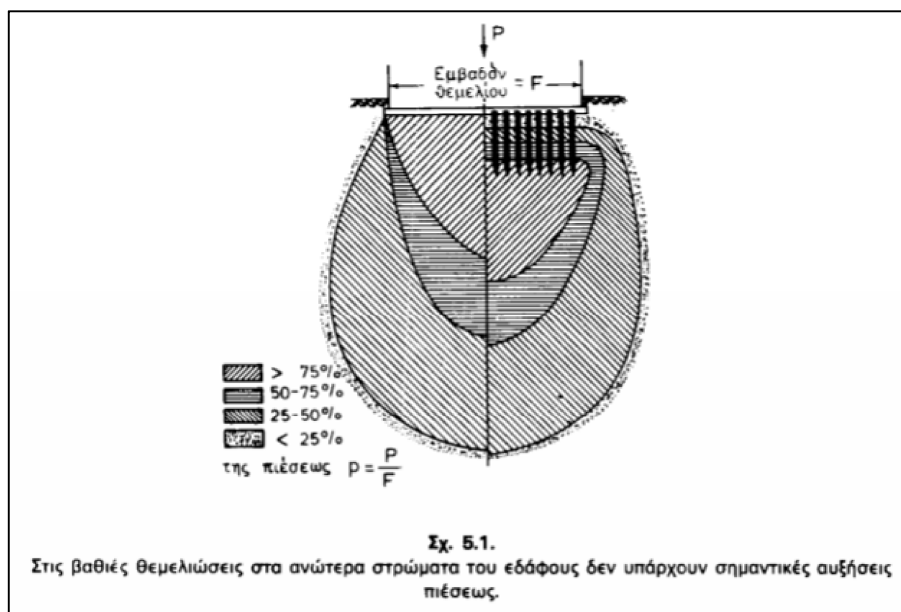
Οι πρώτοι δύο παράγοντες, δηλαδή είδος, μορφή, μέγεθος, ύψος του έργου, σχετίζονται μόνο με το έργο που θα κατασκευαστεί, και είναι γνωστοί από πριν στον μελετητή, που έχει υπολογίσει τα φορτία που παραλάβουν τα θεμέλια, για να τα μεταφέρουν στο έδαφος. Για τους άλλους δύο παράγοντες, πρέπει να γίνει εδαφοτεχνική έρευνα. Και μετά να επιλεγεί το σύστημα θεμελίωσης που θα χρησιμοποιηθεί.

### **6.0.3. Διαφορά ανάμεσα σε αβαθή και βαθιά θεμελίωση**

Οι θεμελιώσεις, διακρίνονται σε αβαθείς και σε βαθιές, ανάλογα με το βάθος έδρασης της θεμελίωσης, και έχουν διαφορετικές λειτουργίες. Ως προς την επιβάρυνση του εδάφους, η διαφορά τους φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Στις βαθιές θεμελιώσεις, ο βολβός του εδάφους, στον οποίο τα φορτία του έργου προκαλούν την αύξηση των πιέσεων στο έδαφος, μετατοπίζεται ολόκληρος προς τα κάτω. Τα ανώτερα στρώματα που συνήθως είναι πιο αδύνατα, δεν επιβαρύνονται από τις αυξήσεις των πιέσεων. Από το σχήμα φαίνεται ότι η πίεση μειώνεται στα ανώτερα στρώματα. Οι μεταβολές των πιέσεων επιβαρύνουν τώρα κατώτερα στρώματα, που έχουν συμπιεστεί ήδη από το βάρος του εδάφους που τα καλύπτει, άρα και η παραμόρφωση του είναι μικρότερη. Όσο πιο μεγάλο

είναι το βάθος, της βαθιάς θεμελίωσης, σε σχέση με τις οριζόντιες διαστάσεις του έργου, τόσο πιο έντονη είναι η διαφορά βαθιάς με αβαθή θεμελίωση.



Η συμπίεση ενός στρώματος, εξαρτάται από την αύξηση της πίεσης, και από το πόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση σε σχέση με την αρχική. Η ίδια αύξηση πίεσης, στα ανώτερα στρώματα, είναι πολύ πιο μεγάλη αναλογικά, γιατί έχουν χαμηλή αρχική πίεση. Στα βαθύτερα στρώματα, υπάρχουν υψηλές αρχικές πιέσεις, οπότε η αύξηση πίεσης είναι χαμηλή αναλογικά, και οι καθιζήσεις είναι μικρότερες. Αυτό συμβαίνει όταν τα βαθύτερα στρώματα είναι πιο ανθεκτικά, και όταν το έδαφος είναι ομοιόμορφο ακόμα και σε μεγάλο βάθος.

#### 6.0.4. Αβαθής, βαθιά, ή βελτίωση εδάφους

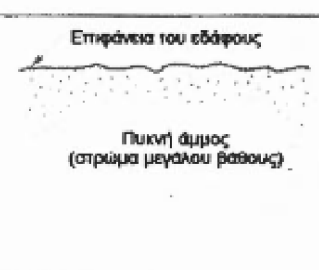
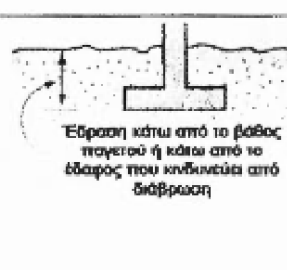
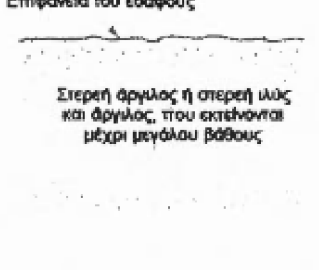

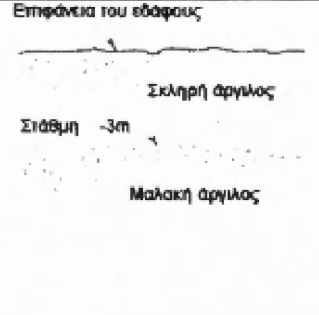


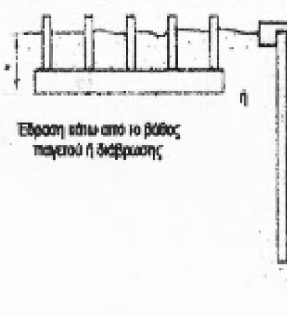
Διαλέγουμε την βαθιά θεμελίωση, όταν τα ανώτερα στρώματα είναι πολύ πιο συμπιεστά σε σχέση με τα κατώτερα, και όταν η βελτίωση του εδάφους (ή η αντικατάσταση του) είναι πολύ δαπανηρή, λόγω χαμηλής αντοχής των ανώτερων στρωμάτων. Η βαθιά θεμελίωση είναι γενικά πιο ακριβή από την αβαθή. Χρειάζεται δηλαδή μια συγκριτική μελέτη, για να διαπιστωθεί αν συμφέρει περισσότερο η βαθιά ή η αβαθής θεμελίωση με βελτίωση εδάφους.

Στους παρακάτω πίνακες, δίνονται παραδείγματα θεμελιώσεων, για διάφορους τύπους και στρώματα εδαφών, και φαίνεται ο καθοριστικός ρόλος των συνθηκών του εδάφους στην επιλογή του κατάλληλου τύπου θεμελίωσης.

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τύποι και στρώματα εδάφους όπως:

- Πυκνή άμμος, στρώματος μεγάλου βάθους
- Στερεή άργιλος, ή στερεή ιλύς και άργιλος (μεγάλου βάθους)
- Σκληρή άργιλος, μετά μαλακή άργιλος
- Χαλαρή άμμος, μεγάλου βάθους

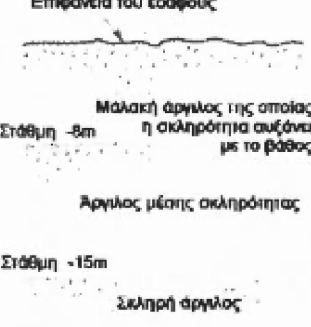
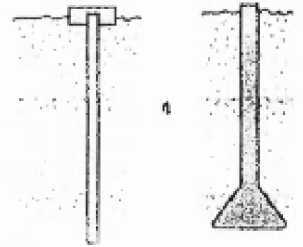
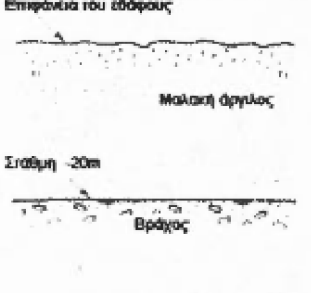

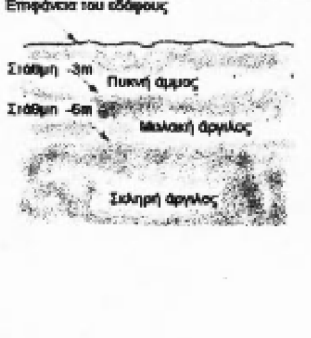
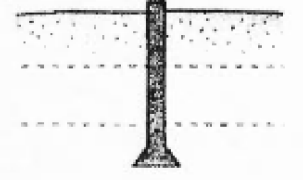

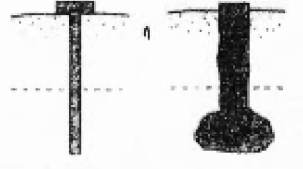
ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Συνθήκες εδάφους	Κατάλληλος τύπος θεμελίου	Σχόλια
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Πυκνή άμμος (στρώμα μεγάλου βάθους)</p>	 <p>Έβραση κάτω από το βάθος παγετού ή κάτω από το έδαφος που κινδυνεύει από διάβρωση</p>	<p>Η θεμελίωση με πέδιλα είναι η πλέον κατάλληλη. Βαθιά θεμελίωση με πασσάλους μπορεί να απαιτηθεί εάν υπάρχει κίνδυνος ανύψωσης ή όταν δρουν άλλες, όχι συνήθεις δυνάμεις.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Στερεή άργιλος ή στερεή μάζα και άργιλος, που εκτείνονται μέχρι μεγάλου βάθους</p>	 <p>Έβραση κάτω από το βάθος παγετού ή κάτω από τη στάθμη μέχρι την οποία μπορεί να συμβεί συρρίκνωση ή διάγνωση λόγω μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας</p>	<p>Η θεμελίωση με πέδιλα είναι η πλέον κατάλληλη.</p> <p>Βλέπε σχόλια της προηγούμενης περίπτωσης.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Σκληρή άργιλος Στάθμη -3m Μαλακή άργιλος</p>	 <p>Έβραση κάτω από το βάθος παγετού ή κάτω από τη στάθμη μέχρι την οποία μπορεί να συμβεί συρρίκνωση ή διάγνωση λόγω μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας</p>	<p>Για μέτριου μεγέθους φορτία, η πλέον κατάλληλη θεμελίωση είναι με πέδιλα, τα οποία δεν θα εδράζονται κοντά στην άργιλο.</p> <p>Για μεγάλα φορτία μπορεί να απαιτηθούν πάσσαλοι.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Στρώμα χαλαρής άμμου που εκτείνεται μέχρι μεγάλου βάθους</p>	 <p>Έβραση κάτω από το βάθος παγετού ή διάβρωσης</p>	<p>Συνιστάται γενική θεμελίωση ή συμπύκνωση του εδάφους και θεμελίωση με πέδιλα. Η έμπηξη πασσάλων είναι μία άλλη λύση με το πλεονέκτημα ότι συμπυκνώνει το έδαφος.</p>

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τύποι και στρώματα εδάφους όπως:

- Μαλακή άργιλος αυξανόμενης σκληρότητας με το βάθος, μετά άργιλος μέσης σκληρότητας, και πιο κάτω σκληρή άργιλος
- Μαλακή άργιλος, και πιο κάτω βράχος
- Πυκνή άμμος, μετά μαλακή άργιλος, και πιο κάτω σκληρή άργιλος
- Μαλακή άργιλος, και πιο κάτω πυκνή άμμος

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Συνθήκες εδάφους	Κατάλληλος τύπος θεμελίου	Σχόλια
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Μαλακή άργιλος της οποίας η σκληρότητα αυξάνει με το βάθος</p> <p>Στάθμη -8m</p> <p>Άργιλος μέσης σκληρότητας</p> <p>Στάθμη -15m</p> <p>Σκληρή άργιλος</p>		<p>Οι πάσσαλοι τριβής ή αιχμής είναι η κατάλληλη λύση, εφόσον είναι ανεκτές μέτριου μεγέθους καθιζήσεις. Μεγάλου μήκους πάσσαλοι μειώνουν τις καθιζήσεις.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Μαλακή άργιλος</p> <p>Στάθμη -20m</p> <p>Βράχος</p>		<p>Συνιστάται βαθιά θεμελίωση (πάσσαλοι, βάθρα, κιβώτια) με έδραση στο βράχο.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Στάθμη -3m Πυκνή άμμος</p> <p>Στάθμη -8m Μαλακή άργιλος</p> <p>Σκληρή άργιλος</p>		<p>Επιφανειακή θεμελίωση θα είχε ως αποτέλεσμα την εκδήλωση μεγάλου μεγέθους καθιζήσεων, λόγω του στρώματος της μαλακής άργιλου. Συνιστάται η λύση των πασσάλων, οι οποίοι θα εδράζονται στο στρώμα της σκληρής άργιλου.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Μαλακή άργιλος</p> <p>Στάθμη -6m</p> <p>Στρώμα πυκνής άμμου</p>		<p>Βαθιά θεμελίωση έγχυτοι πάσσαλοι, "ελικοειδείς" ή πάσσαλοι με διαμόρφωση λωβού στη βάση τους.</p>

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τύποι και στρώματα εδάφους όπως:

- Επιχώσεις, μετά χαλαρή άμμος ή μαλακή άργιλος ή οργανικό έδαφος, και πιο κάτω άμμος μέσης πυκνότητας
- Χαλαρές αποθέσεις, μετά άμμος μέσης πυκνότητας, έπειτα άργιλος μέσης σκληρότητας, και πιο κάτω βράχος
- Μαλακή άργιλος, μετά άμμος μέσης πυκνότητας, έπειτα μαλακή άργιλος, και βράχος
- Χαλαρές αποθέσεις, μετά χαλαρή άμμος ή μαλακή άργιλος, και πιο κάτω βράχος

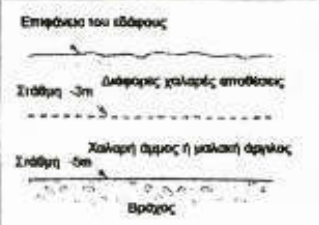
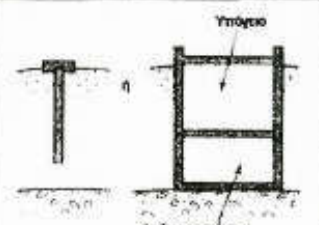
ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Συνθήκες εδάφους	Κατάλληλος τύπος θεμελίου	Σχόλια
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p> <p>Στάθμη -3m Στάθμη -5m Στάθμη -7m Στάθμη -20m Βράχος</p>	<p>Βράχος</p>	<p>Βαθιά θεμελίωση εκτεινόμενη στο στρώμα της άμμου μέσης πυκνότητας</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p> <p>Στάθμη -3m Στάθμη -15m Στάθμη -30m Βράχος</p>	<p>Συμπυκνωμένη επίχωση άμμου</p> <p>Βράχος</p>	<p>Βαθιά θεμελίωση εκτεινόμενη μέχρι του στρώματος της άμμου. Εάν αντικατασταθούν οι χαλαρές αποθέσεις με συμπυκνωμένη επίχωση, τότε είναι δυνατή η θεμελίωση με επιφανειακά θεμέλια.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p> <p>Στάθμη -15m Στάθμη -20m Στάθμη -50m Βράχος</p>	<p>Για μέτρου μεγέθους φορτία</p> <p>Για μεγάλο μεγέθους φορτία</p> <p>Βράχος</p>	<p>Στην περίπτωση που τα φορτία δεν είναι πολύ μεγάλου μεγέθους, συνιστάται η θεμελίωση στα ανώτερα στρώματα της άμμου. Θα πρέπει να γίνει έλεγχος καθιζήσεων. Εάν τα φορτία είναι μεγάλου μεγέθους, θα πρέπει να εδράζονται με πασσάλους στον βράχο.</p>

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τύποι και στρώματα εδάφους όπως:

- Χαλαρές αποθέσεις, μετά χαλαρή άμμος ή μαλακή άργιλος, και πιο κάτω βράχος

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Συνθήκες εδάφους	Κατάλληλος τύπος θεμελίου	Σχόλια
 <p>Επιφάνεια του εδάφους            Στάθμη -3m            Διάφορες χαλαρές αποθέσεις            Στάθμη -5m            Χαλαρή άμμος ή μαλακή άργιλος            Βράχος</p>	 <p>Υπόγειο            Δεύτερο υπόγειο</p>	<p>Επειδή ο βράχος βρίσκεται σε σχετικά μικρό βάθος, συνιστώνται θεμέλια εδραζόμενα στον βράχο.            Εάν δεν χρειάζονται υπόγεια, η θεμελίωση γίνεται με πασσάλους. Εάν χρειάζονται υπόγεια, τότε συνιστάται γενική εκσκαφή και κατασκευή υπογείων</p>

### 6.1. Άμεση αβαθής θεμελίωση σε στεγνό περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε, η άμεση αβαθής θεμελίωση σε στεγνό περιβάλλον, λέγεται:

- άμεση επειδή η προετοιμασία του εδάφους γίνεται με απλά με διαμόρφωση και δεν χρειάζεται βελτίωση το έδαφος
- αβαθής επειδή η προετοιμασία του εδάφους (πρώτη φάση εργασιών θεμελίωσης) γίνεται ξεχωριστά και πριν από την κατασκευή της θεμελίωσης, και το πλάτος της είναι μικρότερο από το βάθος της
- σε στεγνό περιβάλλον, δηλαδή σε έδαφος (όχι θάλασσα, ποταμό κτλ) και χωρίς παρουσία υπογείων υδάτων.

Οι αβαθείς θεμελιώσεις, διακρίνονται σε: (α) θεμελιώσεις μεμονωμένες, (β) θεμελιώσεις τοίχων ή συνεχείς, (γ) συνδυασμένες θεμελιώσεις με μερική κοιτόστρωση και πεδιλοδοκούς, και (δ) γενική κοιτόστρωση.

Οι αβαθείς θεμελιώσεις γενικά είναι πιο οικονομικές από τις βαθιές. Πάντως και αυτές χρειάζονται να βρίσκονται σε κάποιο μικρό βάθος, για τους παρακάτω λόγους που είναι:

- παγετός: πρέπει η θεμελίωση να βρίσκεται κάτω από το βάθος παγετού (βάθος που παγώνει το νερό μέσα στο χώμα)
- κατάλληλο έδαφος για θεμελίωση, το οποίο βρίσκεται σε κάποιο βάθος. τα πολύ επιφανειακά στρώματα, είναι συνήθως χαλαρά, και διαβρώνονται από το νερό.
- υγρασία εδάφους: πολλά εδάφη, παρουσιάζουν μεταβολή όγκου, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας που περιέχουν. Η υγρασία μεταβάλλεται και από άλλους παράγοντες, όπως βλάστηση, διαρροή από σωλήνες δικτύων ύδρευσης κτλ, θερμότητα από κλίβανους κ.α.

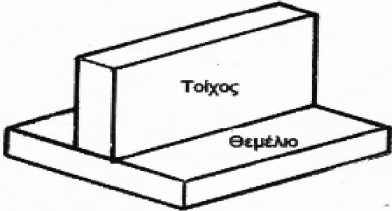
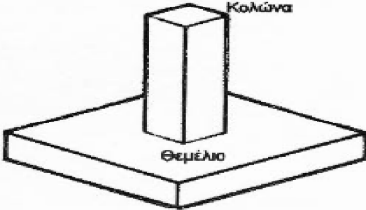
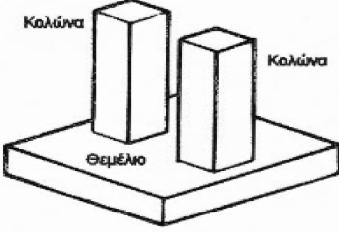
- στάθμη υπογείων υδάτων πιο πάνω από την στάθμη θεμελίωσης, είναι δύσκολη περίπτωση, και απαιτεί μεγάλες δαπάνες για την άντληση υδάτων. για την προστασία των υπόγειων χώρων, και για το χαμήλωμα της στάθμης απαιτείται συνήθως συνεχής χρήση αντλίας.
- στάθμη των υπογείων υδάτων κοντά στην επιφάνεια θεμελίωσης, μπορεί να μειώσει την αντοχή του εδάφους έως και κατά 50 %

Για την προστασία τις θεμελίωσης, από μεταβολές όγκου του εδάφους, πρέπει η στάθμη θεμελίωσης (έδραση θεμελίων) να είναι:

- ελάχιστο βάθος 1,20 μέτρα
- κάτω από ριζικό σύστημα φυτών
- κάτω από το βάθος παγετού, που επηρεάζεται από μεταβολές θερμοκρασίας
- κάτω από στρώματα εδάφους, που παθαίνουν μεγάλες μεταβολές όγκου.

Στους παρακάτω πίνακες, φαίνονται τα είδη των αβαθών θεμελιώσεων, η περιγραφή της λειτουργίας τους, και οι περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

<p>1) <u>Θεμέλιο τοίχου</u> Διευρύνεται η βάση του τοίχου, έτσι ώστε να μειώνεται η πίεση που μεταβιβάζεται στο έδαφος.</p>	
<p>2) <u>Θεμέλιο μεμονωμένο (πέδιλο)</u> Είναι το πιο συνηθισμένο θεμέλιο για μία κολώνα, ιδίως όταν τα φορτία είναι μικρά και τα υποστυλώματα δεν είναι κοντά μεταξύ τους.</p>	
<p>3) <u>Θεμέλια συνδυασμένα</u> Όταν έχουμε δύο ή περισσότερα υποστυλώματα σε κοντινές αποστάσεις κατασκευάζουμε συνδυασμένα θεμέλια. Είναι πιο οικονομική λύση όταν τα φορτία είναι τόσο μεγάλα, ώστε αν κατασκευάζαμε μεμονωμένα θεμέλια θα πλησίαζαν πολύ μεταξύ τους ή θα έπρεπε το ένα να «τέμνει» το άλλο. Η πιο συνηθισμένη θεμελίωση αυτού του είδους είναι η θεμελιοδοκός ή πεδιλοδοκός.</p>	



ΠΙΝΑΚΑΣ 6

<p>4) <b>Γενική κοιτόστρωση</b>  Είναι μία πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία δέχεται φορτία από πολλά υποστυλώματα και τοίχους.  Χρησιμοποιείται όταν η αντοχή του εδάφους είναι μικρή ή όταν τα φορτία είναι μεν πολύ μεγάλα αλλά δεν επιλέγουμε τη λύση των πασσάλων.  Αυτό το είδος της θεμελίωσης περιορίζει σημαντικά το ενδεχόμενο να εμφανιστούν καθιζήσεις με μεγάλη διαφορά μεταξύ τους σε γειτονικά υποστυλώματα (διαφορικές καθιζήσεις).  Αν συνέβαινε αυτό, τότε θα επιβαρυνόταν η υπερκείμενη κατασκευή η οποία θα έπρεπε να έχει πρόσθετη αντοχή. Ακόμη, οι διαφορικές καθιζήσεις θα προκαλούσαν προβλήματα στη λειτουργία της κατασκευής και θραύση στην τοιχοποιία (ρωγμές).  Μπορούμε να πούμε γενικά, ότι η κοιτόστρωση μειώνει κατά 50% τις διαφορικές καθιζήσεις.  Η γενική κοιτόστρωση συνήθως εδράζεται σε μεγάλο βάθος, ώστε το έδαφος που αφαιρείται με την εκσκαφή να έχει περίπου το ίδιο βάρος με το βάρος του κτιρίου. Έτσι, το κτίριο είναι σαν να επιπλέει (όπως ένα πλοίο εκτοπίζει όγκο νερού ίσου βάρους με το δικό του).</p>	
---	--

### 6.1.1. εκσκαφή θεμελίων

Η πρώτη φάση των εργασιών θεμελίωσης, λέγεται εκσκαφές θεμελιώσεων, και περιέχει χωματουργικές εργασίες εκσκαφών.

#### 6.1.1.1. εργαλεία και μηχανήματα

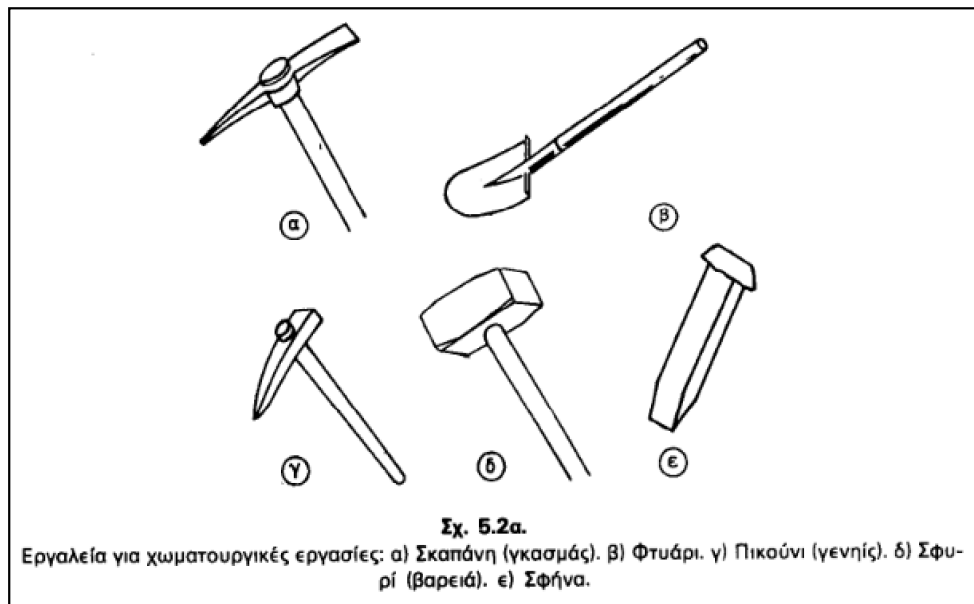
Μετά την κατασκευή των θεμελίων, μπορούν να γίνουν οι άλλες χωματουργικές εργασίες που είναι οι επιχώσεις, δηλαδή η προσθήκη χωμάτων, για να ξαναγεμίσουν τα ορύγματα (χώροι που ανοίχτηκαν στο έδαφος με τις εκσκαφές) εάν το σχήμα των θεμελίων δεν καταλαμβάνει όλο τον χώρο του ορύγματος. Στην εικόνα της επόμενης σελίδας φαίνονται διάφορα εργαλεία εκσκαφών.

Το έδαφος ανάλογα με την δυνατότητα εκσκαφής του κατατάσσεται σε

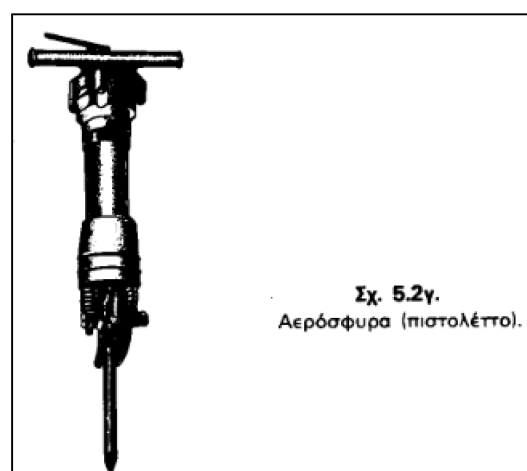
- γαιώδες, εάν είναι σχετικά μαλακό & μπορεί να σκαφτεί με σκαπάνη (γκασμά) & φτυάρι

- ημιβραχώδες, εάν είναι σκληρότερο και μπορεί να σκαφτεί με πικούνι (γενηίδα), και
- βραχώδες, όταν είναι σκληρό και χρειάζεται να σκαφτεί σφυρί (βαριά) και με σφήνα, παλαιότερα, και με αερόσφουρα (πιστολέτο)

οπότε και οι εκσκαφές λέγονται αντίστοιχα γαιώδεις, ημιβραχώδεις, και βραχώδεις.

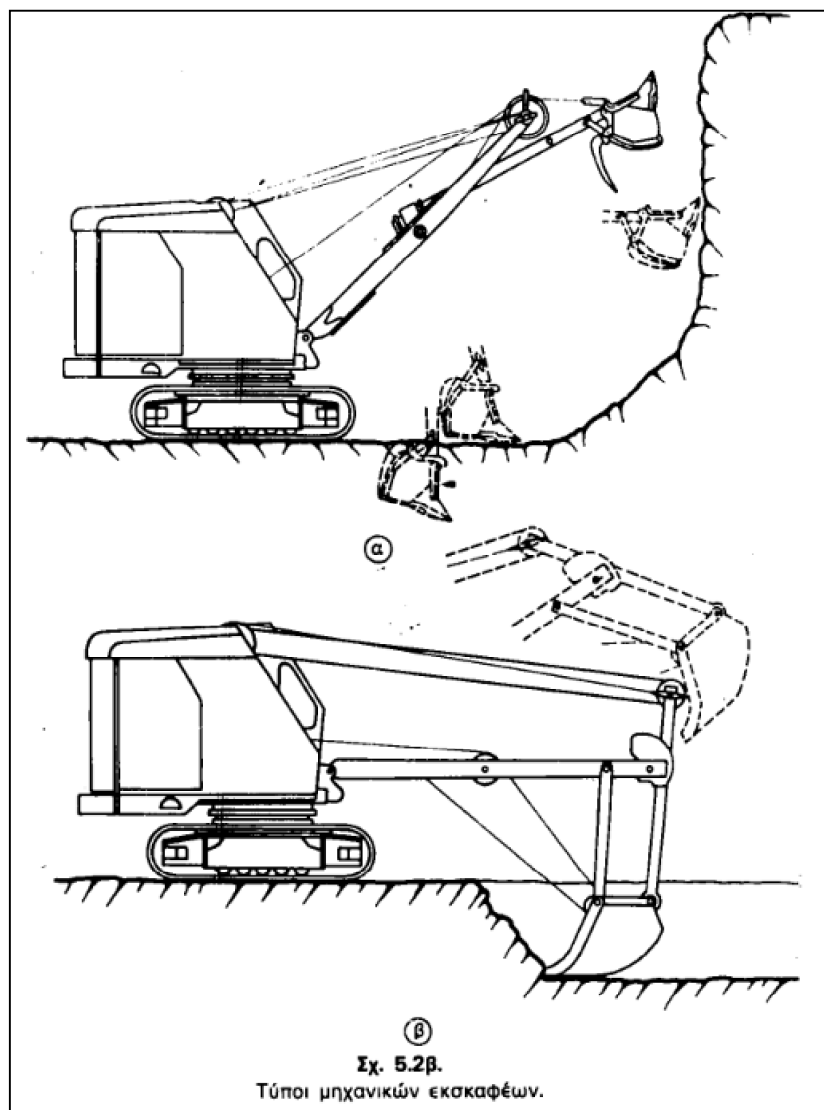


Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια αερόσφουρα. Αερόσφουρες υπάρχουν δύο ειδών, κρουστικές και περιστροφικές. Οι κρουστικές αερόσφουρες με το κοπτικό άκρο τους κάνουν κρούσεις και κόβουν τον βράχο σε μικρά κομμάτια, τα οποία μετά απομακρύνονται με βοήθεια εκσκαφέα. Οι περιστροφικές αερόσφουρες, ανοίγουν με το άκρο τους μια βαθιά κυλινδρική τρύπα (διάτρημα), στην οποία τοποθετείται κατάλληλη εκρηκτική ύλη. Πυροδοτείται η εκρηκτική ύλη, ο βράχος θρυμματίζεται, και απομακρύνονται τα τεμάχια του βράχου με εκσκαφέα. Εκρηκτικές ύλες χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει σκληρός και συμπαγής βράχος. Εάν ο βράχος έχει ρωγμές, τα αέρια της έκρηξης διαφεύγουν μέσα από αυτές, και δεν έχουμε ικανοποιητικό αποτέλεσμα.



Η χρήση εκρηκτικών υλών δεν επιτρέπεται όταν υπάρχει δίπλα άλλο έργο, ή μέσα σε κατοικημένες περιοχές. Επειδή υπάρχουν κίνδυνοι, η χρήση εκρηκτικών πρέπει να συνοδεύεται από προστατευτικά μέτρα, που καθορίζονται από αυστηρούς κανονισμούς και εκτελείται από εξειδικευμένο προσωπικό. Παλαιότερα, τα διατρήματα (τρύπες για τοποθέτηση εκρηκτικών) ανοίγονταν με τα χέρια με την βοήθεια ατσαλένιας ράβδου που λέγονταν μπαραμίνα (barre a mine).

Επειδή οι εκσκαφές με το χέρι έχουν υψηλό κόστος, χρησιμοποιούνται γενικά μηχανικά μέσα, δηλαδή εκσκαφείς διαφόρων τύπων. Στο σχήμα της επόμενης σελίδας φαίνονται τύποι μηχανικών εκσκαφών. Οι εκσκαφές θεμελίων είναι γενικά περιορισμένων διαστάσεων, και οι εκσκαφείς αυτοί είναι μικροί σχετικά με τους εκσκαφείς για έργα οδοποιίας, φραγμάτων, εγγειοβελτιωτικών έργων, μεταλλείων κτλ.



Μια διευκρίνιση, είναι ότι σε ένα κτιριακό έργο, γίνονται πρώτα οι λεγόμενες γενικές εκσκαφές, στο μέγεθος του κτιρίου και χώρου γύρω από αυτό, και στο απαιτούμενο βάθος,

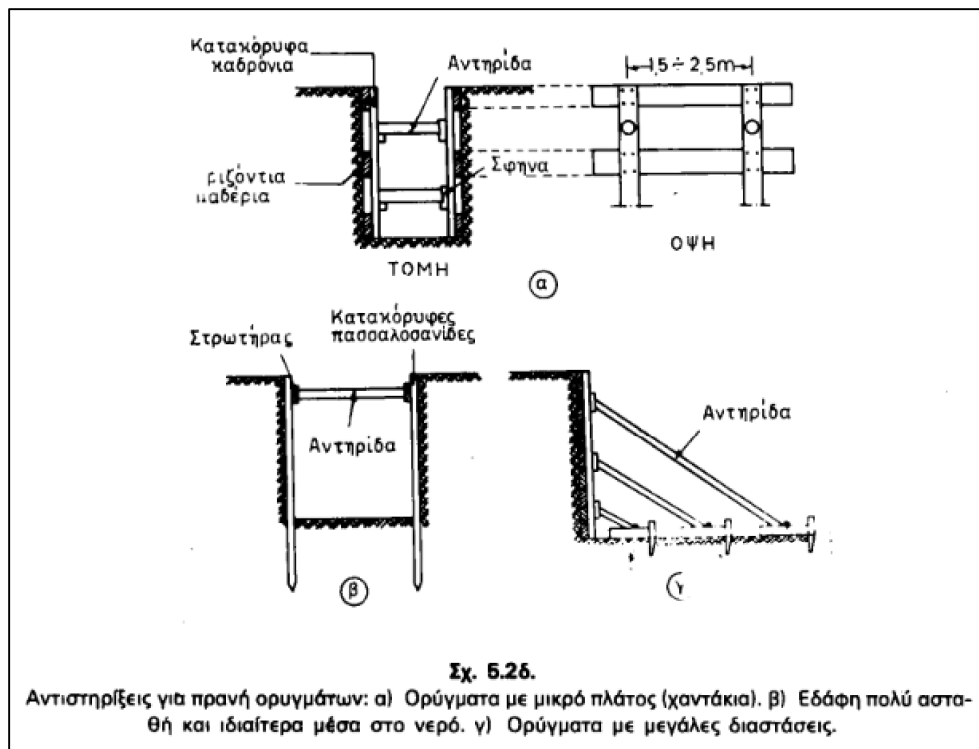
και μετά ακολουθούν οι εκσκαφές θεμελίων, που αφορούν πιο συγκεκριμένα και με ακριβείς διαστάσεις τα θεμέλια. Οι γενικές εκσκαφές και οι εκσκαφές θεμελίων, στα νέα Ενιαία Περιγραφικά Τιμολόγια Οικοδομικών Έργων (ΦΕΚ 1939/Β'/2004) όπως τροποποιήθηκαν και ισχύουν (όπως και σε άλλες κατηγορίες έργων) πληρώνονται με διαφορετική τιμή. Για τους σκοπούς του βιβλίου που χρησιμοποιείται για την σύνταξη αυτών των σημειώσεων, δεν γίνεται διάκριση σε γενικές εκσκαφές και σε εκσκαφές θεμελίων.

### 6.1.1.2. ορύγματα και αντιστήριξη

Κατά τις εκσκαφές θεμελίων ανοίγονται ορύγματα στο έδαφος. Το σχήμα και το βάθος των ορυγμάτων θεμελίων, εξαρτάται από το σχήμα και το βάθος των θεμελίων. Όταν το βάθος είναι περιορισμένο, ή όταν το έδαφος είναι βραχώδες ή συνεκτικό, τα πρανή του ορύγματος διαμορφώνονται κατακόρυφα. Αντιθέτως, πρέπει να πρανή να έχουν την κατάλληλη κλίση για να μην καταρρεύσουν. Επειδή τα ορύγματα των θεμελίων είναι προσωρινές κατασκευές, η κλίση τους μπορεί να είναι πιο απότομη από εκσκαφές σχετικά μόνιμου χαρακτήρα, ιδίως όταν οι εργασίες εκσκαφών γίνονται σε περίοδο που δεν βρέχει.

Όταν το έδαφος είναι πολύ χαλαρό ή υδαρές, τα πρανή πρέπει να έχουν πολύ μικρές κλίσεις (τείνουν προς οριζόντια), οπότε απαιτούν μεγάλες εκσκαφές και είναι αντιοικονομικό. Για αυτό, είναι πιο οικονομικό τα πρανή να διαμορφώνονται κακακόρυφα, και να εξασφαλίζονται από αντιστηρίξεις για να μην πέσουν. Στα συνεκτικά εδάφη όταν η εκσκαφή περνάει κάποιο βάθος, που το όριο αυτό είναι διαφορετικό για κάθε είδος εδάφους, χρειάζονται επίσης αντιστηρίξεις.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται κάποια απλά συστήματα αντιστηρίξεων.

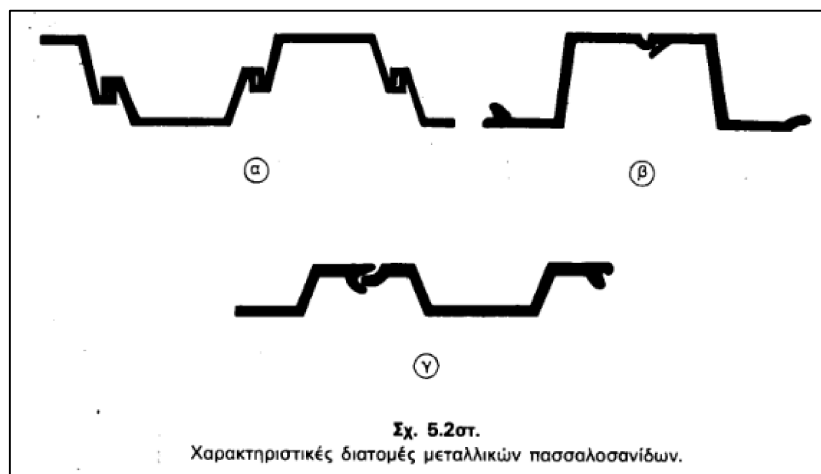


Αποτελούνται κυρίως από ξύλινα στοιχεία, όπως μαδέρια και καρδόνια, και από μεταλλικά στοιχεία (τα μαδέρια έχουν πλατύ σχήμα σαν τα σανίδια αλλά πιο πλατιά και χοντρά. Τα καρδόνια είναι ορθογώνιας διατομής και πλάτους περίπου σαν τα σανίδια). Όταν το πλάτος των ορυγμάτων είναι πολύ μικρό, όπως όταν κατασκευάζεται θεμέλιο για τοίχειο, συμφέρει το ένα πρανές να αντιστηρίζει το άλλο, χρησιμοποιώντας οριζόντιες αντηρίδες.

Οι αντηρίδες μπορεί να είναι ξύλινες όπως καρδόνια που σφίγγουν στην θέση τους με χρήση ξύλινων σφηνών, ή μεταλλικοί σωλήνες που βιδώνουν μεταξύ τους και αποκτούν το απαιτούμενο μήκος. Μεταλλικές αντηρίδες φαίνονται στην επόμενη εικόνα. Σε εδάφη που είναι δυσμενή, πρέπει η αντιστήριξη να συνοδεύεται από επένδυση επιφάνειας των πρανών, για να μην διαρρέυσει το έδαφος μέσα από τα κενά των στοιχείων της αντιστήριξης. Για αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές πασσαλοσανίδες, οι οποίες πριν αρχίσει το σκάψιμο, καρφώνονται στο έδαφος, με την χρήση μικρού πασσαλομπήκτη.



Πασσαλοσανίδες υπάρχουν μεταλλικές, με κατάλληλο σχήμα διατομής, ώστε η αντιστήριξη να μην χρειάζεται ή να περιορίζεται σε λίγα απλά στοιχεία, και με τον συνδυασμό τους σχηματίζουν ένα συνεχές τοίχωμα. Οι κατακόρυφοι αρμοί που έχουν θηλυκώνουν και εξασφαλίζεται έτσι κάποια στοιχειώδης στεγανότητα. Μεταλλικές πασσαλοσανίδες φαίνονται στο επόμενο σχήμα.

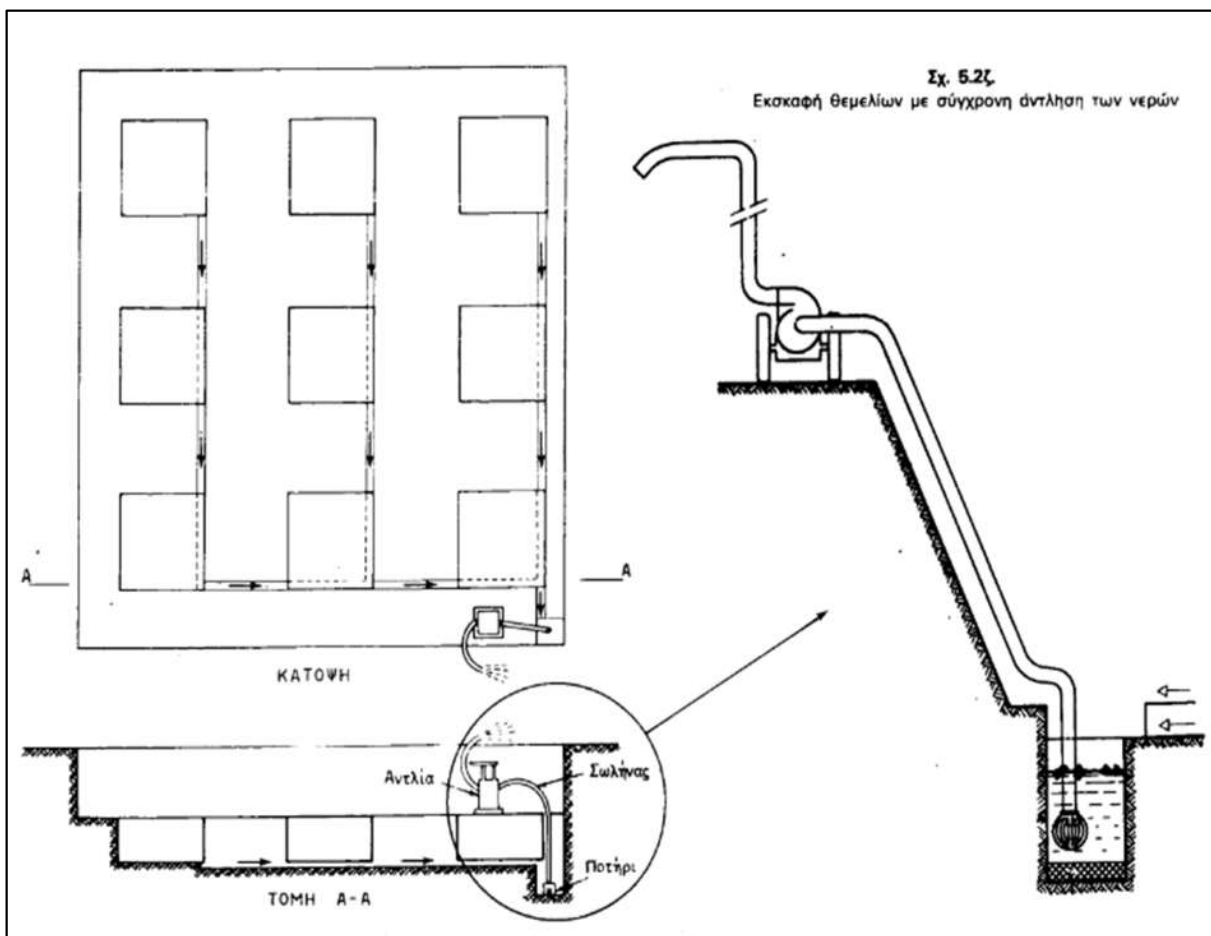


### 6.1.1.3. άντληση υδάτων

Μέσα στον χώρο της εκσκαφής για την θεμελίωση, μπορεί να υπάρχουν υπόγεια ύδατα ή να μην υπάρχουν. Χωρίς υπόγεια ύδατα είναι θεμελίωση σε στεγνό περιβάλλον. Με υπόγεια

ύδατα είναι θεμελίωση μέσα σε νερό. Εάν υπάρχουν υπόγεια ύδατα, και θέλουμε να κάνουμε θεμελίωση μέσα σε στεγνό περιβάλλον, πρέπει να τα αντλήσουμε.

Για την άντληση των υδάτων, συνδέονται μεταξύ τους τα ορύγματα, όλα μαζί ή σε ομάδες, με ένα σύστημα αυλακιών που έχουν πυθμένα λίγο βαθύτερα από τον πυθμένα των θεμελίων. Τα νερά οδηγούνται σε ένα ή παραπάνω σημεία, τα οποία προτιμότερο να είναι εκτός της κάτοψης των θεμελίων. Στα σημεία συγκέντρωσης υδάτων, κατασκευάζονται μικρά φρεάτια βαθύτερα από τα αυλάκια, και τοποθετείται εκεί το ποτήρι της αντλίας. Η άντληση των υδάτων γίνεται συνεχώς ή με διαλλείματα, ανάλογα με την παροχή των υπογείων υδάτων, και ανάλογα με την ισχύ της αντλίας. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται εκσκαφή θεμελίων με σύγχρονη άντληση των υδάτων.



#### 6.1.1.4. επιχώσεις

Μετά την κατασκευή των θεμελίων, τα ορύγματα των θεμελίων μπορεί να ξαναγεμίσουν με χώμα (σε όσον χώρο έμεινε κενός από τα θεμέλια) ή όχι. Εάν ξαναγεμίσουν, λέγονται επιχώσεις, και πρέπει να γίνουν έντεχνα, ώστε να επιτευχθεί μια καλή συμπίκνωση και να αποφευχθούν μελλοντικές καθιζήσεις. Όταν στις επιχώσεις χρησιμοποιούνται προϊόντα εκβραχισμών, καλό είναι να τοποθετούνται με το χέρι προσεκτικά, ώστε να σχηματίζεται ένα είδος ξηρολιθοδομής. Περισσότερα για τις επιχώσεις θα δούμε στο επόμενο εξάμηνο.

### 6.1.2. κατασκευή θεμελίων, υλικά και μέθοδοι

Η δεύτερη φάση των εργασιών θεμελίωσης, λέγεται κατασκευή θεμελιώσεων, και περιέχει κατασκευαστικές εργασίες θεμελιώσεων. Στις άμεσες αβαθείς θεμελιώσεις σε στεγνό περιβάλλον, οι 2 φάσεις εργασιών γίνονται ξεχωριστά. Χρησιμοποιούνται τα ίδια υλικά και μέθοδοι, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της ανω-δομής ή φέροντος οργανισμού του κτιρίου. Τα κυριότερα υλικά είναι το απλό σκυρόδεμα, το οπλισμένο σκυρόδεμα, οι φυσικοί λίθοι, και οι τεχνητοί λίθοι σπανιότερα. Μέταλλα και ξύλα, γενικά δεν χρησιμοποιούνται γενικά στα θεμέλια, επειδή αυτά τα υλικά καταστρέφονται εύκολα μέσα στο έδαφος.

Τα θεμέλια κατατάσσονται ως προς την μορφή τους σε δύο κύριες ομάδες, α) με μορφή σκελετού, και β) με κατακόρυφα συνεχή στοιχεία. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι τυπικές περιπτώσεις για φέρουσες κατασκευές δομικών έργων.



Στην 1<sup>η</sup> ομάδα, η ο φέρων οργανισμός της ανωδομής του κτιρίου έχει την μορφή σκελετού, όπως συμβαίνει στις ξύλινες, στις μεταλλικές κατασκευές, και σε αυτές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα φορτία της ανωδομής φτάνουν στα θεμέλια, συγκεντρωμένα σε μικρές περιοχές (μέσα από υποστυλώματα – κολώνες, και τοιχεία) που μπορούν να εξομοιωθούν με σημεία. Τα θεμέλια μπορεί να είναι μεμονωμένα ή συνεχή.

Στην 2<sup>η</sup> ομάδα, ο φέρων οργανισμός αποτελείται από κατακόρυφα συνεχή στοιχεία. Τα φορτία φτάνουν στα θεμέλια (μέσα από τοίχους) και είναι μοιρασμένα σε μακρόστενες λωρίδες, που μπορεί να εξομοιωθούν με γραμμές. Τα θεμέλια είναι αναγκαστικά συνεχή.

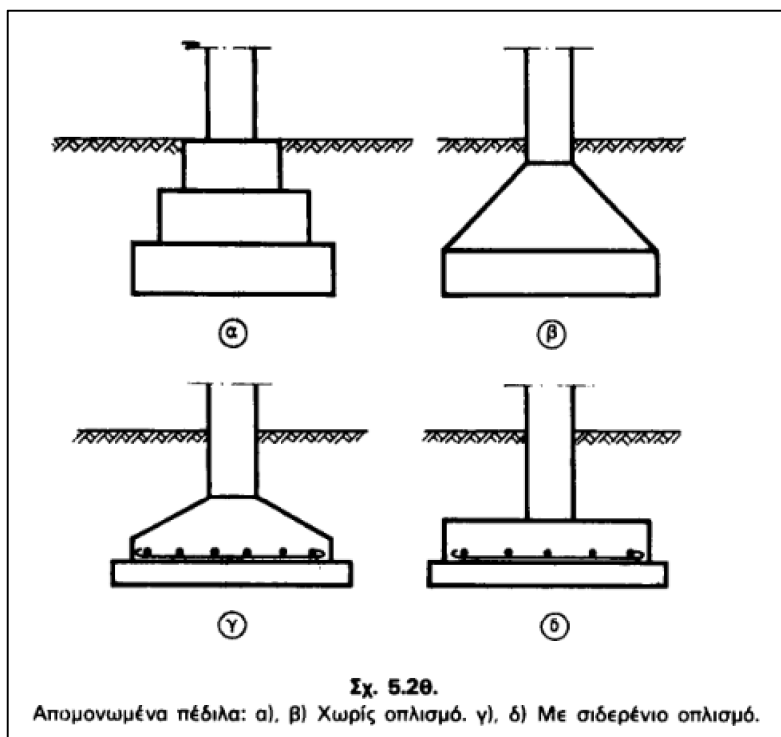
Οι μορφές των θεμελίων, για τις οποίες θα εξεταστεί τώρα η φιλοσοφία της κατασκευής τους (και στο κεφάλαια 8 έως 10 θα εξεταστεί ο υπολογισμός και παραδείγματα) είναι οι παρακάτω

- μεμονωμένα (ή απομονωμένα) θεμέλια ή πέδιλα
- μερική κοιτόστρωση, και πεδιλοδοκοί ή θεμελιοδοκοί
- γενική κοιτόστρωση
- συνεχή θεμέλια

### 6.1.2.1. μεμονωμένα (ή απομονωμένα) θεμέλια ή πέδιλα

Τα μεμονωμένα θεμέλια ή πέδιλα, κατασκευάζονται κάτω από τα σημεία που καταλήγουν τα συγκεντρωμένα φορτία της ανωδομής, όταν ο φέρων οργανισμός (φέρουσα κατασκευή) έχει την μορφή σκελετού. Για να επιλεγεί η κατασκευή μεμονωμένων θεμελίων, πρέπει η αντοχή του εδάφους να είναι τόσο μεγάλη και τα φορτία τόσο μικρά, ώστε να μην είναι υπερβολικό το μέγεθος της επιφάνειας που χρειάζεται κάθε πέδιλο για την έδραση του. Υπερβολικό θεωρείται το μέγεθος του πέδilu, όταν ανάμεσα στα γειτονικά πέδιλα απομένουν πολύ μικρές αποστάσεις.

Τα πέδιλα συνήθως έχουν τετραγωνικό ή ορθογώνιο σχήμα, αλλά μπορεί να έχουν και άλλα σχήματα όπως κυκλικό. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται (σε κατακόρυφη τομή) μερικά συνηθισμένα πέδιλα, χωρίς οπλισμό και με οπλισμό.



Τα πέδιλα (α) και (β) κατασκευάζονται χωρίς οπλισμό. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μεγάλες τάσεις, από τα φορτία της ανωδομής, μοιράζονται ομαλά και μικραίνουν σιγά σιγά προς τα κάτω, έτσι ώστε στην επιφάνεια έδρασης του θεμελίου, έχουν φτάσει στα όρια των ανεκτών-επιτρεπόμενων επιβαρύνσεων του εδάφους. Μέσα στο σώμα του πέδilu αναπτύσσονται μόνο θλιπτικές τάσεις, και μπορούν να κατασκευαστούν από πέτρες ή οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τα πέδιλα (γ) και (δ) κατασκευάζονται με οπλισμό. Αυτό συμβαίνει γιατί το ύψος τους είναι μικρό και οι τάσεις δεν προλαβαίνουν να μοιραστούν. Αναπτύσσονται μεγάλες καμπικές ροπές (κάμψη) και είναι απαραίτητο να κατασκευαστούν από οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνήθως κάτω από το πέδιλο κατασκευάζεται ένα στρώμα από απλό - άοπλο σκυρόδεμα, που χρησιμεύει κυρίως για να υπάρχει μια καθαρή επιφάνεια όπου θα εδραστεί το πέδιλο.

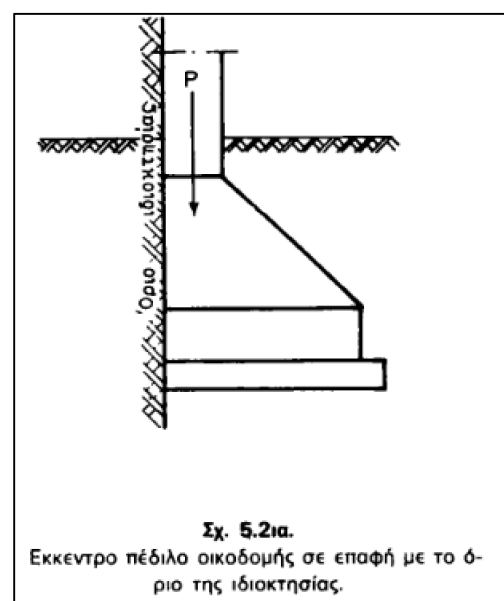
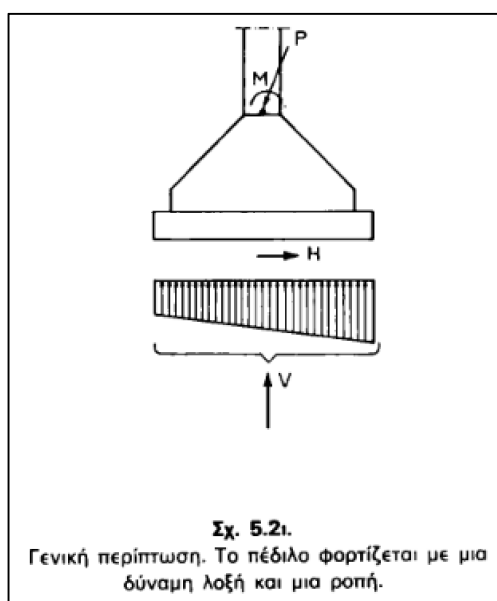


Πάνω στην επιφάνεια αυτή (μπετόν καθαριότητας) χαράσσονται με ακρίβεια οι θέσεις των πέλδλων, και τοποθετούνται οι οπλισμοί (σίδερα που τοποθετούνται μέσα στο σκυροδέμα). Με αυτόν τον τρόπο, ο οπλισμός δεν λερώνεται από χώματα κατά την τοποθέτηση του, και προφυλάσσεται καλύτερα από την υγρασία του εδάφους όταν τελειώσει το έργο. Το στρώμα του απλού - άοπλου σκυροδέματος, μπορεί να θεωρηθεί ως διαπλάτυνση του πέλδλου, και βοηθάει να μικρύνουν περισσότερο οι πιέσεις στην επιφάνεια του εδάφους, και να μην υπερβούν τις επιτρεπόμενες επιβαρύνσεις και τα ανεκτά όρια.

Με την διαπλάτυνση, μεγαλώνει ο βολβός των πιέσεων μέσα στο έδαφος, και η αύξηση των πιέσεων (λόγω φορτίων της ανωδομής διά μέσου των θεμελίων), μεταφέρεται σε βαθύτερα στρώματα, όπου είναι αναλογικά μικρή σε σχέση με τις προϋπάρχουσες πιέσεις, από τα ανώτερα στρώματα του εδάφους, με αποτέλεσμα να υπάρχουν μικρότερες καθιζήσεις. Η διαπλάτυνση βοηθάει σε ομοιόμορφη καθίζηση, άρα σε περιορισμό διαφορικών καθιζήσεων.

Η θέση του πέλδλου, σε σχέση με το σημείο εφαρμογής των φορτίων, επιλέγεται τέτοια ώστε οι πιέσεις του εδάφους, στην επιφάνεια έδρασης, να είναι το δυνατόν ομοιόμορφες και κάθετες με αυτή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εύκολα στα πέλδλα των εσωτερικών υποστυλωμάτων (κολώνες) που μεταφέρουν κατακόρυφα φορτία. Τότε οι κατακόρυφες πιέσεις είναι κάθετες με την οριζόντια επιφάνεια έδρασης. Αν φροντίσουμε το κατακόρυφο φορτίο να περνάει από το κέντρο βάρους της επιφάνειας έδρασης του πέλδλου, θα έχουμε και ομοιόμορφες πιέσεις.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα φορτία και οι πιέσεις που εφαρμόζονται σε κάθε πέλδλο, μεταβάλλονται ως προς το φορτίο και την διεύθυνση, κατά την λειτουργία του έργου (τα λεγόμενα κινητά φορτία, όπως άνθρωποι, έπιπλα κτλ) και όσα αναφέρθηκαν δεν ισχύουν με αυστηρότητα. Η γενική περίπτωση είναι εκτός από το κατακόρυφο φορτίο, μπορεί να εφαρμόζεται μια καμπτική ροπή. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται (α) η γενική περίπτωση με λοξή κατακόρυφη δύναμη & με ροπή, και (β) έκκεντρο πέλδλο οικοδομής σε επαφή με το όριο της ιδιοκτησίας.



Στην γενική περίπτωση με την λοξή δύναμη & την ροπή που αυτή παράγει, και στο έκκεντρο πέδιλο, οι πιέσεις στο έδαφος δεν είναι ομοιόμορφες, ούτε είναι κάθετες στην επιφάνεια έδρασης του θεμελίου. Πρέπει να προσπαθούμε ώστε οι παρεκκλίσεις αυτές να είναι το δυνατόν μικρότερες.

Στα οικοδομικά έργα, όταν υπάρχει το συνεχές οικοδομικό σύστημα (όπου μπορεί να χτίζεται μια οικοδομή κολλητά με την επόμενη), σχεδόν πάντα υπάρχουν πέδιλα, στα όρια του οικοπέδου. Αυτά τα πέδιλα φορτίζονται με δυνάμεις που και αυτές βρίσκονται στα πολύ κοντά στα όρια του οικοπέδου. Πρέπει ολόκληρα τα πέδιλα να βρίσκονται μέσα στα όρια του οικοπέδου, και τα πέδιλα αυτά κατασκευάζονται έκκεντρα, δηλαδή το κατακόρυφο φορτίο (συνισταμένη δυνάμεων) δεν περνάει από το κέντρο βάρους του της επιφάνειας έδρασης, αλλά προς τα άκρα αυτής. Σε αυτά τα πέδιλα, οι πιέσεις του εδάφους διαφέρουν από την μία άκρη τους στην άλλη. Τα έκκεντρα πέδιλα προκαλούν δυσμενείς επιβαρύνσεις στο έδαφος, και επίσης πρόσθετες επιβαρύνσεις στην ανωδομή, και πρέπει να αποφεύγονται τουλάχιστον στα σημαντικά έργα.

#### **6.1.2.1. μερική κοιτόστρωση, και πεδιλοδοκοί ή θεμελιοδοκοί**

Η μερική κοιτόστρωση είναι