

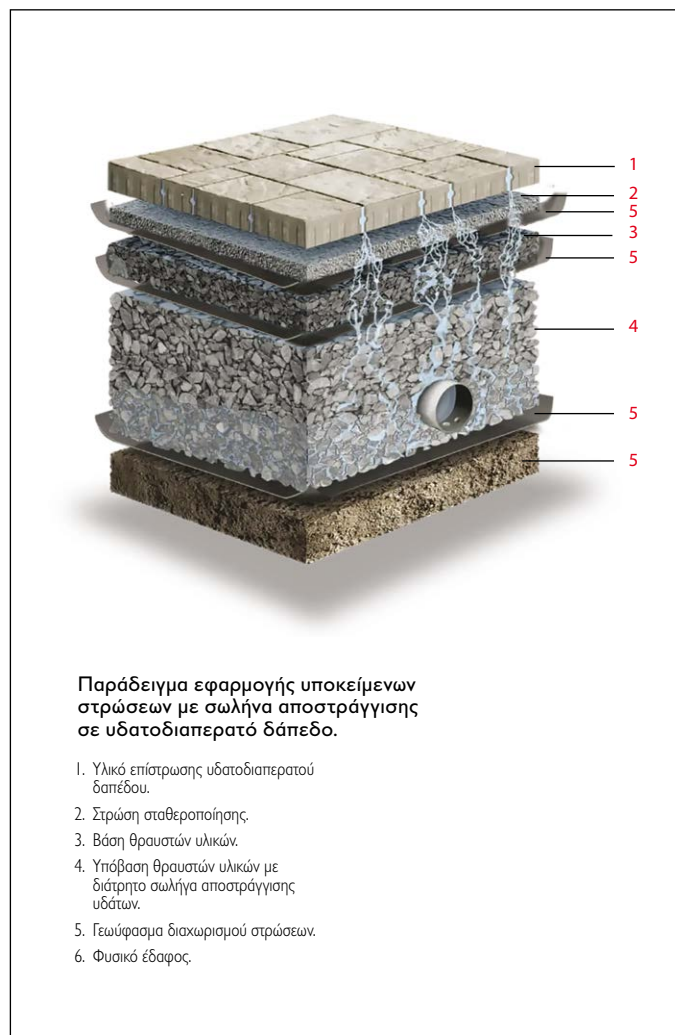
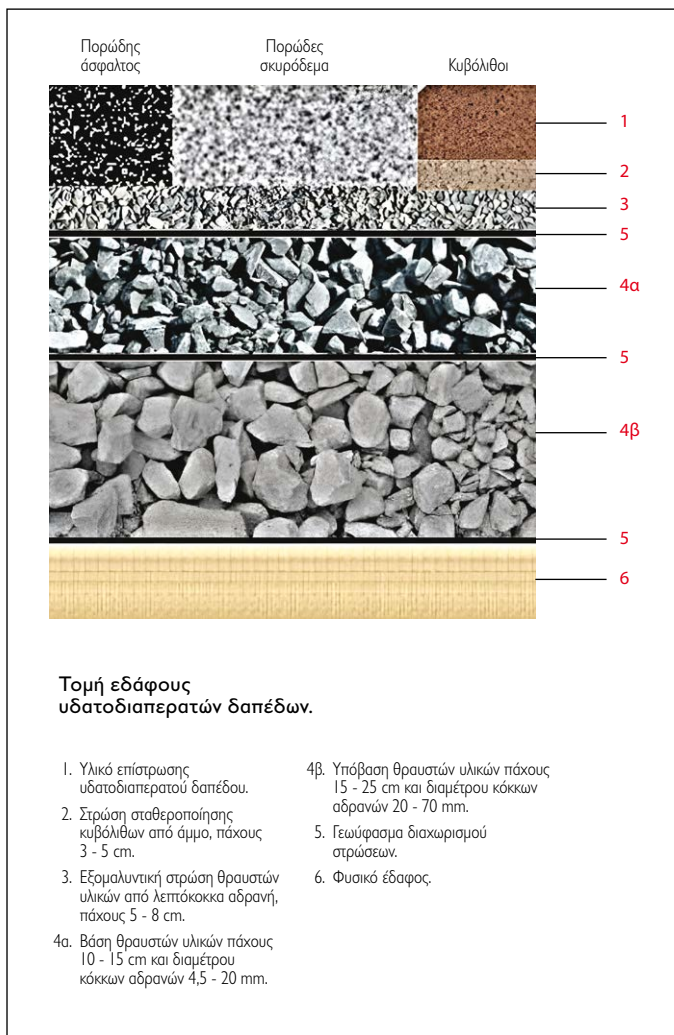


ΥΔΑΤΟΔΙΑΠΕΡΑΤΑ ΔΑΠΕΔΑ

**ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ,
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

Το υδάτινο στοιχείο στις κατασκευές και συγκεκριμένα στα δάπεδα εξωτερικών χώρων αποτελεί έναν παράγοντα κινδύνου, που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά τον σχεδιασμό τους. Οι καθιζήσεις, τα λιμνάζοντα ύδατα, οι λάσπες, οι φθορές και οι παραμορφώσεις είναι μερικά μόνο από τα αποτελέσματα της δράσης του νερού, τα οποία επηρεάζουν αρνητικά τη λειτουργική, αλλά και την αισθητική κατάσταση των δαπέδων που βρίσκονται σε άμεση επαφή με τις καιρικές συνθήκες. Τη λύση σε τέτοια φαινόμενα έρχονται να δώσουν υλικά και τεχνολογίες διαχείρισης όμβριων υδάτων, όπως τα υδατοδιαπερατά δάπεδα, τα οποία εξασφαλίζουν τη γρήγορη διείσδυση του νερού προς τις υποκείμενες στρώσεις τους μέσω των πόρων ή και των διακένων που υπάρχουν στην επιφάνειά τους. Η κατασκευή της επιφανειακής στρώσης των υδατοδιαπερατών δαπέδων μπορεί να πραγματοποιηθεί από μείγματα διαφόρων υλικών, ενώ οι υποκείμενες στρώσεις αποτελούνται από θραυστά υλικά με διαφορετική κοκκομετρική διαβάθμιση και μεγάλη αποστραγγιστική ικανότητα. Ορισμένα παραδείγματα υδατοδιαπερατών δαπέδων, που αναλύονται παρα-

Παρουσίαση: ΛΑΖΑΡΟΣ Π. ΣΙΣΜΑΝΙΔΗΣ,
διπλ. πολιτικός μηχανικός Α.Π.Θ.



κάτω, αποτελούν τα φυσικά σταθεροποιημένα δάπεδα, το πορώδες σκυρόδεμα, τα πλαστικά διάτρητα πλέγματα, οι κυβόλιθοι κ.ά.

Υποκείμενες στρώσεις υδατοδιαπερατών δαπέδων

Το είδος και το πάχος των υποκείμενων στρώσεων ενός δαπέδου επί εδάφους εξαρτάται από τη φέρουσα ικανότητα και την υδατοαπορροφητικότητα του ίδιου του φυσικού εδάφους, αλλά και από τη χρήση της νέας κατασκευής. Έτσι, εάν η εγκατάσταση του νέου δαπέδου απευθείας επάνω σε ένα καλά συμπυκνωμένο έδαφος δεν επαρκεί λόγω αυξημένων απαιτήσεων παραλαβής φορτίων αλλά και ικανοποιητικής αποστράγγισης, τότε συνήθως ακολουθείται η εξής μεθοδολογία κατασκευής:

Εκσκαφή φυσικού εδάφους.

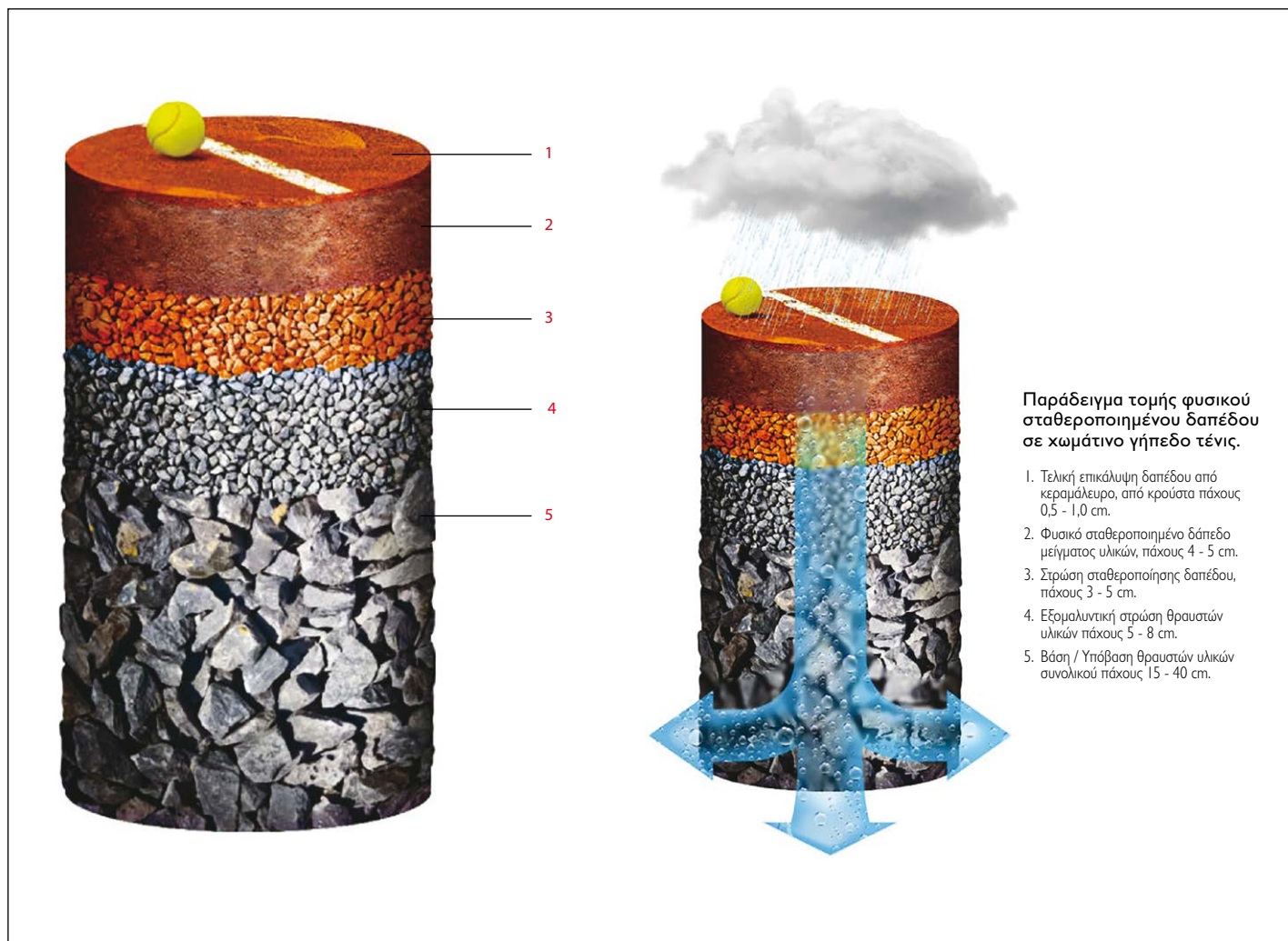
- Κατασκευή υπόβασης πάχους 20 - 25 cm από θραυστά υλικά διαμέτρου κόκκων 20 - 70 mm.
- Κατασκευή βάσης πάχους 10 - 15 cm από θραυστά υλικά διαμέτρου κόκκων 4,5 - 20 mm.
- Κατασκευή εξομαλυντικής στρώσης πάχους 5 - 8 cm από λεπτόκοκκα θραυστά αδρανή (προαιρετικά).

- Κατασκευή ζώνης σταθεροποίησης πάχους 3 - 5 cm από μικρού μεγέθους αδρανή (προαιρετικά).

Η απορροή των υδάτων επιτυγχάνεται με τις κλίσεις που δίνονται στη συμπυκνωμένη ζώνη του υπεδάφους. Αν κριθεί απαραίτητο, αντίστοιχες κλίσεις δίνονται και στην τελική επιφάνεια του νέου δαπέδου, με στόχο την απορροή των όμβριων υδάτων σύμφωνα με τις σχεδιασμένες υδρορροές. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε περίπτωση που το σύνολο των υδάτων δεν προλάβει να απορροφηθεί από τη ζώνη αποστράγγισης, σε βροχόπτωση μεγαλύτερης έντασης από την αντίστοιχη του σχεδιασμού. Στον σχεδιασμό ενδέχεται να συμπεριλαμβάνονται σχάρες απορροής υδάτων στην επιφάνεια του δαπέδου, αλλά και διάτρητοι σωλήνες στις υποκείμενες στρώσεις του, συνδεδεμένοι με το τοπικό σύστημα αποχέτευσης. Προαιρετικά επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί γεωύφασμα διαχωρισμού των στρώσεων, το οποίο συνήθως τοποθετείται είτε μεταξύ της υπόβασης και του υπεδάφους είτε ανάμεσα στη στρώση σταθεροποίησης / εξομαλυνσης και στη βάση του δαπέδου, ανάλογα με την περίπτωση.

Φυσικά σταθεροποιημένα δάπεδα

Καθοριστικό ρόλο στον σχεδιασμό δαπέδων εξωτερικών χώρων παίζει η σταθεροποίησή τους, δηλαδή η προσθήκη



στο έδαφος και η συμπύκνωσή του σε συνθήκες βέλτιστης υγρασίας είτε νέου υλικού κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης είτε διαφόρων σταθεροποιητικών υλικών, ώστε να προκύψει σε κάθε περίπτωση ένα νέο εδαφικό μείγμα με βελτιωμένες μηχανικές και γεωτεχνικές ιδιότητες. Τα φυσικά σταθεροποιημένα δάπεδα αποτελούν μια νέα, φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία σταθεροποίησης του εδάφους, η οποία βασίζεται στην ανάμειξη ενεργών ουσιών, που λειτουργούν ως συγκολλητικές ύλες φυσικών υλικών. Το μείγμα αναμειγνύεται με καθαρό νερό και πήζει, με αποτέλεσμα την κατασκευή μιας συνεκτικής μάζας σταθεροποιημένων αδρανών. Η επιστρώση, που αποκτά όψη χώματος, είναι σταθερή, αντιολισθητική και υδατοδιαπερατή χάρη στους πόρους της, ενώ το υλικό της δεν διασκορπίζεται και δεν δημιουργεί σκόνες.

Σύσταση φυσικών σταθεροποιημένων δαπέδων

Τα φυσικά σταθεροποιημένα δάπεδα διακρίνονται σε χωμάτινα και κεραμικά, ανάλογα με τα υλικά και τον τρόπο παραγωγής τους. Τα σταθεροποιημένα χωμάτινα δάπεδα παράγονται κατά κύριο λόγο από φυσικό συμπυκνωμένο χώμα, άμμο λατομείου και άλλα ποζολονικά και φυσικά αδρανή υλικά, ενώ τα αντίστοιχα κεραμικά παράγονται

από αλεσμένα κεραμίδια σε μορφή κόκκου, θραϊκή γη, ποζολάνες, μη αλκαλικό τσιμέντο και άλλα αδρανή υλικά. Οι αποχρώσεις, που δίνονται στην τελική επιστρώση, είναι συγγενικές με εκείνες του κεραμάλευρου, αλλά και των χρωμάτων του καφέ, του γκρι και του λευκού, ανάλογα με τον τύπο και τη σύσταση του δαπέδου.

Κατασκευή φυσικών σταθεροποιημένων δαπέδων

Κατά την κατασκευή ενός φυσικού σταθεροποιημένου δαπέδου, η οποία πραγματοποιείται επί τόπου του έργου, συνιστάται η χρήση ξύλινων πλαισίων ή καλουπιών περιμετρικά της τελικής επιφάνειας, με στόχο τον εγκιβωτισμό και την επιπέδωσή της. Η στρώση σταθεροποίησης επί της εξομαλυντικής στρώσης ή της βάσης του δαπέδου ενδέχεται να αποτελείται από φυσικά ορυκτά πετρώματα και θραυστά αδρανή, όπως η ελαφρόπετρα και το κεραμικό χαλίκι, ενώ για τις υπόλοιπες υποκείμενες στρώσεις ισχύουν όσα έχουν αναφερθεί γενικά για τα υδατοδιαπερατά δάπεδα. Απευθείας μετά τη διάστρωση 12 με 15 cm του υλικού σε όλη την επιφάνεια του δαπέδου προτείνεται η πλήρης διαβροχή του χωρίς πίεση και η συμπύκνωσή του με οδοστρωτήρα σε δύο φάσεις, εκ των οποίων η πρώτη πραγματοποιείται με κρούση, ενώ η δεύτερη χωρίς κρούση. Αμέσως μετά



1



2

τη συμπύκνωση του δαπέδου, συστήνεται η κάλυψη του συνόλου της επιφάνειας για τουλάχιστον 48 ώρες με λεπτό φύλλο πολυαιθυλενίου, το οποίο εξασφαλίζει τη διατήρηση της ενυδάτωσης του μείγματος. Το τελικό πάχος του νέου δαπέδου, συμπεριλαμβανομένης της στρώσης σταθεροποίησης του, συνήθως διαμορφώνεται στα 8 με 10 cm.

Πορώδες σκυρόδεμα

Το πορώδες σκυρόδεμα αποτελεί ένα μείγμα χονδρόκοκκων αδρανών, τσιμέντου τύπου Πόρτλαντ, νερού και διαφόρων πρόσμεικτων, βασικό χαρακτηριστικό του οποίου αποτελεί η απουσία σε μεγάλο βαθμό λεπτόκοκκων αδρανών από το μείγμα. Είναι επίσης γνωστό ως διαπερατό σκυρόδεμα ή και σκυρόδεμα ενισχυμένου διαπερατού.

Σύσταση πορώδους σκυροδέματος

Τα χονδρόκοκκα αδρανή του μείγματος είναι ποταμίσια ή θραυστά, με διάμετρο κόκκων μεταξύ 8 - 16,5 mm, ενώ οι πόροι του σκυροδέματος έχουν διαστάσεις μεταξύ 2 - 8 mm. Το πορώδες του, το ποσοστό δηλαδή του όγκου των

κενών σε σχέση με τον συνολικό όγκο του δαπέδου, κυμαίνεται μεταξύ 20% - 28%. Η θλιπτική αντοχή του δαπέδου, ανάλογα και με τη χρήση, μπορεί να κυμαίνεται σε επίπεδα από 2,8 έως 28 MPa, ενώ ο λόγος νερού τσιμέντου κυμαίνεται μεταξύ 0,28 - 0,40. Ένα δάπεδο πορώδους σκυροδέματος μπορεί να απορροφήσει ύδατα σε τιμές περίπου 200 - 300 $\ell/\text{min}/\text{m}^2$.

Το πορώδες σχετίζεται άμεσα με το ειδικό βάρος του μείγματος, την κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών του, την ποσότητα του τσιμέντου, τον λόγο νερού - τσιμέντου, τη συμπύκνωση, αλλά και την εργασιμότητά του. Η εργασιμότητα αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα στον σχεδιασμό, διότι περίσσεια νερού οδηγεί σε θεαματική μείωση των κενών, άρα και της υδατοδιαπερατότητας του δαπέδου. Από την άλλη, εφόσον το διαπερατό σκυρόδεμα υπερσυμπυκνωθεί, τότε περιορίζεται σημαντικά η δυνατότητα του νερού να αποστραγγιστεί, ενώ, αν δεν συμπυκνωθεί αρκετά, τότε το σκυρόδεμα εμφανίζει χαμηλές αντοχές, καθώς και αποκόλληση αδρανών από την επιφάνειά του. Πρόσμεικτα που ενδείκνυται να χρησιμοποιούνται στο μείγμα, είναι οι επιβραδυντές για αύξηση της εργασιμότητας και τα αερα-

1. Πάρκο με μονοπάτια από φυσικό σταθεροποιημένο δάπεδο.

2. Εφαρμογή πλαστικών διατήρητων πλεγμάτων με επικάλυψη χλοοτάπητα σε χώρο στάθμευσης αυτοκινήτων.

ΥΔΑΤΟΔΙΑΠΕΡΑΤΑ ΔΑΠΕΔΑ		
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Εφαρμογές
Παρέχουν ευχάριστες και ασφαλείς συνθήκες σε πεζούς και οχήματα.	Αποφεύγονται τοποθεσίες με ισχυρούς ανέμους, που ενδέχεται να φέρουν στο δάπεδο φερτά υλικά, μειώνοντας την απορροφητικότητά τους.	Πάρκα, πλατείες, μονοπάτια πεζοπορίας, χωματόδρομοι, σχολεία, ποδηλατόδρομοι, γήπεδα, αθλητικές εγκαταστάσεις, αρχαιολογικοί χώροι, οδοί χαμηλής κυκλοφορίας, χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων.
Δεν λασπώνουν και δεν λιμνάζουν εύκολα τα νερά, συμβάλλοντας ενεργά στη μείωση των πλημμυρικών φαινομένων.	Δεν συνιστώνται σε εδάφη με χαμηλή υδατοαπορροφητικότητα, της τάξεως των 0,36 mm/h και μικρότερη.	
Συμβάλλουν στον εμπλουτισμό και στην επαναφόρτιση του υδροφόρου οριζοντα, φιλτράροντας και αποτρέποντας ταυτόχρονα τη διείσδυση πλήθους ρυπαντών.	Δεν ενδείκνυται να εφαρμόζονται σε οδούς με μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο ή σε οδούς κίνησης βαρέων οχημάτων.	
Συμβάλλουν στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, αφού διαθέτουν περιορισμένη θερμοχωρητικότητα χάρη στην ανοικτή δομή τους, βελτιώνοντας ταυτόχρονα τις συνθήκες του μικροκλίματος.	Αποφεύγεται η εφαρμογή τους σε εδάφη με κλίση μεγαλύτερη του 5%.	
Περιορίζουν σημαντικά τις ανάγκες για κατασκευή και συντήρηση μεγάλων τεχνικών και αντιπλημμυρικών έργων.	Καθίσταται δύσκολος ο καθαρισμός δαπέδων, των οποίων η απορροφητικότητα έχει μειωθεί σημαντικά και σε μεγάλο βάθος.	
Στις περισσότερες των περιπτώσεων απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, συνεισφέροντας με αυτόν τον τρόπο στην εξοικονόμηση χρημάτων και πόρων.	Αποφεύγεται η εφαρμογή τους σε χώρους στάθμευσης φορτηγών, σε βενζινοπωλεία και σε άλλες εγκαταστάσεις, που δέχονται μεγάλες ποσότητες από ρυπογόνες ουσίες όπως λάδια, καύσιμα κ.ά.	
Παρουσιάζουν υψηλή αντοχή σε καταπονήσεις από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως την ηλιακή ακτινοβολία και τον παγετό.	Κατασκευάζονται σε ελάχιστη απόσταση 1,20 m από τον υπόγειο υδροφόρο οριζοντα και 30 m από πηγές ύδρευσης.	

κτικά σε συνθήκες παγετού, ενώ ευεργετικό ρόλο παίζει και η κατασκευή μεγάλης βάσης θραυστών υλικών πάχους από 20 έως και 60 cm.

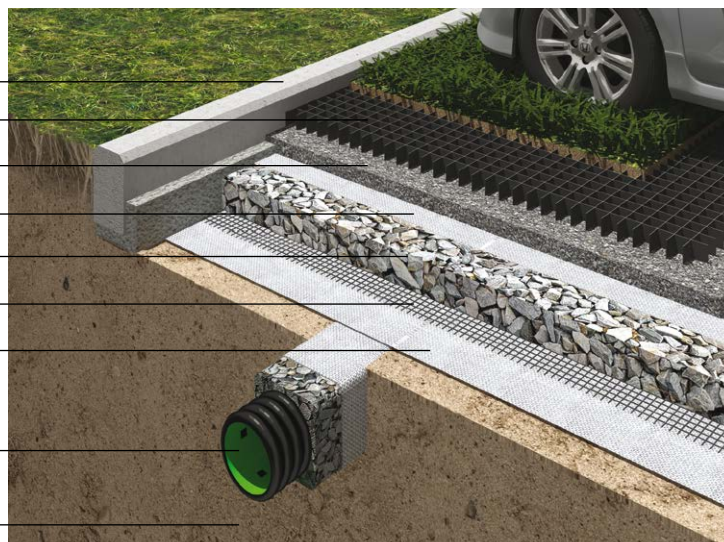
Κατασκευή πορώδους σκυροδέματος

Το πάχος του σκυροδέματος μπορεί να κυμαίνεται από 10 έως 20 cm, ανάλογα με τα φορτία κυκλοφορίας. Η τελική στρώση εφαρμόζεται απευθείας επάνω στην υδατοδιαπερατή βάση θραυστών υλικών ή στην εξομαλυντική στρώση επί της βάσης και έχει ανοικτό γκρι χρώμα. Αμέσως μετά τη διάστρωση του υλικού η επιφάνεια καλύπτεται με μεμβράνη για τη διευκόλυνση των συνθηκών ωρίμανσης του σκυροδέματος. Η κύρια διαφορά στην κατασκευή του πορώδους δαπέδου σε σύγκριση με του συμβατικού έγκειται στο γεγονός ότι το πορώδες σκυροδέμα περιέχει λιγότερο νερό και γι' αυτόν τον λόγο η σκλήρυνσή του πραγματοποιείται αρκετά γρηγορότερα, ενώ, αντίθετα, για την ωρίμανσή του απαιτείται γενικά περισσότερος χρόνος. Το καλούπωμα και η διάστρωση του πορώδους σκυροδέματος μπορούν να πραγματοποιηθούν με τα μέσα που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή δαπέδου κοινού σκυροδέματος, ενώ η



3. Επιπέδωση και συμπύκνωση πορώδους σκυροδέματος με κυλινδρικό δονητικό πήχη βαρέος τύπου.

Πλευρικό στηθαίο οριοθέτησης τάπητα
 Πλαστικό πλέγμα υψηλής αντοχής γεμισμένο με κλάη σε βάθος 5 - 7 mm.
 Στρώση παραλαβής φορτίων πάχους 35 - 50 mm, με χαλίκι διαστάσεων 5 - 20 mm
 Γεώφρασμα
 Αποστραγγιστική στρώση πάχους 100 - 380 mm με αδρανή διαστάσεων 5 - 45 mm
 Προαιρετικό πλέγμα
 Γεώφρασμα
 Αποστραγγιστικός αγωγός. Τοποθετείται όταν κρίνεται σκόπιμο και εξαρτάται από το ύψος της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα
 Φυσικό έδαφος



Τομή υδατοδιαπερατού δαπέδου με πλαστικά διάτρητα πλέγματα και σωλήνα αποστράγγισης υδάτων.



4

επιπέδωση και η συμπίκνωσή του ιδανικά πραγματοποιούνται με κάποιον κυλινδρικό δονητικό πήχη βαρέος τύπου. Η συντήρησή του μπορεί να γίνεται με χρήση ηλεκτρικής σκούπας αλλά και πλύσης του δαπέδου υπό χαμηλή πίεση.

Πλαστικά διάτρητα πλέγματα

Τα πλαστικά διάτρητα πλέγματα αποτελούν μια σύγχρονη τεχνολογία σταθεροποίησης των υλικών επικάλυψης ενός δαπέδου, η οποία χαρακτηρίζεται από οικολογικό χαρακτήρα και φυσικό αποτέλεσμα. Το σύστημα αποτελείται από φύλλα κυψελοειδούς πλέγματος από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) διαφόρων διαστάσεων, στη βάση του οποίου συνήθως τοποθετείται κάποιο ανθεκτικό και υδατοδιαπερατό γεώφρασμα. Για την πλήρωση του συστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αδρανές υλικό σε ποικιλία επιλογών, όπως βότσαλο και χαλίκι διαφόρων αποχρώσεων και διαμέτρου κόκκων από 6 έως 22 mm ή και εδαφικό μείγμα σποράς για τη φύτευση χλοοτάπητα. Το

κυψελοειδές πλέγμα συγκρατεί το υλικό επικάλυψης στη θέση του και επικαλύπτεται πλήρως από αυτό, ενώ το αποτέλεσμα χαρίζει μια λειτουργική, σταθερή και απόλυτα υδατοδιαπερατή επιφάνεια, με φυσική εμφάνιση.

Τοποθέτηση των πλαστικών διάτρητων πλεγμάτων

Μετά την κατασκευή των υποκείμενων στρώσεων, όπως προαναφέρθηκε, ακολουθεί η τοποθέτηση των πλαστικών διάτρητων πλεγμάτων απευθείας επάνω στη στρώση σταθεροποίησης του δαπέδου, διαδικασία σχετικά απλή, αφού τα πλέγματα διαθέτουν σύστημα κουμπώματος που διασφαλίζει την ένωση της μιας πλάκας με την άλλη. Η τοποθέτηση των πλεγμάτων μπορεί να γίνει με τα χέρια, καθώς το κάθε φύλλο ζυγίζει έως και 1,5 kg. Μόλις ολοκληρωθεί η τοποθέτηση, το σύνολο της τελικής επιφάνειας επικαλύπτεται με το επιθυμητό ανά περίπτωση υλικό. Τα πλαστικά διάτρητα πλέγματα κόβονται εύκολα με εργαλεία, ώστε να εφαρμόζονται γύρω από υδρορροές, σωλήνες, αλλά και οπουδήποτε κριθεί απαραίτητο, ανάλογα και με την εκάστοτε επιφάνεια.

4. Διάστρωση χαλικιού με σκούπα σε πλαστικά διάτρητα πλέγματα.



Τομή υβριδικού χλοοτάπητα με σωλήνα αποστράγγισης υδάτων.



Υβριδικοί χλοοτάπητες

Ο υβριδικός χλοοτάπητας αποτελεί ένα μείγμα φυσικού χλοοτάπητα που εφαρμόζεται συνδυαστικά με ένα στρώμα συνθετικών ινών, όπως του προπυλενίου και του πολυαιθυλενίου, τα οποία προέρχονται από ανακυκλωμένα υλικά. Αυτό το στρώμα, τοποθετείται επάνω σε ένα μείγμα ανάμιξης κοκκινόχματος, μαύρου κομποστοποιημένου χώματος, τύρφης, ελαφρόπετρας, περλίτη, ζεόλιθου και άμμου θαλάσσης. Αφού τοποθετηθεί το στρώμα, προαιρετικά διαστρώνεται μια στρώση από λεπτούς κόκκους φελλού, η οποία προσδίδει ελαστικότητα στο τελικό δάπεδο. Αμέσως μετά εφαρμόζεται το ίδιο μείγμα εδαφικού υλικού και γίνεται η διασπορά των σπόρων του φυσικού γρασιδιού σε όλη την επιφάνεια. Η άρδευση τύπου τεχνητής βροχής πετυχαίνει ταχεία φύτευση του χλοοτάπητα εντός των 10 ημερών. Το ριζικό σύστημα διαπερνά το στρώμα των τεχνητών ινών και καταλήγει σε κατώτερο στρώμα εδαφικού μείγματος. Συνεπώς μ' αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται ένα σταθερό υδατο-

διαπερατό σύστημα, ευνοϊκό για την ανάπτυξη αθλητικών και άλλων δραστηριοτήτων.

Πορώδης άσφαλτος

Η πορώδης άσφαλτος αποτελεί ένα ασφαλτόμειγμα πορώδους σύνθεσης με χονδρόκοκκα αδρανή μη συνεχούς κοκκομετρικής διαβάθμισης, το οποίο αναπτύχθηκε αρχικά ως υπόστρωμα της κοινής αδιαπέραστης ασφάλτου με στόχο την ελαχιστοποίηση των θορύβων, αλλά κατόπιν εφαρμόστηκε ως τελική, υδατοδιαπερατή στρώση κυκλοφορίας πεζών και οχημάτων. Το πορώδες της προσεγγίζει ένα ποσοστό της τάξης του 15% - 25%, το οποίο καθιστά την άσφαλτο υδατοδιαπερατή αλλά και πιο ευαίσθητη στις καταπονήσεις από τα ελαστικά των οχημάτων. Γι' αυτόν τον λόγο, προτείνεται η χρήση της σε οδούς χαμηλής κυκλοφορίας. Η τομή των υποκείμενων στρώσεων έδρασης της πορώδους ασφάλτου δεν διαφέρει σε τίποτα σε σχέση με άλλα πορώδη οδοστρώματα, ενώ η τελική της επίστρωση εφαρμόζεται απευ-

5. Πορώδης άσφαλτος διαφορετικών αποχρώσεων

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΑΤΟΔΙΑΠΕΡΑΤΩΝ ΔΑΠΕΔΩΝ			
Ιδιότητες	Φυσικά σταθεροποιημένα δάπεδα	Πορώδες σκυρόδεμα	Πορώδης άσφαλτος
Υλικά κατασκευής	Μείγμα από φυσικά υλικά, όπως συμπυκνωμένο χύμα, άμμο λατομείου, κεραμάλευρο, αλεσμένα κεραμίδια, ποζολάνες κ.ά.	Μείγμα από τσιμέντο τύπου Πόρτλαντ, χονδροκόκκων αδρανών, νερού και διαφόρων πρόσμεικτων.	Ασφαλτικό μείγμα πορώδους σύνθεσης από συνδυασμό αδρανών σε διάφορες κοκκομετρικές διαβαθμίσεις.
Γεωμετρία και κύρια χαρακτηριστικά	Πάχος τελικής στρώσης 8 - 10 cm, πορώδες 20% - 30%, θλιπτική αντοχή 2 - 8 MPa, διαπερατότητα 0,1 - 0,15 cm/s, ειδικό βάρος 1500 - 1600 kg/m ³ .	Πάχος τελικής στρώσης 10 - 20 cm, πορώδες 20% - 28%, θλιπτική αντοχή 2,8 - 28 MPa, διαπερατότητα 0,4 - 2,5 cm/s, ειδικό βάρος 1420 - 1840 kg/m ³ .	Πάχος τελικής στρώσης 5 - 12 cm, πορώδες 15% - 21%, θλιπτική αντοχή 1,2 - 2,4 MPa, διαπερατότητα 0,1 - 0,3 cm/s, ειδικό βάρος 1750 - 2000 kg/m ³ .
Κατασκευαστική ευκολία	Οι υποκείμενες στρώσεις κατασκευάζονται εύκολα, ενώ η εφαρμογή του υλικού συνήθως γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό.	Για τη σύνθεση του μείγματος αλλά και την εφαρμογή του υλικού απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό, οπότε αυξάνεται ο βαθμός δυσκολίας της κατασκευής του δαπέδου.	Ανάλογη της κατασκευής κοινής ασφάλτου, με τη διαφορά ότι η συμπύκνωση πραγματοποιείται με μικρότερη πίεση απ' ό,τι στην κοινή άσφαλτο.
Κατασκευαστικές συνθήκες	Διάστρωση σε συνθήκες περιβάλλοντος μεταξύ 0°C - 30°C, σφράγιση με ειδικά προϊόντα μετά την κατασκευή προς διατήρηση της ενυδάτωσης του δαπέδου.	Κρίσιμο ρόλο παίζουν κυρίως οι ποσότητες νερού - τσιμέντου, αλλά και η σωστή συμπύκνωση του σκυροδέματος. Η τελική επιφάνεια καλύπτεται με μεμβράνη μετά την κατασκευή.	Το μείγμα τοποθετείται στον αναδευτήρα σε στρώσεις 140°C - 160°C και εφαρμόζεται με μηχανικούς διστρωτήρες. Η στρώση αφήνεται να στεγνώσει 24 - 48 ώρες.
Χρώμα & αισθητική	Φυσική όψη, αποχρώσεις συγγενικές του κεραμάλευρου, του καφέ, του γκρι και του λευκού.	Ανοιχτό γκρι και περιορισμένες ποικιλίες χρωμάτων. Η τελική όψη είναι παρόμοια με αυτήν του κοινού σκυροδέματος.	Συνήθως μαύρης απόχρωσης, παρόμοιας όψης με της κοινής ασφάλτου. Ωστόσο δίνεται η δυνατότητα επιλογής αρκετών χρωμάτων της τελικής επικάλυψης.
Καθαρισμός & συντήρηση	Δεν απαιτείται ιδιαίτερη συντήρηση, αφού το υλικό δεν διασκορπίζεται, δεν δημιουργεί σκόνες, ενώ αποτρέπει την ανάπτυξη φυτών στην επιφάνειά του.	Καθαρισμός με ηλεκτρική σκούπα και πλύσιμο σε χαμηλή πίεση για απομάκρυνση των ρυπαντών.	Δεν απαιτείται ιδιαίτερη συντήρηση, εκτός από την αποκατάσταση φθορών από το πέρασμα του χρόνου και τις καταπονήσεις.
Κόστος	Σχετικά μεγάλο κόστος λόγω της όξι και τόσο εύκολης εύρεσης υλικών. Ωστόσο, είναι οικονομικότερο συνολικά από άλλων δαπέδων.	Ακριβότερο κόστος σε σχέση με το κοινό σκυροδέματος.	Ακριβότερο κόστος σε σχέση με της κοινής ασφάλτου.
Φιλικότητα προς το περιβάλλον	Δάπεδα φιλικά προς το περιβάλλον, με χρήση οικολογικών υλικών, χωρίς χημικές προσμειξεις.	Συντελεί στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, αφού χάρη στον ανοικτό τόνο της επίστρωσης και το υψηλό πορώδες, συγκρατεί λιγότερη θερμότητα.	Η άσφαλτος, γενικά, αποτελεί ένα προϊόν που ανακυκλώνεται εύκολα και σε μεγάλο βαθμό.
Στρώση σταθεροποίησης / εξομάλυνσης	Κατασκευάζεται εξομαλυντική στρώση από λεπτόκοκκα αδρανή, η οποία εξασφαλίζει ουσιαστικά την επιπεδότητα της τελικής επίστρωσης του δαπέδου.	Το δάπεδο μπορεί να εφαρμοστεί απευθείας επάνω στη βάση από θραυστά υλικά ή σε εξομαλυντική στρώση λεπτόκοκκων αδρανών, αν κριθεί απαραίτητο.	Το δάπεδο μπορεί να εφαρμοστεί απευθείας επάνω στη βάση από θραυστά υλικά ή σε εξομαλυντική στρώση λεπτόκοκκων αδρανών, αν κριθεί απαραίτητο.
Αντοχή & ανθεκτικότητα	Προσδίδει στο έδαφος αντοχή, ελαστικότητα και αυξημένη τριβή που ευνοεί τις αθλητικές δραστηριότητες, ενώ δεν λασπώνει ούτε και λιμνάζουν εύκολα σ' αυτά τα νερά.	Μπορεί να εξυπηρετήσει οδούς χαμηλής κυκλοφορίας οχημάτων. Ωστόσο σε κάθε περίπτωση οι αντοχές που αναπτύσσει είναι μικρότερες σε σχέση με του κοινού σκυροδέματος.	Μπορεί να εξυπηρετήσει οδούς χαμηλής κυκλοφορίας οχημάτων. Ωστόσο σε κάθε περίπτωση οι αντοχές που αναπτύσσει είναι μικρότερες σε σχέση με της κοινής ασφάλτου.

θείας επάνω στην υδατοδιαπερατή βάση θραυστών υλικών ή στην εξομαλυντική στρώση από λεπτόκοκκα αδρανή. Η μέθοδος διάστρωσης, οι συνθήκες κατασκευής αλλά και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενός δαπέδου από πορώδη άσφαλτο δεν διαφέρουν σε σχέση με της κοινής ασφάλτου, με μόνη διαφορά το γεγονός ότι η συμπύκνωση θα πρέπει να πραγματοποιείται υπό μικρότερη πίεση, προκειμένου να μην ελαττώνεται ο όγκος των κενών, άρα και η διαπερατότητα του δαπέδου. Η κυκλοφορία των οχημάτων θα πρέπει να αποφεύγεται για τουλάχιστον 48 ώρες μετά την εφαρμογή της πορώδους ασφάλτου, ενώ το πάχος της τελικής στρώ-

σης κυμαίνεται από 5 έως 12 cm, ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες.

Επικάλυψη του δαπέδου με χλοοτάπητα

Σε περίπτωση επικάλυψης του δαπέδου με γρασίδι, η συμπλήρωση των κυψελών των πλαστικών διάτρητων πλεγμάτων συστήνεται να πραγματοποιείται με μείγμα εδαφικού υλικού με άμμο (40%), τύρφη (30%) και χώμα (30%), ενώ για γρήγορη και σταθερή ανάπτυξη του χλοοτάπητα (γκάζον) προτείνεται η χρήση ποικιλιών ανθεκτικών στο κρύο, στην υγρασία, στη σκιά και στην έντονη χρήση. Μετά τη

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΑΤΟΔΙΑΠΕΡΑΤΩΝ ΔΑΠΕΔΩΝ			
Πλαστικά διάτρητα πλέγματα	Κυβόλιθοι σκυροδέματος	Υβριδικός χλοοτάπητας	Φυσικά υλικά εδαφοκάλυψης
Κατασκευή από πολυμερή πλαστικά τεμάχια και διάτρητη επιφάνεια που πληρώνεται με φυσικά υλικά, όπως χαλίκι και γρασίδι.	Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος, που τοποθετούνται σε σχηματισμούς με διάκενα μεταξύ τους.	Μείγμα φυσικού χλοοτάπητα και συνθετικών ινών από προπυλένιο και πολυαιθυλένιο.	Φυσικά υλικά όπως η πευκόφλουδα, τα ροκανίδια, τα πεισμένα φύλλα, τα φύκια, το χαλίκι, τα βότσαλα, η ψηφίδα, η ελαφρόπετρα.
Φύλλα επιφάνειας περίπου 160 x 120 (cm) με κυψέλες γεωμετρίας 3 x 3 (cm) και ύψους 3 - 5 cm, θλιπτική αντοχή 0,9 - 4 MPa, βάρος φύλλου 1,3 - 1,5 kg.	Κυβόλιθοι επιφάνειας 10 x 10 (cm) ή 20 x 10 (cm) και ύψους 6 cm ή 8 cm, ανάλογα με τη χρήση και τα φορτία παραλαβής του δαπέδου. Ποσοστό διακένων επί της επιφάνειας 5% - 15%.	Οι ρίζες του συστήματος διεισδύουν έως και 15 - 25 cm στις υποκείμενες στρώσεις, ενώ το γρασίδι προεξέχει επάνω από το δάπεδο περίπου 1 - 2 cm.	Σχήμα και διάμετρος κόκκων των υλικών που ποικίλλουν ανάλογα με την επιθυμητή διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας.
Εύκολη, αφού οι πλάκες είναι ελαφρές και συναρμολογούνται μεταξύ τους με ειδικά κουμπώματα και κλιπ στερέωσης. Πραγματοποιούνται εύκολα οι αναγκαίες κοπές.	Απλή, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τα χέρια. Πραγματοποιούνται εύκολα οι αναγκαίες κοπές.	Ιδιαίτερα δύσκολη, απαιτητική και χρονοβόρα, αφού το δάπεδο παραδίδεται προς χρήση 2 - 3 μήνες περίπου μετά την έναρξη της κατασκευής.	Εύκολη διάστρωση των υλικών, η οποία συνήθως πραγματοποιείται επάνω σε γεωύφασμα διαχωρισμού από το φυσικό έδαφος.
Μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε συνθήκες, που δεν επηρεάζουν την απρόσκοπτη κατασκευή του δαπέδου.	Μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε συνθήκες, που δεν επηρεάζουν την απρόσκοπτη κατασκευή του δαπέδου.	Ιδανική περίοδος εγκατάστασης αυτή μεταξύ Αυγούστου και Νοεμβρίου. Ωστόσο υπό τις κατάλληλες συνθήκες μπορεί να εφαρμοστεί οποιαδήποτε εποχή του χρόνου.	Μπορούν να τοποθετηθούν υπό οποιοδήποτε συνθήκες, που δεν επηρεάζουν την απρόσκοπτη κατασκευή του δαπέδου.
Τα πλέγματα είναι συνήθως μαύρου χρώματος, όμως γίνονται δύσκολα αντιληπτά και δεν επηρεάζεται η τελική όψη, η οποία έχει φυσικό αποτέλεσμα.	Ευρεία επιλογή χρωμάτων, όψη που διαμορφώνεται εύκολα, ανάλογα με το επιθυμητό σχήμα.	Παρόμοια όψη με αυτήν του φυσικού χλοοτάπητα.	Η τελική όψη έχει φυσικό αποτέλεσμα διαφόρων αποχρώσεων και συνδυασμών.
Απαιτείται μόνο οπτικός έλεγχος και συμπλήρωση υλικού σε περίπτωση που κριθεί απαραίτητο.	Εύκολη αποκατάσταση των φθαρμένων κυβόλιθων με καινούριους.	Απαιτείται διαρκής συντήρηση, καλό πότισμα και κούρεμα της επιφάνειας.	Απαιτείται μόνο οπτικός έλεγχος και συμπλήρωση υλικού σε περίπτωση που κριθεί απαραίτητο.
Οικονομική κατασκευή, αφού το μικρό βάρος τους ευνοεί την εύκολη μεταφορά τους.	Σχετικά χαμηλό κόστος σε σύγκριση με λίθινω στοιχεία.	Ακριβότερο συγκριτικά με το κόστος κατασκευής φυσικού ή συνθετικού χλοοτάπητα.	Ιδιαίτερα χαμηλό κόστος, το οποίο αφορά κυρίως στην προμήθεια των υλικών.
Τα πλαστικά πλέγματα συνήθως προέρχονται από ανακυκλωμένα και ανακυκλώσιμα υλικά.	Η κατασκευή των υποκείμενων στρώσεων, καθώς και η εφαρμογή των κυβόλιθων στην επιφάνεια αποτελούν ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον διαδικασίες.	Το 70% περίπου του συστήματος αποτελείται από φυσικό χλοοτάπητα, ενώ οι συνθετικές ίνες προέρχονται από ανακυκλωμένα υλικά, όπως τα πλαστικά απορρίμματα.	Συμβάλλουν στη διατήρηση της υγρασίας, στη ρύθμιση της θερμοκρασίας, στην αποφυγή ανάπτυξης ζιζανίων, στην προστασία των φυτών από ασθένειες.
Στρώση σταθεροποίησης πάχους 3 - 5 cm από άμμο σε συνδυασμό με λεπτά αδρανή ή και φυτόκωμα, ανάλογα με το υλικό της τελικής επικάλυψης.	Στρώση σταθεροποίησης πάχους 3 - 5 cm από άμμο σε συνδυασμό με αδρανή ή και φυτόκωμα, ανάλογα με το υλικό πλήρωσης των διακένων.	Το στρώμα του δαπέδου τοποθετείται σε εδαφικό μείγμα άμμου και υλικών, όπως του κοκκινωμάτος, του μαύρου κομποστοποιημένου χώματος, της τύρφης, της ελαφρόπετρας, του περλίτη, του ζεόλιθου.	Μπορούν να εφαρμοστούν απευθείας επάνω στο υπέδαφος.
Τα φορτία κατανέμονται ομοιόμορφα στην επιφάνεια, η οποία αναπτύσσει θλιπτικές αντοχές, ικανές να εξυπηρετήσουν την κίνηση και στάθμευση οχημάτων.	Επιφάνεια ιδιαίτερα ανθεκτική σε καταπονήσεις λόγω άσκησης φορτίων.	Προσδίδει μεγαλύτερη αντοχή στο έδαφος αλλά και αυξημένη ελαστικότητα, που ευνοεί τις αθλητικές δραστηριότητες, ενώ δεν λασπώνει και δεν λιμνάζουν εύκολα νερά σ' αυτό.	Συμβάλλουν στη βελτίωση των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών του εδάφους.

φύτευση εφαρμόζεται κατάλληλο λίπασμα και συχνό πότισμα μέχρι την πλήρη ανάπτυξη του χλοοτάπητα.

λίγες εβδομάδες μετά την εγκατάστασή του και πλήρωση με υλικό, όπου κριθεί απαραίτητο.

Επικάλυψη του δαπέδου με χαλίκι

Σε περίπτωση επικάλυψης με χαλίκι, η πλήρωση του συστήματος πραγματοποιείται τμηματικά, αφού μεταφέρονται μικρές κάθε φορά ποσότητες των αδρανών υλικών, οι οποίες διαστρώνονται με τη χρήση φτυαριού, σκούπας ή τσουγκράνας. Παρότι δεν προβλέπεται να σχηματίζονται βυθίσεις, απώλειες υλικού ή σχηματισμοί από λακούβες και αυλάκια, συστήνεται η οπτική επιθεώρηση του δαπέδου για

Εδαφοκάλυψη με φυσικά υλικά

Τα κυριότερα φυσικά υλικά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τελική επικάλυψη μιας υδατοδιαπερατής επιφάνειας, είναι η πευκόφλουδα, τα ροκανίδια, τα πεισμένα φύλλα, τα φύκια, το χαλίκι, τα βότσαλα, η ψηφίδα, η ελαφρόπετρα κ.ά. Αρκετά από αυτά τα υλικά είναι εδαφοβελτιωτικά, αφού αυξάνουν τα επίπεδα αερισμού και απορρόφησης της υγρασίας του εδάφους, ενώ ταυτό-



χρονα συμβάλλουν στην προστασία και στην αισθητική του αναβάθμιση. Ως διακοσμητικά υλικά χρησιμοποιούνται ευρέως το χαλίκι και το βότσαλο, υλικά τα οποία τοποθετούνται συνήθως επάνω από κάποιο γεωφάσμα και ποικίλλουν σε κόκκους διαφόρων μεγεθών, αλλά και σε διάφορες αποχρώσεις, όπως κίτρινες, πράσινες, κόκκινες και άλλες που χαρίζουν την επιθυμητή όψη της επιφάνειας, στην οποία εφαρμόζονται.

Κυβόλιθοι σκυροδέματος

Οι κυβόλιθοι αποτελούν βιομηχανικά προϊόντα προκατασκευασμένου άοπλου σκυροδέματος διαφόρων διαστάσεων, αποχρώσεων και μορφολογίας. Τοποθετούνται σε επαφή μεταξύ τους σε απλή παράθεση ή σε διακοσμητικούς συνδυασμούς, επάνω σε στρώση σταθεροποίησης από στεγνή μετριοκόκκη άμμο, κατά προτίμηση χαλαζιακή, πάχους 3 - 5 cm. Οι πλευρικές εξογκώσεις των κυβόλιθων, εξασφαλίζουν την τήρηση αρμών κατά την τοποθέτησή τους, ενώ αμέσως μετά η τελική επιφάνεια επιπεδώνεται μηχανικά με δονούμενη πλάκα ή κύλινδρο και ακολουθεί η πλήρωση των αρμών με λεπτόκοκκη άμμο. Ο εγκιβωτισμός των κυβόλιθων γίνεται με τη τοποθέτηση κρασπέντων τσιμέντου περιμετρικά της επιφάνειας του δαπέδου και είναι απαραίτητος, διότι εξασφαλίζει τη συγκράτηση των κυβόλιθων και τη διατήρηση του σχήματος του έργου κατά την πάροδο του χρόνου. Αφού τοποθετηθούν πρώτα οι κυβόλιθοι σε ελεύθερη επιφάνεια χωρίς εμπόδια, γίνεται μέτρηση, χάραξη, κοπή και τελικά σφήνωμα των κομμένων κυβόλιθων στις εναπομείνουσες επιφάνειες. Η κοπή τους γίνεται με κόφτη δομικών υλικών ή και τροχό. Η πλήρωση των αρμών της επιφάνειας μπορεί εναλλακτικά να πραγματοποιηθεί με μείγμα εδαφικού υλικού για τη φύτευση γρασιδιού, ενώ επιπλέον, στην αγορά κυκλοφορούν διάτρητοι κυβόλιθοι διαφόρων αποχρώσεων και διαστάσεων, οι οποίοι τοποθετούνται με τον ίδιο τρόπο.

6. Εργασίες τοποθέτησης των κυβόλιθων, οι οποίες πραγματοποιούνται εύκολα και απλά με τα χέρια, επάνω στο κατάλληλο υπόστρωμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- S. Mayuni, S. P. R. Wardani, B. H. Setiadi, **Science mapping of porous asphalt pavement and open graded friction course (OGFC)**, Civil Engineering and Architecture II(I): 36 - 50, 2023.
- Masoud Kayhanian, Hui Li, **Application of permeable pavements in highways for stormwater runoff management and pollution prevention: California research experiences**, International Journal of Transportation Science and Technology, volume 8, issue 4, December 2019, pages 358 - 372.
- Xiong Xu, Zhen Leng, **Sustainable practice in pavement engineering through value-added collective recycling of waste plastic and waste tyre rubber**, Engineering, volume 7, issue 6, June 2021, pages 857 - 867.
- Fan Yu, Jianxiang Guo, **A review of the pore structure of pervious concrete: Analyzing method, characterization parameters and the effect on performance**, Construction and Building Materials, volume 365, 15 February 2023, 129971.
- Shadi Saadeh, Avinash Ralla, **Application of fully permeable pavements as a sustainable approach for mitigation of stormwater runoff**, International Journal of Transportation Science and Technology, volume 8, issue 4, December 2019, pages 338 - 350.
- Miklas Scholz, Piotr Grabowiecki, **Review of permeable pavement systems**, Building and Environment 42 (2007) 3830 - 3836.
- Amminudin Ab Latif, Ramadhansyah Putrajaya, **A review of porous concrete pavement: Compressive strength and clogging investigation**, Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology 29, issue 3 (2023) 128 - 138.
- Gabriel Mansour, Maria Zoumaki, Konstantinos Tsongas, Dimitrios Tzetzis, **Starch-sandstone materials in the construction industry**, Results in Engineering, volume 8, December 2020, 100182.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- **Επιστρώσεις κήπων & χώρων στάθμευσης. Σύγχρονες ιδέες και υλικά.**
Τεύχος 6/2018, σελ. 81.
- **Υδατοδιαπερατοί τάπητες και δάπεδα. Τύποι και εφαρμογές.**
Τεύχος 10/2010, σελ. 101.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ & ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΡΘΡΑ στην ιστοσελίδα www.ktirio.gr