

ΒΑΣΙΛΗΣ ΠΡΟΦΥΛΛΙΔΗΣ

**ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ**  
**ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ**  
**ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΑΡΤΑΓΑΝΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1985

ΒΑΣΙΛΗΣ ΠΡΟΦΥΛΙΔΗΣ

# ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ  
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΑΡΤΑΓΑΝΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1985

## **Βασίλης Προφυλλίδης**

Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

DEA και Διδακτορικό στο Πολυτεχνείο Παρισίων (ENPC)

Ερευνητής στους γαλλικούς σιδηροδρόμους (1981 - 83) και ειδικός ερευνητής (expert invité) στο τμήμα ερευνών της διεθνούς ένωσης σιδηροδρόμων (1981 - 1984). Μελέτες, μεταξύ άλλων, και εφαρμογές γεωκασσιμάτων σε σιδηροδρομικά και οδικά έργα.

Από το Μάρτιο 1984 ειδικός σύμβουλος του Ο.Σ.Ε.

Δίδαξε Σιδηροδρομική στο Ε.Μ. Πολυτεχνείο (Ακαδημαϊκό ετος 1984 - 85).

Συγγραφέας δεκαπέντε πρωτότυπων επιστημονικών εργασιών (μέχρι σήμερα) που έχουν δημοσιευθεί σε διάφορα ξένα και ελληνικά επιστημονικά περιοδικά.

Μιλά Αγγλικά, Γαλλικά, Ιαπωνικά και Γερμανικά.

Vassilios A. Profillidis, Ph.D.

Geotextiles in Civil Engineering

Mechanical and hydraulic behaviour - Applications and Design

Απαγορεύεται η με οποιοδήποτε μέσο μερική ή ολική ανατύπωση χωρίς τη γραπτή άδεια του συγγραφέα και την έγκριση του εκδότη.

COPYRIGHT 1985 Β. Προφυλλίδης - Δ. Γαρταγάνης

Αφιέρωμα στον παππού μου

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μια από τις επιστημονικές περιοχές προς τις οποίες στράφηκε η έρευνα σε θέματα γεωτεχνικής μηχανικής τα τελευταία χρόνια είναι η βελτίωση των συνθηκών έκδοσης τεχνικών έργων σε εδάφη προβληματικά καθώς και των συνθηκών διήθησης-σποσιράγγισης για την καλύτερη προστασία από τα επιφανειακά και υπόγεια νερά.

Σημαντική προς την κατεύθυνση αυτή υπήρξε η προσφορά της υφαντικής βιομηχανίας με την παραγωγή νέων προϊόντων. Ένα από τα προϊόντα αυτά είναι και τα συνθετικά υφάσματα ή γεωυφάσματα που παρόλη την ευρεία διάδοση διεθνώς, την τελευταία ετών δεκαετία, μόλις άρχισαν να χρησιμοποιούνται στον ελληνικό χώρο.

Είσοι η έκδοσή αυτή έρχεται πρώτα απ' όλα να καλύψει ένα κενό της ελληνικής τεχνικής βιβλιογραφίας. Στόχο έχει να καταδείξει τις τεχνικές περιοχές έργων Πολιτικού Μηχανικού, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα γεωυφάσματα, να αποσαφηνίσει τις θεμελιώδεις ιδιότητες τους, να καταστήσει δυνατή την αποτίμηση των βασικών παραμέτρων αντοχής και τέλος να παράσχει μεθοδολογίες υπολογισμού.

Η έκδοση αποτελείται μεσά βήση από το κείμενο της διάλεξης που παρουσίασα για τα γεωυφάσματα στο σεμινάριο που οργάνωσε το Εργαστήριο Εδαφομηχανικής του Πολυτεχνείου Θεσσαλονίκης το Μάρτιο του 1985. Η διάλεξη έγινε μεσά από

πρόσκληση του παλιού μου άσκαλου καθηγητή κ. Δ. Βαλαιά, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά.

Οι φιλότιμες προσπάθειες της δ. Κάτης Κωνσταντίνου, οχεθιάουτριας και της δ. Κάτης Παγαυού, δακτυλογράφου, οδήγησαν ώστε όσο γίνεται πιο άρτια παρουσίαση ενός άσκαλου τεχνικού κειμένου. Τις ευχαριστώ, όπως και τον γεωτεχνικό κ. Ε. Σαλαμαζάκη για ορισμένες χρήσιμες παρατηρήσεις του.

Ευχαριστώ τέλος τους φοιτητές μου του θου εξαμήνου των τμήματων Πολιτικών Μηχανικών και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ακαδημαϊκό έτος 1984-85, κατεύθυνση Συμμετωπιολόγων), οι οποίοι με το ζυηρό ενδιαφέρον και τον προβληματισμό τους κατέ τις πνευμαπιστηριακές μου παραδόσεις συνέβαλλαν στον ευστολισμό ορισμένων ειδικών προβλημάτων και στην αριότερη επεξεργασία τους.

Β.Π.

## Γ Ε Ω Υ \* Λ Ε Κ Α Τ Α

### ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

σελίδα

1. Τα προβληματικά εδάφη και οι κλασσικές λύσεις της Εδαφομηχανικής .....	7
2. Τα γεωφάρμακα και οι βασικές τους λειτουργίες .....	9
3. Εργαστηριακές δοκιμές υπολογισμού των παραμέτρων ενός γεωφάρμακτος .....	15
4. Μηχανική συμπεριφορά του ανασήματος γεωφάρμα- κόσφου .....	24
5. Συμπεριφορά των γεωφασσμάτων σε κόπωση .....	29
6. Χρήσεις των γεωφασμάτων .....	31
6.1. Λιθόσπασμ-σποστράγγισμα .....	31
6.2. Ποτάμια και θαλάσσια έργα .....	35
6.3. Οδοποιία .....	38
6.4. Διμελιώσεως τεχνικών έργων και αντιστηρίξεις ..	43
6.5. Σιλόπροδρομική .....	46
7. Γεωφάρμακα υφκντά και μη υφκντά. Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα .....	49
8. Εφαρμογές γεωφασμάτων στην Ελλάδα .....	55

## Γ Ε Ω Υ + Α Σ Μ Α Τ Α

### ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

#### 1. Τα προβληματικά εδάφη και οι κλασσικές λύσεις της εδαφομηχανικής

Οι περιπτώσεις όπου το έδαφος θεμελίωσης ενός τεχνικού έργου δεν έχει ικανοποιητική συμπεριφορά αποτέλεσαν πάντοτε μόνιμο πρόβλημα στην επιστήμη της εδαφομηχανικής. Ο ευκολότερος και κλασσικότερος τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος μέχρι πριν μερικά χρόνια ήταν να μην τεθεί καθ' το πρόβλημα, παρακάμπτοντας την περιοχή του προβληματικού εδάφους και αναζητώντας άλλο υγιέστερο εδαφικό υλικό.

Η αδυναμία εξεύρεσης ελεύθερων χώρων και η σημαντική αύξηση του κόστους χρήσεων γης οδήγησαν τα τελευταία χρόνια σε θεμελίωση πολλών, και μάλιστα σημαντικών και ευαίσθητων, τεχνικών έργων πάνω σε εδάφη "προβληματικά" (εντελώς υδατοκινητά: μικρής φέρουσας ικανότητας, κορεσμένα με νερό, μεγάλης συμπιεστότητας, κλπ.). Η ανάγκη αυτή έκανε πιο επιτακτική τη μελέτη του όλου προβλήματος.

Τρείς ήταν οι συνυφασμένοι τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος, (3):



ι) Μεταφορά των φορτίων στο προβληματικό έδαφος χωρίς αφαίρεση του τελευταίου. Αυτό γίνεται εφαρμόζοντας μια από τις παρακάτω μεθόδους:

- προσωρινές προφορτίσεις ή πλευρικές επιφορτίσεις,
- συμπόνηση των μη συνεκτικών εδαφών με έμπηξη πλοσάλων, συσκευές δόνησης ή με διενέργεια εκρήξεων,
- κασακόρυφα στραγγιολήρια ή στραγγιστικές τάφρους,
- υποβιβασμό της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα,
- ειδικές, ανάλογα με την περίπτωση, μεθόδους όπως η ηλεκτροβρωση, κλπ.

ιι) Αφαίρεση μέρους ή ολόκληρου του προβληματικού εδάφους. Εφαρμόζεται συνήθως μια από τις παρακάτω μεθόδους:

- μετατόπιση του συμπιεστού εδάφους με γρήγορη εφαρμογή στατικής φόρτισης,
- απομάκρυνση του συμπιεστού εδάφους με μηχανικά μέσα.

ιιγ) Μεταφορά των φορτίων με τη βοήθεια πασσάλων σε υγιέστερο εδαφικό υλικό που βρίσκεται πιο βαθιά.

Πολλά τεχνικά έργα κατασκευάσθηκαν την τελευταία δεκαετία πάνω σε προβληματικά εδάφη χρησιμοποιώντας κάποια από τις προηγούμενες μεθόδους. Μνημονεύουμε ενδεικτικά τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Οδός Αθηνών-Λαμίας: Η αρχική πρόβλεψη για διέλευση μέσα από τη κωπήθα εγκυαταλείφθηκε τελικά γιατί οι υπολογισμοί έδωσαν πολύ μεγάλες καθιζήσεις, της τάξης των 70-90 cm.

- Αεροδρόμιο Κέρκυρας, σε περιοχή με κακή ποιότητας

αργιλικά εδάφη αλοδοκία σε οργανικά συστατικά και λιμνάζονται νερά. Η αποσκόρπιση των ετεροειδών και η στερεοποίηση του υπεδέφους έγιναν με τη βοήθεια αμμοστραγγιστηρίων, λύση ωστόσο που τελικά δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

- Οδός Πόργου-Κυπαρισσίας. Η χάραξη περνάει σε μήκος 300m από ελώδη περιοχή πολύ κακού εδάφους, που τελικά αντικαταστάθηκε από άλλο υγιέστερο.

- Σιδηροδρομική γραμμή Δαμολυού-Ορφανών. Η χάραξη διέρχεται από οργανικό έδαφος πολύ κακής ποιότητας με σημαντικές υπήγειρες ροές. Παρόλες τις κατά καιρούς μικροβελτιώσεις το πρόβλημα υφίσταται σήμερα με συνέπεια πολύ σημαντικές δαπάνες για τη συντήρησή της γραμμής.

## 2. Τα γεωφάρμακα και οι βιοκίτες τους λεικουργίες

Στις προηγούμενες περιπτώσεις των προβληματικών εδαφών, αλλά και σε πολλές άλλες περιπτώσεις κατασκευής και προστασίας τεχνικών έργων, μπορεί να δώσει λύση ικανοποιητική η τεχνική των γεωφασμάτων.

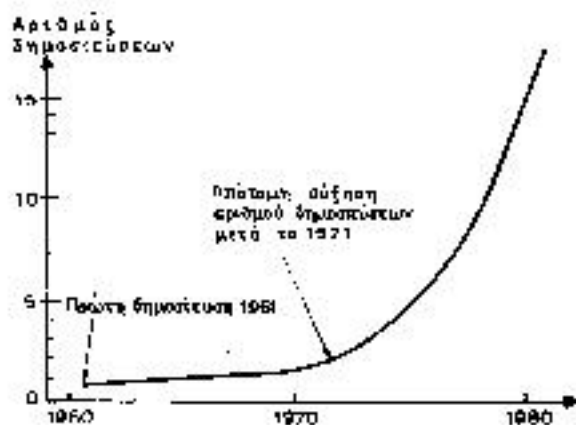
Τα γεωφάρμακα αποτελούνται από συνθετικές ίνες, που προέρχονται από διάφορα πολυμερή, συνθέστερα το πολυηροσπυλένιο ή των πολυεστέρα. Η διάμετρος των ινών ποικίλλει από 10-30μ. Τα γεωφάρμακα έχουν πάχος από 2.4mm ως 3mm και βέρος από 70 gr/cm<sup>2</sup> ως 350 gr/cm<sup>2</sup>.

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες γεωφασμάτων:

- τα υφαντά, που προκύπτουν από αλληλοδιασπαστικότητα δύο κάθετων στρωμάτων ινών.

- τα μη υφαντά, στα οποία οι ίνες είναι τοποθετημένες ακανόνιστα και η μεταξύ τους συνοχή εξασφαλίζεται εφαρμόζοντας διάφορες τεχνικές.

Τα γεωφάρμακα εμφανίστηκαν πριν 20 περίπου χρόνια στην αγορά υαλλών των τεχνικών έργων και γνώρισαν μέχρι σήμερα εξέλιξη εντυπωσιακή. Το σχήμα 2.1. (σελ. 11) δίνει την εξάπλωση των γεωφαρμάκων στις διάφορες περιοχές του κόσμου και το σχήμα 2.2. την εντυπωσιακή αύξηση του αριθμού των επιστημονικών δημοσιεύσεων για γεωφάρμακα τα τελευταία χρόνια.



Σχ. 2.2

Ετήσιος αριθμός επιστημονικών δημοσιεύσεων για γεωφάρμακα σε διεθνή περιοδικά τα τελευταία χρόνια.

Ανάμεσα στις πολυποικίλες μέχρι σήμερα εφαρμογές των γεωφαρμάκων θα μνημονεύσουμε τις χαρακτηριστικότερες από αυτές, που πιστοποιούν άλλωστε τους θεμελιώδεις στόχους στους οποίους μπορεί ν' ανταποκρίνεται ένα γεωφάρμακο. Οι θεμελιώδεις αυτοί στόχοι ανταποκρίνονται σε δύο βασικές αιτιολογίες ιδιοτήτων, τις μηχανικές αφενός και τις υδραυλικές αφετέρου, [7], [9], [10], [11].



### α) Μηχανικές ιδιότητες

α<sub>1</sub>) Διαχωρισμός δύο διαδοχικών στρώσεων κοκινώδους υλικού. Ένα συνηθισμένο πρόβλημα στην Εδαφομηχανική είναι η διεύθυνση των λεπτόκοκκων στοιχείων ενός αργιλιώδους εδάφους στο υπέρκειμενο στρώμα αμμοχάλικου ή άμμου. Η τοποθέτηση γεωφράγματος επί διεισφάνεια ανάμεσα στις δύο στρώσεις δίνει στο πρόβλημα λύση κοραλή και μόνιμη.

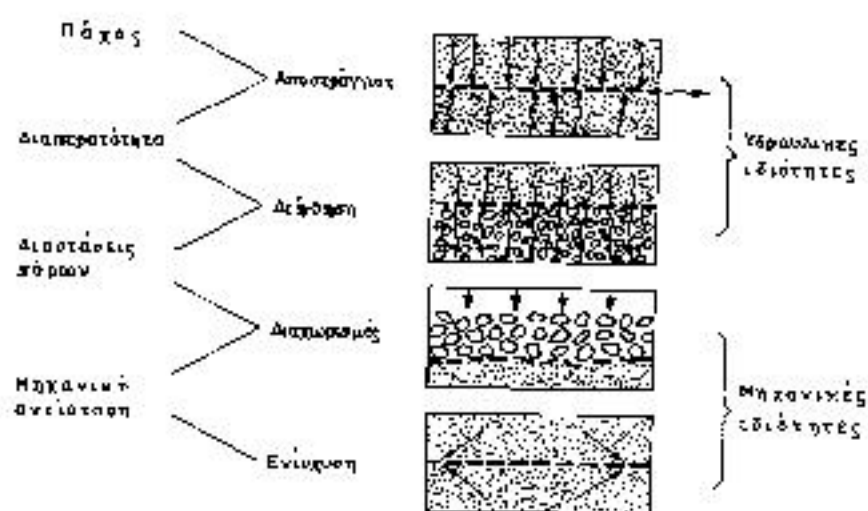
α<sub>2</sub>) Ενίσχυση εδαφικού υλικού ανεπαρκούς κατ' αρχήν μηχανικής αντοχής. Η αδυναμία εξεύρεσης ελεύθερων χώρων αναγκάζει πολύ συχνά να θεμελιώσουμε πάνω σε εδάφη μικρής μηχανικής αντοχής, ετερογενή, συμπιεστικά, με μεγάλη παραμορφσιμότητα. Η τοποθέτηση γεωφράγματος στις περιπτώσεις αυτές προκαλεί ενίσχυση της μηχανικής αντοχής του προβληματικού εδαφικού υλικού, αλλά και δίνει τη δυνατότητα να αναληφθούν ικανοποιητικά ενδεχόμενες διαφορικές καθιζήσεις.

### β) Υδρολογικές ιδιότητες

β<sub>1</sub>) Χρησιμοποίηση του γεωφράγματος ως φίλτρου. Η αδυναμία εξεύρεσης κοκινώδους υλικού επαρκώς διαβαθμισμένου για τη χρησιμοποίησή του ως φίλτρου δεν είναι κάτι το ασυνήθιστο. Το γεωφάσμα μπορεί να καλύψει και τη δυνατότητα αυτή.

β<sub>2</sub>) Ταχεία και προς ορισμένο κατεύθυνση αποστράγγιση διβριτών και υπόγειων νερών (drainage). Είναι ένα πρόβλημα που συχνά υποτιμάται και στην επίλυση του οποίου μπορεί να συμβάλλουν πολύ ικανοποιητικά τα γεωφάσματα.

Το σχ. 3.1 αναπαραστατώνει διαγραμματικά τη συσχέτιση ανάμεσα στις θεμελιώδεις ιδιότητες και τους βιολογικούς ρόλους των γεωφασμάτων. Η πείρα από τα μέχρι σήμερα (1985) χρησιμοποιήσιμα των γεωφασμάτων έχει καταδείξει τα παρακάτω αναμφισβήτητα πλεονεκτήματά τους, [9], [10].



Σχ. 3.1

συσχέτιση ανάμεσα στις θεμελιώδεις ιδιότητες και τους βιολογικούς ρόλους του γεωφασμάτος.

- η παρεμβολή ανάμεσα σε υλικά ποικίλη (αργιλιώδη, αμμόβια, στρώσεις) ενός υλικού συνεχούς (γεωφάσμα) προσδίδει ευστάθεια στην κατισοειδή και βελτιώνει τη μηχανική της συμπεριφορά,

- δίνουν λύση μόνιμη και συνεχή στα προβλήματα της μηχανικής και υδρολογικής υπερπεριφοράς του συστήματος με συνέ-

ηκία πολύ μεγάλες οικονομίες στις μερικές δαπάνες συντήρησης,

- εξυσφαλίζουν ευκολία και πιστότητα κατασκευής. Όσο ευκολώτερο είναι η τοποθέτηση ενός υλικού τόσο πιο αποτελεσματικός είναι ο έλεγχος της ποιότητας κατασκευής.

- η χρησιμοποίηση γεωφύλακας οδηγεί πολύ συχνά σε λάθη πολύ πιο οικονομικά αναφορικά με το συνολικό κόστος ζωής του έργου. Μόνο ως προς την οικονομία μεταφοράς δίνουμε το παρακάτω παράδειγμα. Ένα γεωφύλακα βάρους  $250 \text{ g/m}^2$  μπορεί να αντικαταστήσει μια αμώδη στρώση πάχους 15 cm και βάρους  $250 \text{ kg/m}^2$ , δηλαδή 1000 φορές βαρύτερη. Για ένα χιλιόμετρο οδαστρώματος πλάτους 8 m, αυτό συνεπάγεται χρησιμοποίηση υλικών 2000 t στη δεύτερη περίπτωση (για τη μεταφορά των οποίων απαιτούνται 20 φορτηγά οχήματα των 10t), ενώ στην πρώτη περίπτωση απαιτούνται μόνο 2 t γεωφύλακας που μπορούν να μεταφερθούν άνετα από ένα μικρό φορτηγό.

Όλα αυτά δείχνουν ότι η επιτυχία των γεωφύλακων και η καθιέρωσή τους (σε διεθνή τουλάχιστον χώραί ως δομικό υλικό) ούτε περιθωριακή ούτε περιστασιακή είναι. Θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν σαν μια τεχνολογία που βρίσκεται στο ξεκίνημα με ευρύ πεδίο ανάπτυξης.

Η επιλογή ωστόσο του κατάλληλου τύπου γεωφύλακας δεν είναι υπόθεση και τόσο απλή. Πολλές φορές το γεωφύλακα χρησιμοποιείται για να καλύψει περισσότερους από έναν ρόλους. Οι κάποιες τεχνικές προδιαγραφές που υπάρχουν σήμερα βασίζονται σε κανόνες εμπειρικούς ή ημιεμπειρικούς. Είναι

μια αδυναμία που κάνει πολλούς μηχανικούς και κατασκευαστές επιφυλακτικούς. Γι' αυτό και στη συνέχεια θα δοθεί έμφαση στις εργαστηριακές δοκιμές υπολογισμού των χαρακτηριστικών ενός γεωφάρμακος, στη μηχανική συμπεριφορά του συστήματος γεωφάρμακ-έδαφος, στις τεχνικές προδιαγραφές για την επιλογή του κατάλληλου τύπου γεωφάρμακος. Η θεωρητική αυτή ανάπτυξη θα επιτρέψει να γίνουν καλύτερα και ανωτερές οι διάφορες χρήσεις των γεωφάρμακων καθώς και η μεθοδολογία για την ορθολογική επιλογή του κατάλληλου τύπου γεωφάρμακος.

### 3. Εργαστηριακές δοκιμές υπολογισμού των βασικών παραμέτρων ενός γεωφάρμακος

Εστω προσπάθεια μιας κατ' αρχήν επιστομονικής προσέγγισης, προτάθηκαν διάφορες εργαστηριακές μέθοδοι για τον υπολογισμό των βασικών παραμέτρων των γεωφάρμακων. Οι εργαστηριακές αυτές μέθοδοι ποικίλλουν από χώρα σε χώρα, αλλά και από τη μια εταιρεία στην άλλη. Θα παρουσιάσουμε στη συνέχεια τις κυριότερες εργαστηριακές δοκιμές χρησιμοποιώντας κυρίως τους γαλλικούς κανονισμούς, (6), (13), (14), (23), (24).

#### 3.1 Αντοχή σε εφελκυσμό και εκμείκωση θραύσης

Η γνώση των δύο αυτών χαρακτηριστικών είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της μηχανικής εντάχωσης που θα προκαλέσει το γεωφάρμακον καθώς και των συνθηκών τοποθέτησής του



κατά την κατασκευή του έργου. Για να εκτιμηθεί η ανισοτροπία των μη υφαντών γεωφωσφομάτων, οι παραπάνω τιμές θα πρέπει να είναι γνωστές σε δύο κάθετες μεταξύ τους κατευθύνσεις (μικρότερο διαμήκη κατεύθυνση των ινών του γεωφάσματος και μια κατά την εγκάρσια).

Οι γαλλικές προδιαγραφές χρησιμοποιούν δομικά μήκους 100mm και πλάτους 500mm (Αρκείες από τις αμερικανικές και ομογόνιμες προδιαγραφές χρησιμοποιούν δομικά διαστάσεων 200x200 mm). Ειδικά από τη μέγιστη εφελκυστική αντοχή χρησιμοποιείται ως παράμετρος και η επιμήκυνση θραύσης  $\epsilon_R$ . Ας είναι η  $\epsilon_1$  η μέση παραμόρφωση που αντιστοιχεί στη θραύση και  $\epsilon_2$  η παραμόρφωση που αντιστοιχεί στον κόρηση προς την  $\epsilon_1$  διεύθυνση. Η  $\epsilon_R$  υπολογίζεται από το σχέση:

$$\epsilon_R = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_1 \cdot \epsilon_2$$

Οι παραμορφώσεις θεωρούνται θετικές όταν αντιστοιχούν σε μίλωση και αρνητικές όταν αντιστοιχούν σε βρόχωση.

Οι τιμές που προδιαγράφουν οι γαλλικοί κανονισμοί δίνονται στο τέλος της παραγράφου αυτής, στα σχ. 3.2 δίνουμε τυπικά διαγράμματα εφελκυστικής αντοχής-επιμήκυνσης θραύσης για υφαντά και μη υφαντά γεωφάσματα, (11).

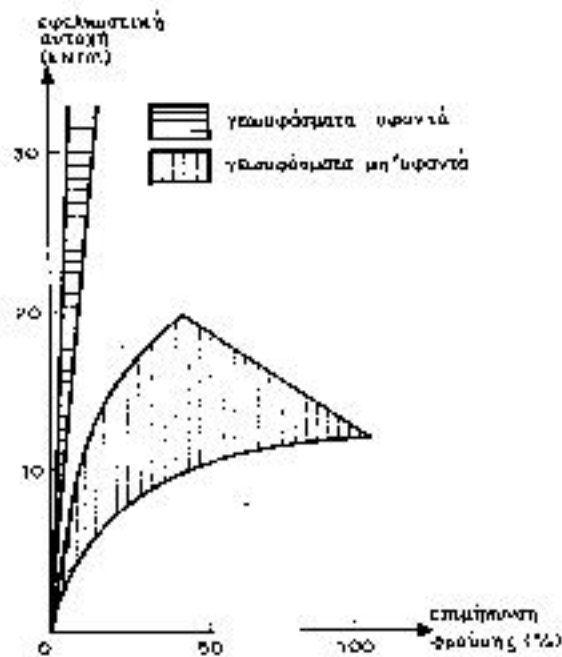


Fig. 3.2

Υιοθέτηση μεταξύ εφελκυστικής αντοχής και επιμήκυνσης θραύσης για υφαντά και μη υφαντά γεωφράσματα.

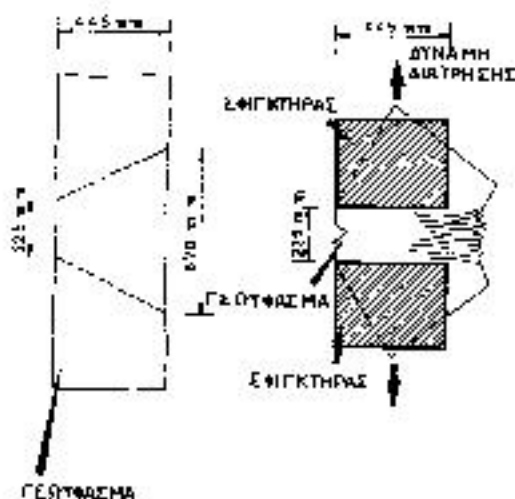
### 3.2 Αντίσταση σε σχίσιμο (trapezoidal tear resistance)

Το δοκίμιο είναι τραπεζοειδούς μορφής (σχ. 3.3) με βάσεις 670mm και 225mm και ύψος 445 mm. Η διατρήση αρχίζει δημιουργώντας μια μικρή εγκοπή μήκους 50mm στο μέσο της μικρής βάσης, ενώ δύο κοπές πακτωμένες στις μη παράλληλες πλευρές του τραπεζιού μετατοκίζονται με μια σχετική ταχύτητα 50mm/min. Καταμετρείται η απαιτούμενη δύναμη για να μεταδοθεί η αρχική κοπή εγκοπή και έτσι υπολογίζεται η αντίσταση σε σχίσιμο.

### 3.3 Αντίσταση σε διείρηση (CBR puncture resistance)

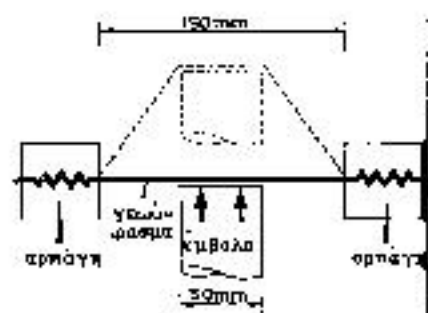
Είναι βασική παράμετρος ώστε να διασφαλισθεί η χωρίς προβλήματα υποθέτηση του γεωφύλλοιτος (και κυρίως να αποφευχθεί το ενδεχόμενο διείρησης από μικρούς κόνικους).

Σύμφωνα με τις γερμανικές προδιαγραφές (DIN 54307) ένα δείγμα γεωφύλλοιτος πακτώνεται ανάμεσα σε δύο κρηάτες εσωτερικής διαμέτρου 150mm. Ένα έμβολο διαμέτρου 50 mm διεισφέρει κάθετα στην επιφάνεια του γεωφύλλοιτος με σταθερή ταχύτητα 50 mm/min. Καταμετρείται το μέγιστο φορτίο και η μακρόλη φασία-παραμόρφωσης.



Σχ. 3.3

Η δοκιμή για τον έλεγχο της αντίστασης γεωφύλλοιτος σε διείρηση.



Σχ. 3.4

Η δοκιμή για τον έλεγχο της αντίστασης γεωφύλλοιτος σε διείρηση.

### 3.4 Υδροκλιτική διαπερατότητα

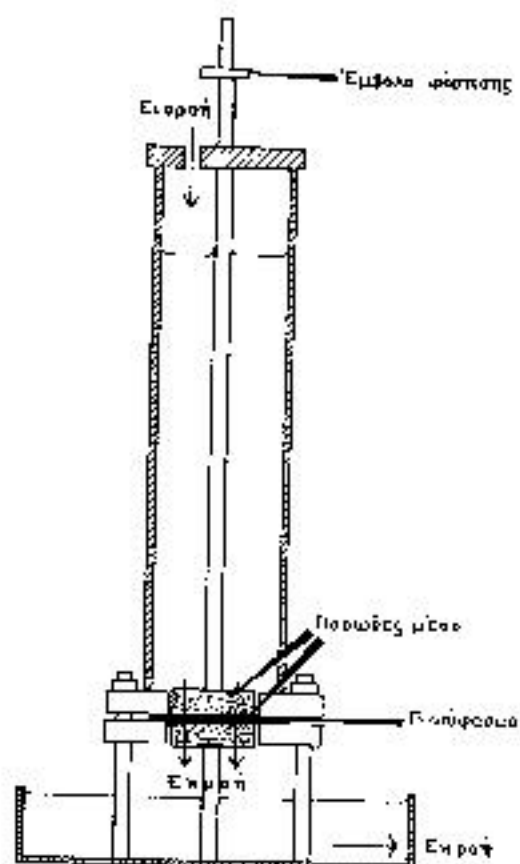
Βασικό χαρακτηριστικό των γεωφωμάτων είναι ότι επιτρέπουν την εδωλοή και γρήγορη ροή τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υερών. Οι εργαστηριακές δοκιμές αποβλέπουν στον υπολογισμό του συντελεστή διαπερατότητας τόσο κάθετα ( $k_v$ ) όσο και παράλληλα ( $k_h$ ) προς το επίπεδο του γεωφωμάματος. Θα χρησιμοποιήσουμε εδώ το συντελεστή διαπερατότητας όπως συνήθως ορίζεται στην υδροκλιτική (νόμος του Darcy)  $Q \cdot k \cdot i$  όπου  $i$  η υδροκλιτική ακτίνα). Λένουμε μερικές αντιπροσωπευτικές τιμές για το συντελεστή  $k$ :

0.01	m/sec	για καθαρό αμμοχάλικο
0.01	m/sec	για καθαρή άμμο
$1 \cdot 10^{-4}$	m/sec	για πολύ λεπτή άμμο
$1 \cdot 10^{-9}$	m/sec	για καθαρή άργιλο

#### 3.4.1 Συντελεστής διαπερατότητας κάθετα προς τις ένες του γεωφωμάματος.

Είναι ο συντελεστής που χαρακτηρίζει την ικανότητα του γεωφωμάματος να χρησιμοποιηθεί ως φίλτρο. Το σχ. 3.4 δίνει διάγραμμα της ανακευής που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή  $k_v$ . Η διάφραγμα της δοκιμής πρέπει να είναι τέτοια ώστε η υδροκλιτική ακτίνα που θα προκύψει να είναι αρκούντως μικρή, για να μπορεί να εφαρμοστεί ο νόμος του Darcy.

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται ως παράμετρος το πηλίκο  $\frac{k_v \cdot h}{\dots}$ , όπου  $h$  το πάχος του γεωφωμάματος, που καλείται συντελεστής αναγμένης διαπερατότητας (permittivité).



Σχ.3.5  
 διάγραμμα συσκευής για τον υπολογισμό  
 της διαπερατότητας γεωφόρου.

### 3.4.2 Συντελεστής διαπερατότητας παράλληλα προς τις ίνες του γεωφόρου

Αποικμά την ικανότητα αποστράγγισης του γεωφόρου-  
 ρος. Συνήθως χρησιμοποιείται ως παράμετρος το γινόμενο  $k_T \cdot h$ ,  
 που καλείται συντελεστής συνολικής οριζόντιας διαπερατότητας  
 (transmissivité).

### 3.5 Μέγεθος πόρων γεωφάσματος

Αποτιμά το μέγεθος των πόρων (κευών) του γεωφάσματος. Καθώς το γεώφασμα έχει πόρους διαφορετικών διαμέτρων, η πλήρης ποσομετρία εκφράζεται από μια καμπύλη που δίνει την κατανομή των διαφόρων μεγεθών πόρων. Η ποσομετρία χαρακτηρίζει κυρίως την ικανότητα του γεωφάσματος να χρησιμοποιηθεί ως φίλτρο, καθώς και για το διαχωρισμό δύο διπλοσχηκών εδαφικών στρώσεων.

Οι γαλλικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν ως παράμετρο για την εκτίμηση του μεγέθους των πόρων το άνοιγμα φιλτραρίσματος (ouverture de filtration)  $D_f$ . Για τον προσδιορισμό του διαπερνάται το γεώφασμα από υλικό γωνιακής κοκκομετρικής διαβάθμισης, που βρίσκεται σε κώρηση. Η παράμετρος  $D_f$  ορίζεται ίση με το διάμετρο  $D_{95}$  της κοκκομετρικής καμπύλης του υλικού.

Οι γερμανικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν το δείκτη πόρων  $e$  του γεωφάσματος, που ορίζεται εντελώς αντίστοιχα με το δείκτη πόρων του κοκκικού υλικού,

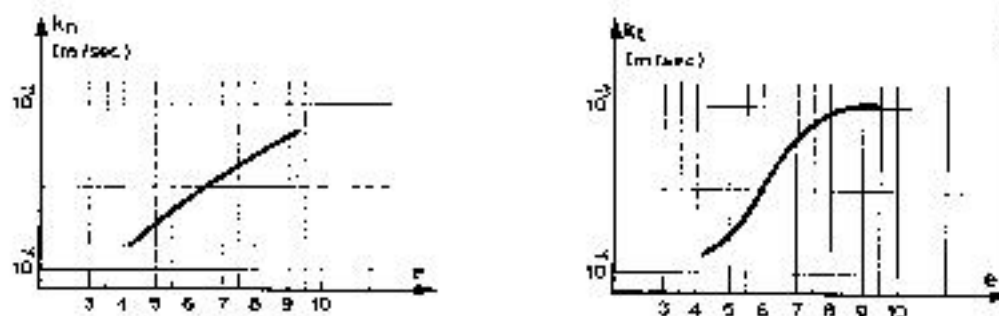
$$e = \frac{V_{\text{αוו}} - V_{\text{γεω}}}{V_{\text{γεω}}}$$

$V_{\text{αוו}}$  : ο συνολικός όγκος

$V_{\text{γεω}}$  : ο όγκος που αντιστοιχεί στο γεώφασμα

θεωρητικά ο συντελεστής αερός δεν έχει πένυ ορισκή τιμή. Είναι γνωστή ωστόσο από την Εδαφομηχανική ότι τα αρμόδια εδάφη έχουν δείκτη πόρων από 0.4 έως 0.8, ενώ τα συνεκτικά εδάφη μεταξύ 0.5-3.0, με συνήθη τιμή μικρότερη από 1. Ο δείκτης πόρων του γεωσφαιματος βρέθηκε να έχει τιμές μεταξύ 6.5 και 9.4, πράγμα που δείχνει ότι το γεώσφαιμα έχει περισσότερους πόρους από το έδαφος. Στο γεγονός αυτό άλωστε οφείλεται η υψηλή ικανότητα διήθησης που παρουσιάζει το γεώσφαιμα, (13), (19).

Στο σχήμα 3.6 δίνουμε συσχέτιση ανάμεσα στους συντελεστές  $k_v$ ,  $k_t$  και το δείκτη πόρων  $e$  για διάφορες τιμές της κατακόρυφης φόρτισης προς το επίπεδο του γεωσφαιματος, (24).



Σχ. 3.6

Συσχέτιση της κατακόρυφης  $k_v$  και οριζόντιας  $k_t$  διαπεραστότητας με το δείκτη πόρων  $e$  του γεωσφαιματος.

### 3.6 Ταξινόμηση των γεωφασμάτων με βάση εργαστηριακές δοκιμές

Με βάση τις εργαστηριακές δοκιμές που περιγράφηκαν πριν γίνεται η ταξινόμηση των γεωφασμάτων σε διάφορες κατηγορίες. Δίνουμε στον πίνακα 3.1 μια απ' αυτές τις ταξινομήσεις, αυτήν που χρησιμοποιούν οι γαλλικοί κανονισμοί, (6).

Υασιμετρικοί δείκτες		ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ποσοστό σε γήινο υπό (k%)	Διόστως ποιοστάσιο	4	6	12	16	23	25	31	40	50	75	100	
	Γυάρινα ποιοστάσιο												
Ποσοστό των ποιοστάσιων (k%) υπό (k%)	Διόστως ποιοστάσιο	2	3	15	20	25	31	40	50	75	91	100	
	Γυάρινα ποιοστάσιο												
Κοιλότητα σε γήινο υπό (k%)	Διόστως ποιοστάσιο	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.7	2.3	3	5	5	
	Γυάρινα ποιοστάσιο												
Αποκλίση (k%)	αποκλίση $E_{p,0.1}$	$10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	
	αποκλίση $E_{p,0.2}$	$10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-1}$	$10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-1}$	$10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-1}$	$10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	
Πλάτος πόρων $d_p$ (cm)		400	400	250	150	150	100	50	50	40	25	10	

Πίνακας 3.1

Ταξινόμηση των γεωφασμάτων με βάση τους γαλλικούς κανονισμούς.



#### 4. Μηχανική συμπεριφορά του συστήματος γεωφάσμα-έδαφος

##### 4.1 Οι θεμελιώδεις μηχανικές επιπτώσεις που ασκούνται στο γεωφάσμα

Ανάλογα με το ρόλο που καλείται να καλύψει το γεωφάσμα υπόκειται σε μια ή και στις δύο παρακάτω επιπτώσεις, (15), (17).

###### 4.1.1 Επιπόνηση σε διάτμηση

Το έδαφος μεταφέρει στο γεωφάσμα σημαντικές δυνάμεις διάτμησης. Στην περίπτωση αυτή το γεωφάσμα λειτουργεί σαν οπλισμός και η ενδεδειγμένη κατεύθυνση τοποθέτησής του εξαρτάται από τη διεύθυνση της μέγιστης κοκκώδους παραμόρφωσης. Ως απόρροια της ανάληψης σημαντικών διατμητικών τάσεων προκύπτει και η αντίστοιχη ελαστική και πλαστική παραμόρφωση.

###### 4.1.2 Επιπόνηση σε κατόρθωση μεμβράνης

Εκτός από τις διατμητικές δυνάμεις, το γεωφάσμα παραλαμβάνει, και κατά κόρον λόγω μάλιστα, σημαντικές αξονικές δυνάμεις, οπότε έχουμε μια συμπεριφορά ανάλογη με κατόρθωση μεμβράνης.



επιπόνηση σε διάτμηση

αξονική επιπόνηση

εχ. 4.1

Οι επιπτώσεις που ασκούνται στο γεωφάσμα

#### 4.7 Μακροσκοπική ανάλυση του συστήματος γεώφωσμα-έδαφος

Στοχεύει στον υπολογισμό των πεδίων τάσεων και μετακινήσεων για την ορθολογική επιλογή του κατάλληλου τύπου γεωφώστατος. Μια τέτοια ανάλυση πρέπει να παίρνει υπόψη τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του συστήματος γεώφωσμα-έδαφος, να μην περιέχει χονδροειδείς θεωρητικές απλοποιήσεις και τέλος να μην απαιτεί υπερβολικό κόστος αριθμητικών υπολογισμών. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο μεγάλες κατηγορίες προσέγγισης του φαινομένου:

1) Ανάλυση με βάση τις οριακές συνθήκες ισορροπίας, που σε μικρό ή μεγάλο βαθμό αληθεύει στις υπολογιστικές τεχνικές των κύλιων αλίσθησης. Μια τέτοια ανάλυση έχει το πλεονέκτημα της απλότητας, αλλά και τα περσιότατα σοβαρά μειονεκτήματα:

- Δεν απαιτεί επαρκώς τη γεωμετρική και μηχανική φύση του συστήματος.

- Δεν παίρνει υπόψη την αλληλεπίδραση γεωφώστατος-έδαφους που πολύ συχνά συνοδεύεται από μεγάλες παραμορφώσεις.

Η συντελεστής ασφαλείας παίρνεται ίσος με 1.5. Πιο πρόσφατα οπείσο (και επίσης στη Βόρεια Αμερική) θεωρούν ελαστικοποιητικό μικρότερο συντελεστή ασφαλείας και ίσο με 1.3.

Όσον αφορά τις παραμορφώσεις, επιβάλλει εμπειρικά το σύστημα γεώφωσμα-έδαφος να σχεδιάζεται έτσι ώστε η μέγιστη παραμόρφωση του γεωφώστατος να μην υπερβαίνει το 10% της παραμόρφωσης που αντιστοιχεί στη θραύση.

2) Για τους προηγούμενους λόγους πιστεύουμε ότι για μια ακριβέστερη μελέτη του προβλήματος είναι προσιμότερες οι αριθμητικές τεχνικές που χρησιμοποιούν τη μέθοδο των πεπερα-

σμένων στοιχείων. Τέτοιες τεχνικές έχουν τα αναμφισβήτητα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- αποτιμούν επακριβώς τη γεωμετρική μορφή του προ-βλήματος,

- έχουν τη δυνατότητα εφαρμογής καταστατικών νόμων συμπεριφοράς που βρίσκονται πολύ κοντά στην πραγματική μηχανική συμπεριφορά του συστήματος. Όλες οι μέχρι σήμερα γνω-στές αναλύσεις χρησιμοποιούν ελαστοπλαστικό καταστατικό νόμο συμπεριφοράς που φαίνεται να δίνει λιανοποιητικά αποτελέσμα-τα σε σύγκριση με πειραματικές δοκιμές. (16), (20).

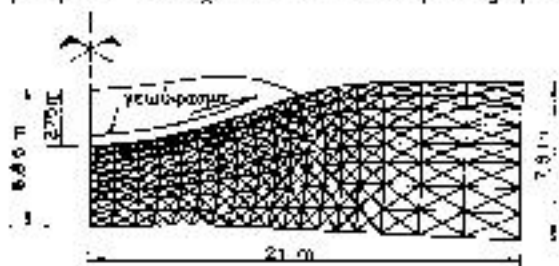
- παίρνουν υπόψη την αξονική επιρρόνιση του γεωφά-σματος, θεωρώντας μια κατάσταση μεμβράνης με μια καρπική κιαμψία πολύ μικρή (σε όχι μηδενική, για λόγους ευεπίθειας των αριθμητικών μοντέλων).

- μπορούν να πάρουν υπόψη τις μεγάλες μετακινήσεις που πολύ συχνά υφίσταται το γεωόραμα.

- δεν αγνοούν την αλληλεπίδραση γεωφάσματος-εδάφους

Έτσι οι κριθμητικοί υπολογισμοί γίνονται ξεχωριστά για το γεωόραμα και το έδαφος και αλληλοσυνδέονται με συνθήκες συμβιβαστού των παραμορφώσεων στη διεπιφάνεια γεωόραμα-έδαφος.

Το σχ.4.2 δίνει το όπτιο για μια ανάλυση με πεπε-ραυμένα στοιχεία του συστήματος γεωόραμα-έδαφος, (20).



Σχ. 4.2

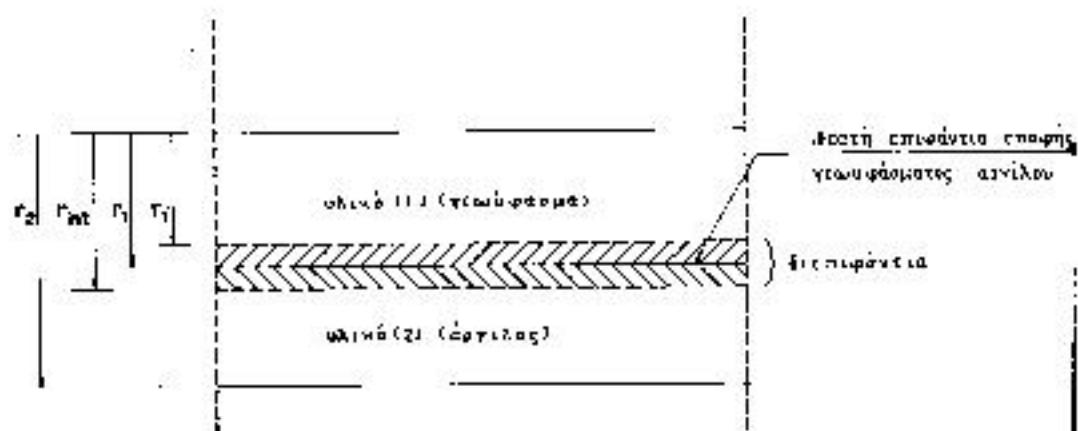
Μελέτη με βάση τα πε-περαυμένα στοιχεία του συστήματος γεωό-ραμα-έδαφος, (20).

#### 4.3 Μικροσκοπική ανάλυση της διεπιφάνειας γεωφύσματος-έδαφους

Στη μακροσκοπική ανάλυση του προβλήματος γίνεται η υπόθεση της ομογένειας των μετακινήσεων στη διεπιφάνεια γεωφύσματος-έδαφους, για την οποία αγνοούνται πλήρως οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις πρόσφυσης. Θα παρουσιάσουμε τώρα μια θεωρητική μεθοδολογία αντιμετώπισης του προβλήματος.

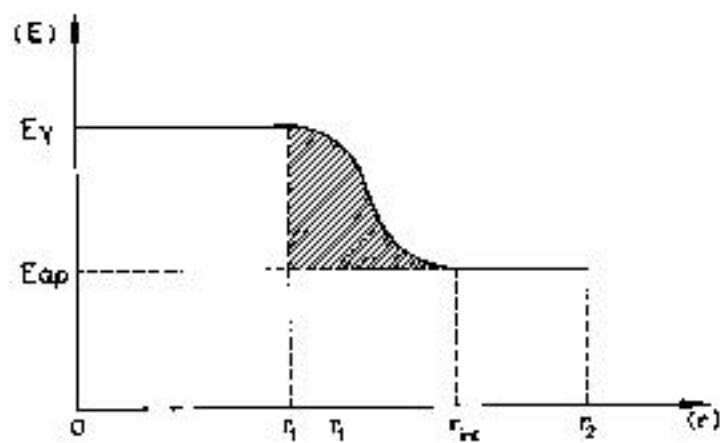
Στην επαφή γεωφύσματος-έδαφους δημιουργείται μια διεπιφάνεια, της οποίας το πάχος και η ρεολογική συμπεριφορά εξαρτώνται από τις ιδιότητες του γεωφύσματος και της εδαφικής στρώσης. Στην περίπτωση που η μία από τις δύο διαδοχικές στρώσεις αποτελείται από ελαστικό υλικό και η άλλη από βιοσκελεστικό, η διεπιφάνεια αποτελείται εξολοκλήρου από το βιοσκελεστικό υλικό. Αν όμως και οι δύο στρώσεις αποτελούνται από βιοσκελεστικά υλικά, τότε η διεπιφάνεια αποτελείται και από τα δύο υλικά, κατά κύριο όρος λόγω από το ασθενέστερο. Αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση μας, δίνουμε στα σχ. 4.3, 4.4 (σελ. 28) τα γεωμετρικά μεγέθη καθώς και τη μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας στη διεπιφάνεια.

Το πιο πρόβλημα συνίσταται στον υπολογισμό του πάχους της διεπιφάνειας και των δυνάμεων πρόσφυσης. Είναι ένα πολύ ενδιαφέρον ερευνητικό θέμα, που κατάσα η ολοκληρωμένη παρουσίασή του ξεπερνά κατά πολύ τα πλαίσια αυτής της έκδοσης. Ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει σε ειδικές δημοσιεύσεις, (18), όπου υπάρχει και εκτενής βιβλιογραφία.



Σχ- 4.3

Η διεπιφάνεια γεωόφραμα-έδαφος



Σχ. 4.4

Μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας στη διεπιφάνεια γεωόφραμα-έδαφος.

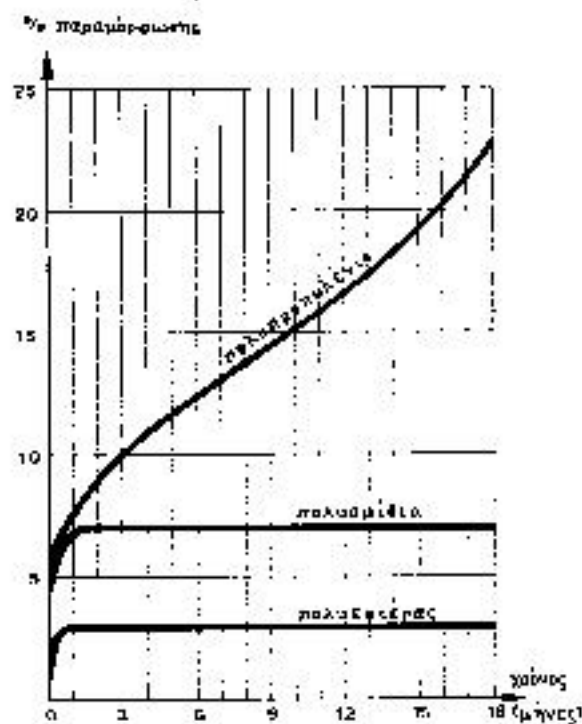
## 5. Συμπεριφορά των γεωμορφώσεων σε κόπωση

Παρόλο που το γεωμόρφωμα τοποθετείται σ' κατάσταση αρκετή από τα εξωτερικά φορτία, υφίσταται την επιπόνηση των κυκλικών φορτίσεων, (πέρασμα οχήματος, σιδηροδρομίου, κήμα, κλπ.), που θέτουν έτσι το πρόβλημα της κόπωσης. Άλλωστε η οργανικής φύσης υφή του θέτει και το πρόβλημα της αλλοίωσης των υλών μέσα στο χρόνο.

Θα πρέπει ωστόσο να τονισθεί ότι καθώς η τεχνική των γεωμορφώσεων είναι πρόσφατη, η υπάρχουσα σήμερα γνώση ως προς την εξέλιξη σε συνάρτηση με το χρόνο των μηχανικών παραμέτρων και της κηής του γεωμορφώματος δεν μπορεί να θεωρηθεί επαρκής. Παρόλίγη συστηματική έρευνα έχει γίνει προς την κατεύθυνση αυτή.

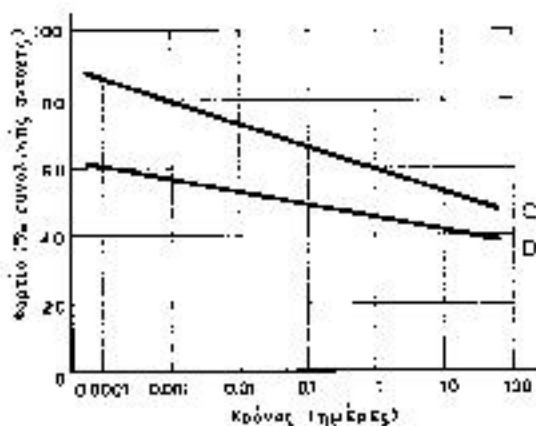
Έτσι λοιπόν έχει προκύψει (κυρίως από επιτόπου μετρήσεις) ότι το υέτρο ελαστικότητας παραμένει σχεδόν αμετάβλητο σε συνάρτηση με το χρόνο. Αξιοπιστώθηκε επίσης ότι τα πολυμερή που συνθέτουν την πρώτη ύλη του γεωμορφώματος είχαν διαχρονικά χημική σταθερότητα αρκετά ικανοποιητική. Καθώς όμως οι περισσότερες εφαρμογές των γεωμορφώσεων έγιναν τον τελευταίο δεκαετία είναι παρακινδυνευμένο να υιοθετηθούν ως οριστικές οι παραπάνω δικπιστώσεις.

Δίνουμε τέλος για σχ. 5.1, 5.2 τις καμπύλες ερυσμού (εξέλιξη των παραμορφώσεων υπό σταθερή τάση) και χαλάρωσης (εξέλιξη των τάσεων υπό σκευική παραμόρφωση), (19).



Σχ. 5.1

Καμπύλη ερπυσμού για γεωφάρμακα διαφορετικής πρακτικής. Η τάση διατηρήθηκε σταθερή (από με τα 20% της τάσης θραύσης).



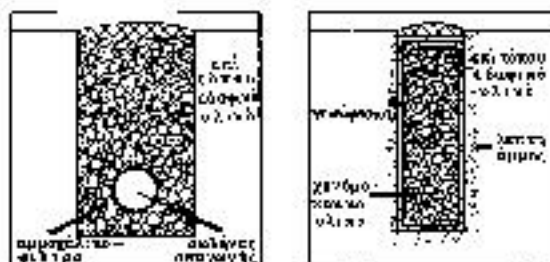
Σχ. 5-2

Καμπύλη χαλάρωσης για δύο τιμές σταθερής παραμόρφωσης.  
 καμπύλη C  $\epsilon = 20\% \epsilon_{90}$   
 καμπύλη D  $\epsilon = 15\% \epsilon_{90}$

## 6. Χρήσεις των γεωφασμάτων

### 6.1 Το γεώφασμα ως φίλτρο για διήθηση-επιστράγγιση

Η αντιμετώπιση των υδραυλικών ιδιοτήτων του γεωφασματος μπορεί να οδηγήσει σε δραστική μείωση του όγκου του κοκκώδους υλικού που χρησιμοποιείται ως φίλτρο.



Σχ. 6.1

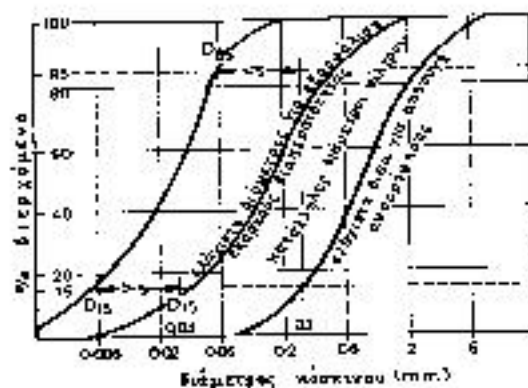
Χρήση του γεωφασματος ως φίλτρου. Περιορισμός του όγκου του χανδροκοκκώδους υλικού κι όχι υψηλές απαιτήσεις ως προς τη διαβάθμιση του.

Τα κριτήρια επιλογής ενός υλικού ως φίλτρου έχουν επαρκώς μελετηθεί από τους εδαφομηχανικούς και δίνονται στο σχ. 6.2. Για κοκκώδες υλικό που έχει πολύ καλή ικανότητα διήθησης, χωρίς μάλιστα να επιτρέπει αναρρόφηση των λεπτόκοκκων στοιχείων του εδάφους, θα πρέπει:



$D_{15}$  φίλτρου  $> 5 \cdot D_{85}$  εδάφους  
 $D_{15}$  φίλτρου  $< 5 \cdot D_{15}$  εδάφους  
 $D_{50}$  φίλτρου  $> 25 \cdot D_{50}$  εδάφους

κριτήριο μη αναρρόφησης  
 κριτήριο διαπερατότητας  
 κριτήριο αμοιωμαφίας



Σχ. 6.2

Η επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου του φίλτρου.

Αν το γεώφρασμα έχει μεγάλη διάμετρο πόρων σε σύγκριση με τα λεπτόκοιμα στοιχεία του υποκείμενου εδάφους, θα συμβεί έντονη αναρρόφηση. Αν πάλι το γεώφρασμα έχει πολύ μικρή διάμετρο πόρων, θα έχει χαμηλή διαπερατότητα με ευδεχόμενο να αναπτυχθούν υφολές πιέσεις όδατος πόρων. Θα πρέπει λοιπόν να συμβιβασθούν οι δύο αντικρουόμενες απαιτήσεις.

Η επιλογή συνεπώς του κατάλληλου τύπου γεωφραγματος που θα χρησιμοποιηθεί ως φίλτρο συναρτάται από σειρά παραμέτρων, με πιο χαρακτηριστικές:

- τις συνθήκες επαφής μεταξύ γεωφθόσματος-εδάφους,
- τις ιδιότητες του γεωφθόσματος (όμοιοτητα, μέγεθος πόρων, κλπ.),
- τις ιδιότητες του εδάφους (μέγεθος και ποσοστό λεπιοκόκκων, πλαστικότητα, υδαρότητα, κλπ.),
- τις υδραυλικές συνθήκες (ροή προς ή περισσότερες κατευθύνσεις, υδραυλική ακτίνα σταθερή ή μεταβλητή, όγκος ροής, κλπ.).

Οι υδραυλικές ιδιότητες ωστόσο αποτελούν μια μόνο κατηγορία χαρακτηριστικών που επιρραζει την επιλογή του κατάλληλου τύπου γεωφθόσματος. Δύο άλλες μεγάλες κατηγορίες είναι οι μηχανικές απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

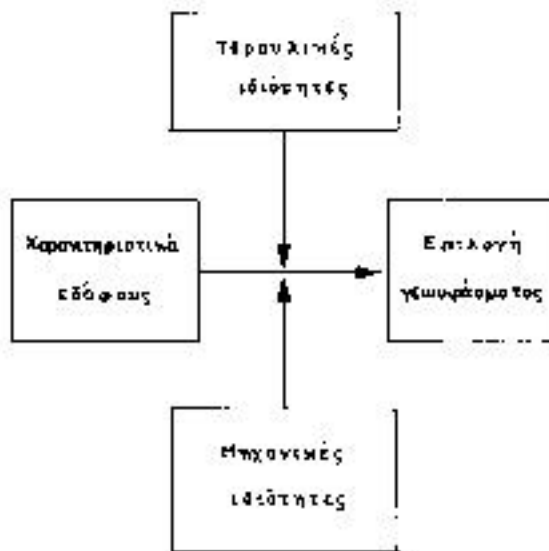


Fig. 6.3

Οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν την επιλογή του κατάλληλου τύπου γεωφθόσματος.





ροίς, κλπ.).

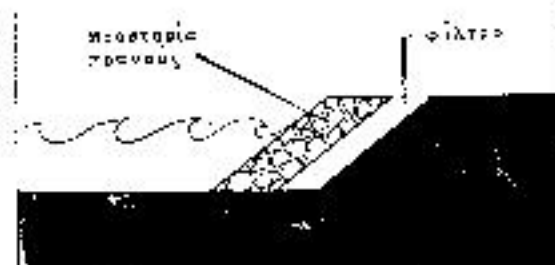
- υφίστανται μεγάλες διακυμάνσεις της στάθμης νερών, αλλά ορισμένες φορές και μεταβαλλές από δίκαιτα φάση.

Για όλους αυτούς τους λόγους, τα ποτάμια και λιμενικά έργα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ευκαμψία και υψηλούς συντελεστές ασφαλείας. Γι' αυτό η χρησιμοποίηση των γεωμορφών μπορεί να κάνει την όλη κατάσταση λιγότερο βραδεία, πιο οικονομική και πιο ανθεκτική διαχρονικά.

Έτσι η προστασία της όχθης συνίσταται από τρία βασικά στοιχεία: επιπέδου έδαφους, φίλτρο, προστασία πρανούς. Πολύ συχνά συμβαίνει τόσο το φίλτρο όσο και η προστασία πρανούς αποσιελούνται πιο περιπτώσεις από μία περίπτωση.

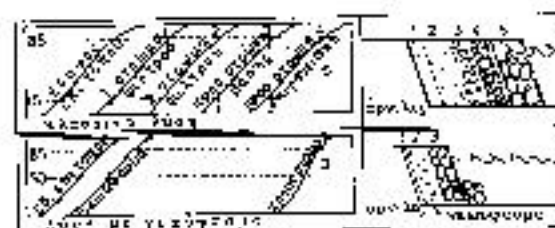
Το σχ. 6.11 δίνει την πολύ σημαντική οικονομία υλικών που προκύπτει από τη χρησιμοποίηση του γεωμόρφουτος σε σύγκριση με τις κλασικές μέχρι σήμερα λύσεις. (23).

Η δίκαια ενός



σχ. 6.10

Προστασία όχθης



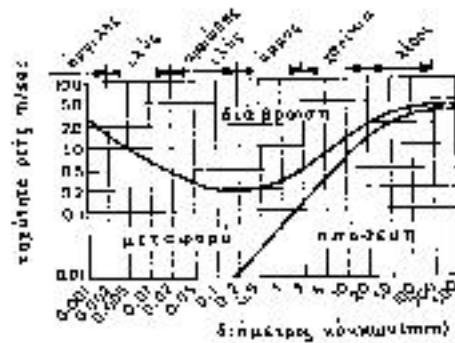
σχ. 6.11

Η οικονομία υλικών που προκύπτει από τη χρησιμοποίηση γεωμόρφουτος σε σύγκριση με τις κλασικές λύσεις.

υδατορεύματος χαρακτηρίζεται από διάβρωση, μεταφορά και εναπόθεση φερτών υλών. Η ταχύτητα πάνω που απαιτείται για τη μεταφορά φερτών υλών είναι πολύ μικρότερη από αυτή που απαιτείται για την κηδόση τους (σχ 6.12).

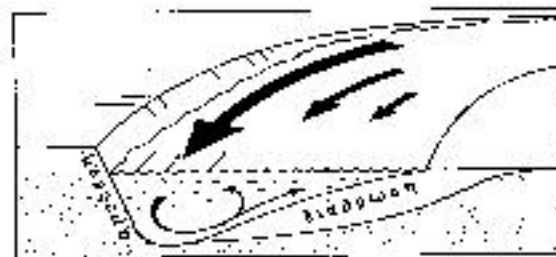
Έτσι για ταχύτητα ροής  $0.2\pi/\text{sec}$  το υδατόρευμα μπορεί να αποσπεί από την κοίτη κόκκους διαμέτρου  $0.2\text{ mm}$ . Για να εναποτεθούν όμως οι κόκκοι αυτοί, θα πρέπει το υδατόρευμα να έχει ταχύτητα μικρότερη από  $0.01\pi/\text{sec}$ . Μάλιστα να φαίνεται ότι η διάβρωση είναι ιδιαίτερα έντονη στις μαργούλες (σχ. 6.13).

Η διάβρωση της κοίτης και της όχθης ενός ποταμού ή υδατορεύματος μπορεί να προληφθεί αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας γεωφραση. Η επιλογή των θα γίνει σε συνάρτηση με την



Σχ. 6.12

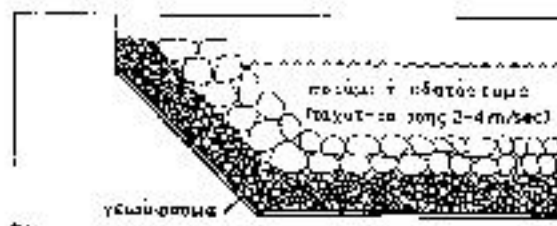
Η διάβρωση, εναπόθεση και μεταφορά φερτών υλών σε συνάρτηση με την ταχύτητα ροής και τη σύνθεση της κοίτης του υδατορεύματος.



Σχ 6-13

Απόσπηση και απόθεση φερτών υλών στις μαργούλες υδατορεύματος.

κοκκομετρική σύνθεση της κοίτης και την εκχέτιση του υδατορρύθματος.



Σχ. 6.14

Τοποθέτηση γλωφόμομας για προστασία από διάβρωση της κοίτης και της όχθης ποταμού.

### 6.3 Χρησιμοποίηση γλωφόμομας σε έργα οδοποιίας

Μια από τις συνηθέστερες χρήσεις των γλωφόμομας είναι για έργα οδοποιίας, τα οποία λόγω άδυναμίας εξόρυξης ελεύθερων χώρων κατασκευάζονται συχνά σε περιοχές όπου η εδάφη είναι προβληματικά. Εδώ το γλωφόμομα καλείται να ικανοποιήσει τους παρακάτω ρόλους:

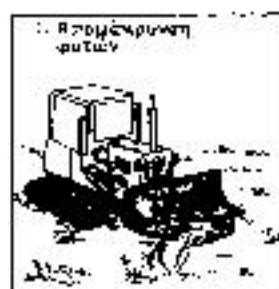
- διαχωρισμός του μακρόκωδου υλικού της υποβάσεως από το υποκείμενο εδαφικό υλικό, ειδικώς μάλιστα όταν το τελευταίο είναι χαλαρό,



Σχ. 6.15

Στροφή υδροκίνησης και συμπεριφορά κατά την συμπύκνωση.

- διήθηση και γρήγορη αποστράγγιση επιφανειακών και υπόγειων υερών.
- ενίσχυση της μηχανικής αντοχής και εδώφους θεμελίωσης, ιδίως μάλιστα αν το τελευταίο είναι χαλαρό και μικρής φέρουσας ικανότητας.



εχ. 6.16

Η τοποθέτηση γεωγράματος διεκμηλύνει το οδική συμπίκνωση της υπόβασης, (23).

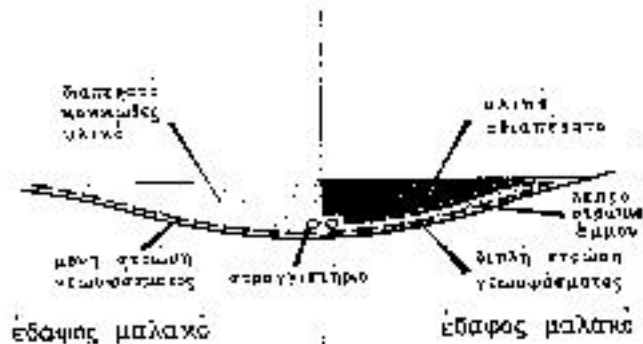
Αν και ορισμένοι συγγραφείς υποχρίζονται ότι η χρησιμότητα του γεωγράματος μπορεί να συνοδεύεται από μείωση του πάχους λήσης και υπόβασης, πρόσφατες έρευνες επιδικών ενστασιούτων δεν πιστοποιούν κάτι τέτοιο. Έτσι λοιπόν η διαστασιολόγηση θα γίνει σύμφωνα με τις κλασσικές μεθοδολογίες της οδοποιίας. Άντα εφόσον υπάρχει ασφαλής πόντακρως εξεύρεσης ελικών, μπορεί να γίνει ελαφρή μείωση διαστάσεων.



στην πολύ συνήθη περίπτωση που το έδαφος έδαφους είναι πολύ μαλακό, αν υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης πάνω από το γεωφάρμακο διαπερατού κοκκώδους υλικού, αρκεί τοποθέτηση μόνης στρώσης γεωφάρμακτος. Αν όμως πάνω από το γεωφάρμακο τοποθετηθεί υλικό αποκρίματα, τότε το γεωφάρμακο πρέπει να τοποθετείται σε διπλή στρώση με συνδύμεσα λεπτά ορθόγωνα έμμοια, (σχ. 6-17), [19].

Στις περιπτώσεις έδαφους πάνω σε έδαφος πολύ μαλακό, απαιτείται ιδιαίτερα προσοχή και σε στρώσιμα των διαφόρων υλικών πάνω από το γεωφάρμακο. Έτσι στην πρώτη υπερκείμενη στρώση πρέπει να γίνεται χρησιμοποίηση μέσων χειρωνακτικών, ενώ είναι δυνατή η χρησιμοποίηση ελαφρών και βαρέων μηχανικών μέσων στη δεύτερη και τρίτη στρώση αντίστοιχα. Με συμμόρφωση προς τις αρχές αυτές μπορεί να οδηγηθεί σε κατορία, (σχ. 6.18 ).

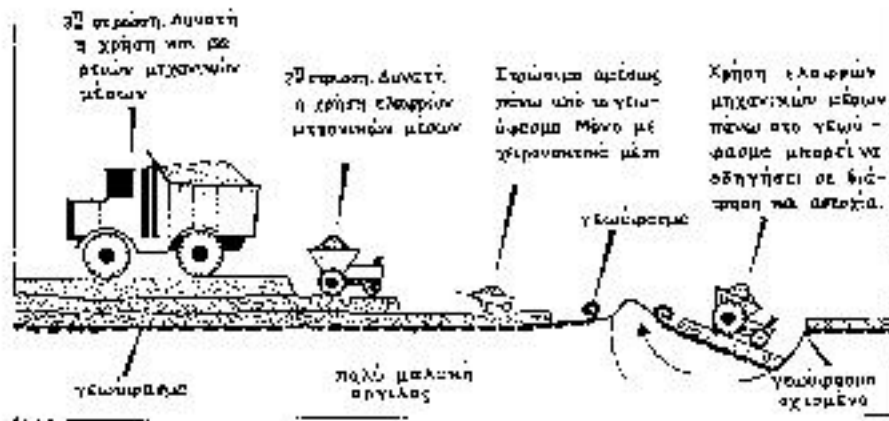
Τέλος όσον αφορά στο σχ. 6.19 το ελάχιστο πάχος υλικών που πρέπει να τοποθετηθούν πάνω από το γεωφάρμακο σε συνάρτηση με το φορτίο ανά άξονα του οχήματος που θα διέλθει και την ποιότητα του αργιλικού έδαφους (όπου η τελευταία αποτελεί



Σχ. 6-17

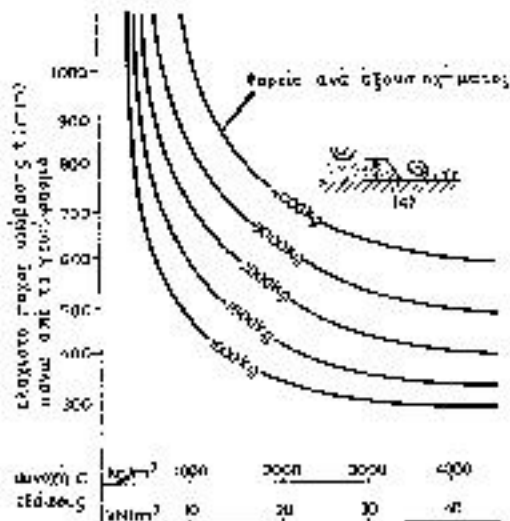
τοποθέτηση μόνης ή διπλής στρώσης γεωφάρμακτος ανάλογα με το αν το υπερκείμενο υλικό είναι διαπερατό ή αποκρίματα

μάται από την ομοιοχή  $c$ ), [19].



Σχ. 6.18

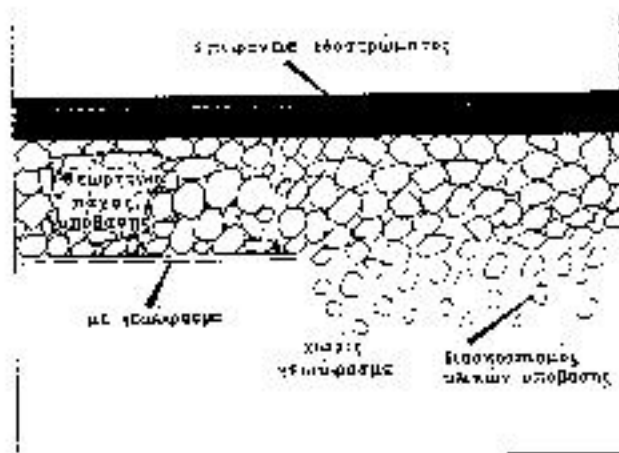
Η ενδεικνυόμενη χρήση χειρωνακτικών και μηχανικών μέσων στις διάφορες στρώσεις πάνω από το γεωφύλακα.



Σχ. 6.19

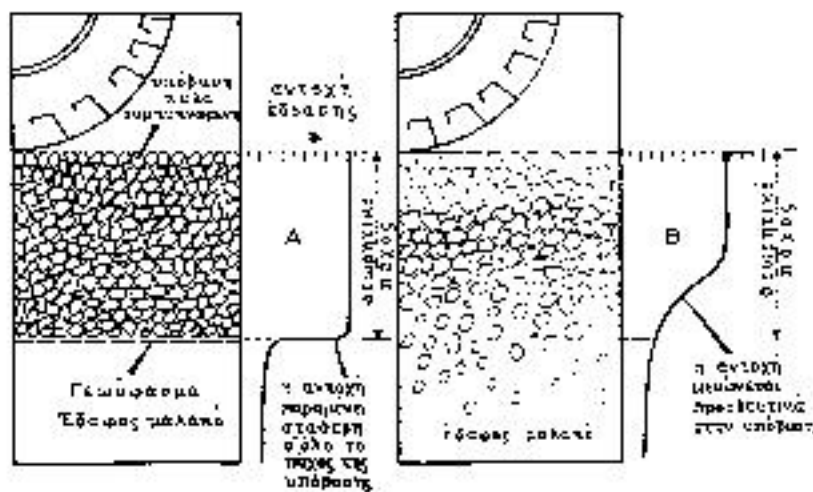
Νομογράφημα καθορισμού του πάχους  $z$  κοιλιάδους ολικού πάνω από το γεωφύλακα σε συνάρτηση με το φαστίο ανά άξονα του οχήματος και το συνολικό  $c$  του εδάφους.

Ένα άλλο πλεονέκτημα των γεωφορμάτιων είναι ότι δίνουν τη δυνατότητα να κατασκευασθούν οι διάφορες στρώσεις σύμφωνα με το θεωρητικό υπολογισμό (σχ. 6.20). Λυσιθέτα, χωρίς γεωβάραση θα υπάρξει διασπορά των ολικών της υπόβασης, που έτσι το πραγματικό της πάχος θα είναι μικρότερο από αυτό που υπολογίστηκε θεωρητικά. Λόγω αυτού του γεγονότος στη δεύτερη περίπτωση θα υπάρξει προαδευτική μείωση της αντοχής της υπόβασης, ενώ στην πρώτη περίπτωση η αντοχή παραμένει σταθερή και σύμφωνα με το θεωρητικό υπολογισμό. (19).



Σχ. 6.20

διασπορά των ολικών υπόβασης στην περίπτωση μη χρησιμοποίησης γεωβάρασης.

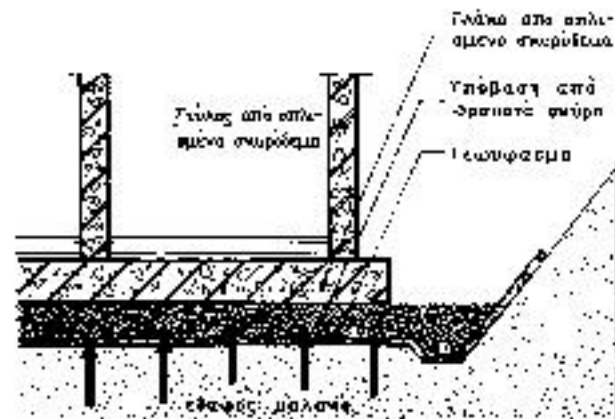


Σχ. 6.21

Μείωση της αντοχής της υπόβασης όταν περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται γεωφάσμα.

#### 6.4 Χρησιμοποίηση γεωφασμάτων σε θεμελιώσεις τεχνικών έργων και σε τοίχους αντιστήριξης

Μία από τις πρώτες και περισσότερο συνήθεις εφαρμογές των γεωφασμάτων είναι στις θεμελιώσεις τεχνικών έργων, ιδίως μάλιστα όταν το έδαφος θεμελίωσης είναι μικρής φέρουσας ικανότητας και υπάρχει το ευδεχόμενο να εμφανιστούν σημαντικές



Σχ. 6.22

Χρησιμοποίηση γεωφάσματος στην περίπτωση κοιτάστρωσης πάνω σε έδαφος μαλακό.

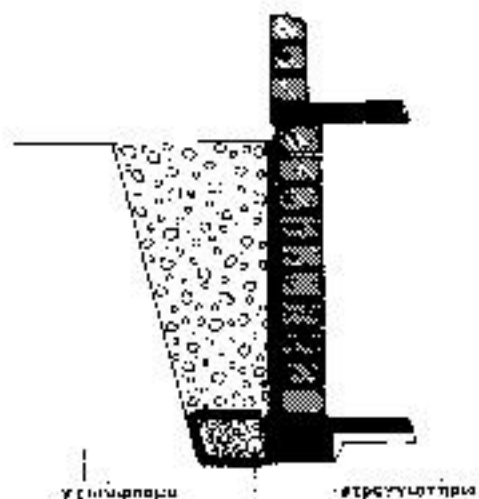
διεφοριζές καθιζήσεις. Τις περιπτώσεις αυτές γίνεται ενεργειάλλεση σχεδόν όλων των ιδιοτήτων του γεωφάσματος:

- .διαχωρισμός στρώσεων
- .διήθηση-αποστράγγιση
- .ενόχυση μηχανικής αντοχής
- .ευκολία και πιστότητα κατασκευής

Πιο πρόσφατα είναι η χρησιμοποίηση γεωφασμάτων για αντιστηρίξεις (σχ. 6.23), με τα αναμφισβήτητα παρκατά πλεονεκτήματα, (25),

- .δυνατότητα να δοθεί μεγάλη κλίση (μέχρι και κατακόρυφη)
- .ευκαμψία και δυνατότητα ανάληψης μεγάλων παραμορφώσεων
- .οικονομία και ευκολία κατασκευής
- .προσαρμογή στην αισθητική του περιβάλλοντος

Θα πρέπει ωστόσο να υπογραμμισθεί ότι οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης κλάφους-γεωφάσματος, όταν το τελευταίο χρησιμοποιείται για αντιστηρίξεις, δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς μέχρι σήμερα.



Σχ. 6.23

Χρησιμοποίηση γεωφάσματος σε αντιστηρίξεις.

Τέλος είναι όλο και περισσότερες οι εφαρμογές γεωφωσμάτων στις περιπτώσεις τεχνικών έργων ιδιαίτερα ευαίσθητων στις καθιζήσεις:

- πύλεις αεροδρομίων
- εγκαταστάσεις τένις, γκολφ, κλπ.
- πυρηνικοί αντιδραστήρες

Το σχ. 6.28 ανακεφαλαιώνει διαγραμματικά τις βασικές περιοχές εφαρμογών των γεωφωσμάτων.

Εφαρμογή	Ρόλος γεωφώσματος			
	Διαχωρισμός	Διήθηση (Χατακόρυφα)	Αποστράγγιση (Οριζόντια)	Ενίσχυση
Οδοστρώμα Τιθροφόρμη Σταθεροποίηση υλοδαμής				
Στραγγιστήριο				
Πηγή φραγμάτων				
Ποτάμια και θαλάσσια έργα				
Αξιοποίηση υγρών εδαφικών εκτάσεων				
Ενίσχυση εδάφους				

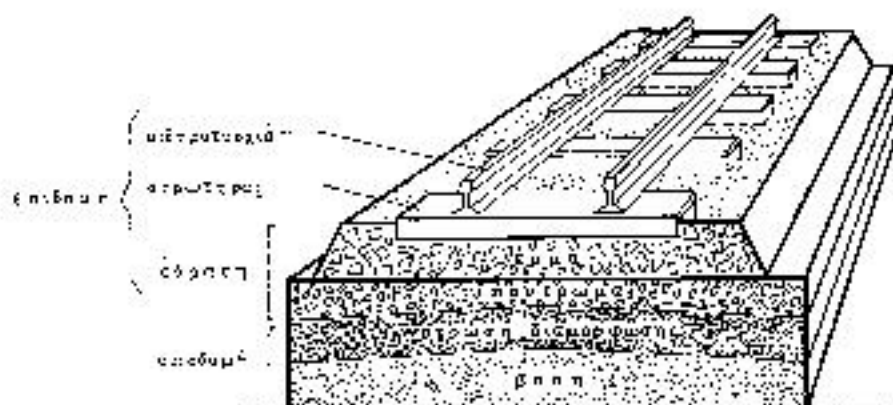
Επεξήγηση:  Πηκτικός ρόλος  
 Τυμπήρωματικός ρόλος

Γχ. 6.28

Τομείς των τεχνικών επιστημών όπου βρίσκουν εφαρμογές τα γεωφωσμάτα.

### 6.5. Χρησιμοποίηση γεωφωσφάτων σε Σιδηροδρομική

Η σιδηροδρομική υποδομή (σχ. 6.24) ακροασιάζει την εδαφοφία να τοποθετείται κάτω από τους στρωτήρες του στρώματρου πάχους 30-40 cm και κοκκομετρικής διαβάσεως 75-50 μm. Αποβολή του έρματος είναι να εξασφαλίζει απόβροση κατά το μεγαλύτερο μέρος των βουήσεων του συσμού, ικανοποιητική διανομή των ζοριών και γρήγορη αποστράγγιση των άμβριων νερών. Βασικό επίσης στοιχείο είναι να δοθεί στην επιφάνεια της υποδομής η κατάλληλη εγκάρσια κλίση. Κατασκευαστικό κριτήριο της εγκάρσιας κλίσεως μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην έδραση αλλά και στην υποδομή, με συνέπεια αύξηση των δαπανών συντήσεως.



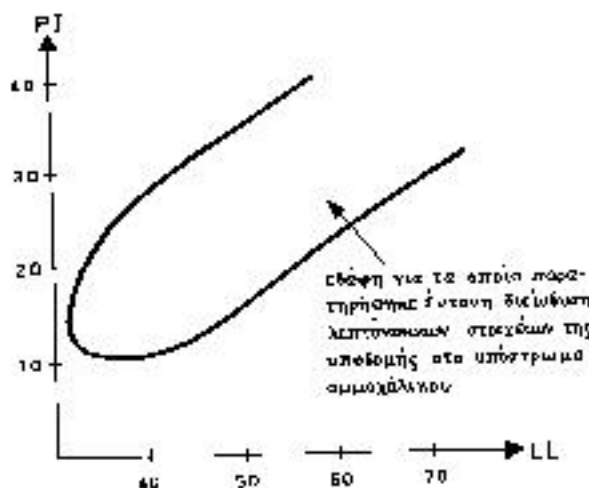
Σχ. 6.24

Η σιδηροδρομική υποδομή

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ευρεία χρησιμοποίηση γεωφωσφάτων σε σιδηροδρομικά έργα (ιδίως κατά την κατασκευή

νέων γραμμών δρομικών και κατά τις βελτιώσεις υπαρχουσών). Το γεωφάσμα πρέπει να τοποθετείται κάτω από το υπόστρωμα αμμοχαλίκου (ή άμμου) άπλασά στην πάνω επιφάνεια της υποδομής. Η χρησιμοποίησή του αποβλέπει στα παρακάτω:

- διευκολύνει τη σωστή και εδμόλη τοποθέτηση της έδρας της πάνω στον υποδομή. Στην περίπτωση που η καλύτερα αποσπείται από αργιλικό έδαφος αποφεύγεται διεύθυνση των λεπτόκοκκων στοιχείων μέσα στο υπόστρωμα. Το σχ. 6.25 δίνει χαρακτηριστικά πλαστικότητας ορισμένων αργιλικών εδαφών, για τα οποία παρατηρήθηκε έντονη αναμόρφωση λεπτόκοκκων στοιχείων στα υπερκείμενα στρώμα αμμοχαλίκου.



Σχ. 6.25

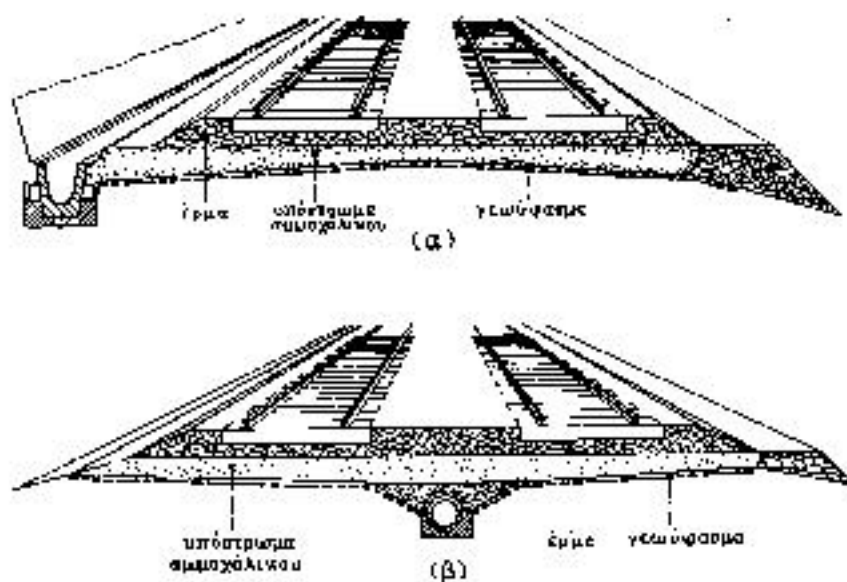
Η συνδυασμός δείκτη πλαστικότητας (PI) και ορίου υδατότητας (LL), για τον οποίο παρατηρείται έντονη διεύθυνση λεπτόκοκκων στοιχείων της υποδομής στα υπόστρωμα αμμοχαλίκου.

- δίνει τη δυνατότητα να δοθεί εδμόλη και σωστά η κατάλληλη εγκάρσια κλίση στην πάνω επιφάνεια της υποδομής.
- προκαλεί ενίσχυση της μηχανικής ανίσχυσης της έδρας, εάν πάρει χώρα η χρησιμοποίηση γεωφασμάτων να συνοδεύεται από σημαντική μείωση του πάχους του έφρακτα και



των υποστρώματος, γιατί μέσα τέτοιου οδηγεί σε μεγάλη κλιπιδόωση της σκευής. Το γεωφύλακα δεν μπορεί να αντικαταστήσει το έρμα και το αμοχάλικο στα διανευρητικά τους ρόλο των κατεκθροφών φαρτίων. Η εσπρωγή από οριζόντια σιδηροδρομικά αέκτα γεωφθορικά χωρίς τοποθέτηση υποστρώματος και με σημαντική μείωση του πάχους του έρματος οδηγεί σε ποσοχία (βιάζηση του γεωφθορικού από το έρμα, μετατροπή εγκάρσιας κλίσης, κλπ).

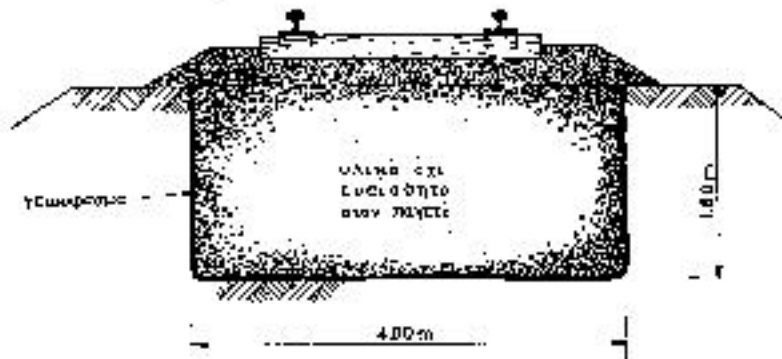
- βελτιώνει σημαντικά τις συνθήκες αποστράγγισης, χωρίς να είναι απαραίτητο η χρησιμοποίηση στις συσκευές αποστράγγισης υλικών κατάλληλα διαβαθρισμένων.



Σχ. 6.26

τοποθέτηση γεωφθορικού στη σιδηροδρομική υποδομή.

Τέλος από τα υδροφόρομη δίκτυα της Βόρειας Ευρώπης (κυρίως τα σκανδιναβικά) τα γεωφάρμακα χρησιμοποιούνται για να αποφευχθεί η διείσδυση παγισού στο έδαφος της υποδομής.



Σχ. 6.27

Χρησιμοποίηση γεωφάρμακων για αποφυγή διείσδυσης παγισού στη υδροφόρομη υποδομή.

7. Γεωφάρμακα εμφαντά και μη εμφαντά. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα.

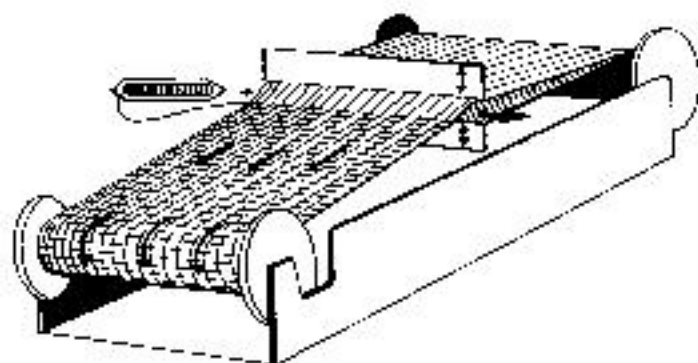
7.1. Γεωφάρμακα εμφαντά και μη εμφαντά

Βασικό χαρακτηριστικό των γεωφασμάτων είναι η μεγάλη διαπερατικότητα τους υγρανότητα. Γι' αυτό πολύ συχνά τα γεωφάρμακα αναφέρονται και ως διαπερατές γεωμεμβράνες. Υπάρχουν όμως και οι αδιαπέρατες γεωμεμβράνες (που αποτελούνται από επίπεδα φύλλα κάποιων πολυμερών, συνήθως πολυεθυλενίου) και οι οποίες δεν επιτρέπουν διέλευση του νερού. Άποψή μας είναι ότι οι αδιαπέρατες γεωμεμβράνες δεν ενδείκνυται γενικά, διότι λόγω των δυναμικών πιέσεων, εξαιτίας της ανισόμεσης όδωτος πόρευ, δημιουργούνται θιξοτροπικά φαινόμενα που προ-

καλόν αστάθεια στο οβάστια. Βασική αρχή της τεχνικής επι-  
στάτης πρέπει να είναι η προσαρμογή της κτηνοτροφικής επέμβασης  
στη διάρκεια του φυσικού συστήματος κι όχι η προσπάθεια ανα-  
τροπής του.

Όπως είπαμε και στην παράγραφο 2, τα γεωφάρμακα δια-  
φορούνται σε δύο μεγάλες οικογένειες:

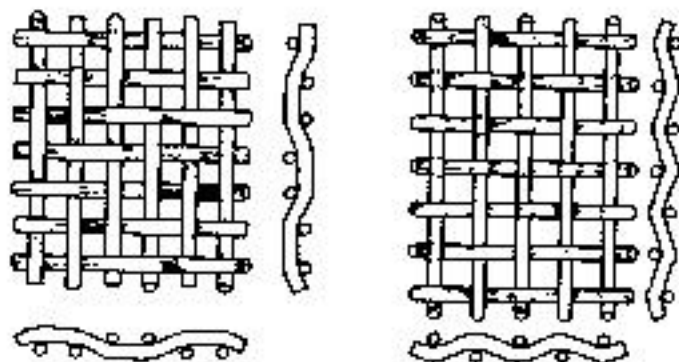
- Γεωφάρμακα υφαντά, όταν προκύπτουν από μια διασταύ-  
ρωση δύο κάθετων στρωμάτων ινών, με μια διαδικασία επεξεργα-  
σίας αντίστοιχη με τον αργαλειό.



Σχ. 7.1

Κατασκευή γεωφάρμακος υφαντού

Λόγω του τρόπου κατασκευής τα υφαντά γεωφάρμακα είναι  
ελακτώτερα ανθεκτικά. Επίσης κατά την ελληνοδοξασταθμική τους  
σε ύψος παίρνουν μια κυματιστή μορφή και έτσι έχουν μια  
αρχική παραμόρφωση, (8).

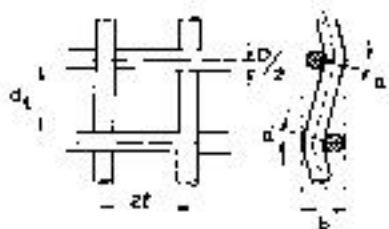


Σχ. 7.2

Διάταξη ινών σε γεωφάρμα υφαντό με δίκτυο τετραγωνικής μορφής.

Τα θεμελιώδη γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός γεωφάρμα-τος υφαντό με δίκτυο τετραγωνικής μορφής είναι:

- $d$  : διάμετρος ίνας
- $d_T$  : άνοιγμα μεταξύ ινών
- $u$  : πάχος υφαντό



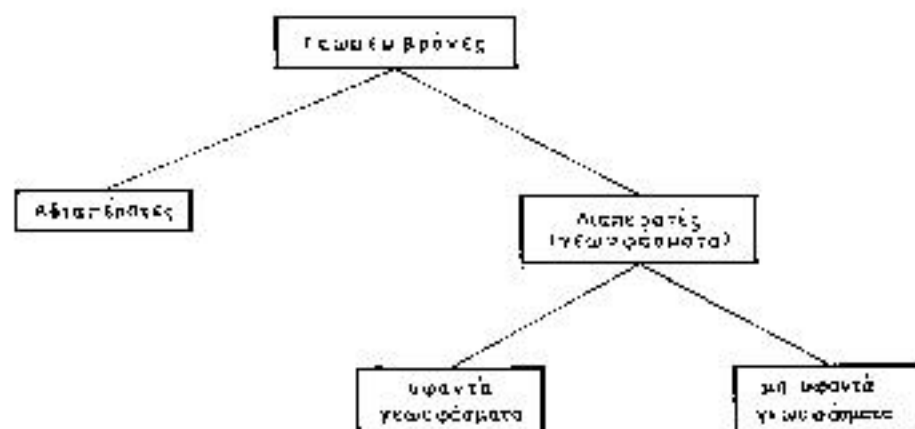
Σχ. 7.3

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά γεωφάρματος υφαντό με δίκτυο τετραγωνικής μορφής.

- Γεωσφάσματα μη εμφανή, στα οποία οι ίνες είναι τοποθετημένες πλανόδια. Έτσι τα μη εμφανή γεωσφάσματα έχουν πολύ πιο ισορροπημένη συμπεριφορά από τα εμφανή. Για την παραγωγή τους χρησιμοποιούνται τεχνικές πολύ πιο σύγχρονες (σε σύγκριση με τα εμφανή) και έχουν ανεπτυχθεί κυρίως την τελευταία δεκαετία για έργα πολιτικού μηχανισμού. Διακρίνονται ανάλογα με το πάχος τους σε γεωσφάσματα λεπτού, μέσου και μεγάλου πάχους. Για τη σύνθεση μεταξύ των ινών χρησιμοποιούνται κυρίως δύο τεχνικές:

- τεχνική της θερμοσυγκόλλησης μεταξύ των στρωμάτων ινών που έρχονται σε επαφή σε ημιτετηγμένα μορφή (εφαρμόζεται κυρίως σε γεωσφάσματα μικρού και μέσου πάχους),

- τεχνική της διάνοιξης οδών σε ένα συνεχές στρώμα ινών που είναι μηχανικά διατεταγμένες (εφαρμόζεται κυρίως σε γεωσφάσματα μεγάλου πάχους).



## 7.2 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα γεωφασμάτων οφαιτών και μη οφαιτών, (8), (15), (19).

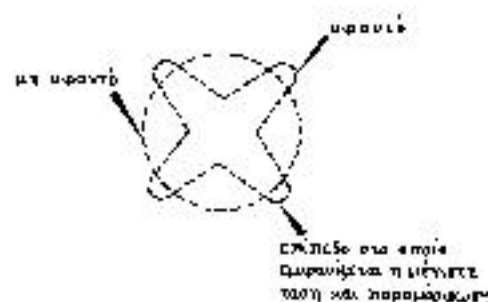
### - ανισότροπη συμπεριφορά

Απόρροια του τρόπου κατασκευής κάθε κατηγορίας γεωφασμάτων είναι και ο μεγάλος βαθμός ανισοτροπίας των οφαιτών, ενώ τα μη οφαιτά έχουν κέρρους ισότροπη συμπεριφορά. Αυτό είναι ένα κεντρικό ζήτημα πλεονεκτήματων μη οφαιτών.

### - μηχανική αντοχή - ελαμάνωση - αν θραύσης

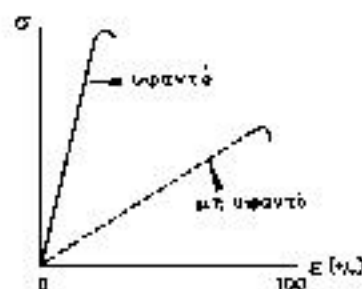
Τα οφαιτά γεωφάσματα παρουσιάζουν πολύ μικρή παραμορφωσιμότητα και μεγαλύτερη αντοχή. Ως προς το τελευταίο όμως ο μηχανικός θα πρέπει να είναι επιφυλακτικός, διότι συνήθως οι κατασκευαστές δίνουν το μέγιστο αντοχή κατά την ευνοϊκότερη κατεύθυνση κι όχι κατά τη δυσμενέστερη, αγνοούν δηλαδή εντελώς την ανισοτροπία.

Αλλά και η μικρή παραμορφωσιμότητα είναι στις περισσότερες



Σχ 7.4

βαθμός ανισοτροπίας γεωφασμάτων οφαιτών μη οφαιτών.



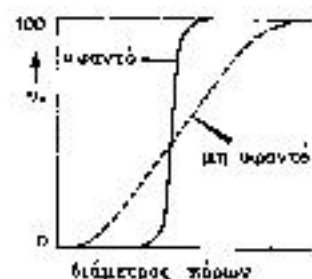
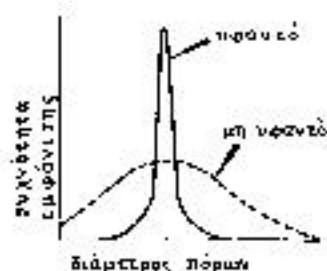
Σχ. 7.5

Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων για γεωφάσματα οφαιτά και μη οφαιτά.

περιπτώσεις μειονέκτημα παρά πλεονέκτημα, διότι βασική απαίτηση για ένα γεωφάρμακτο είναι η ευκαμψία και η δυνατότητα παραλαβής μεγάλων παραμορφώσεων.

- διάμετρος πόρων-δilatοτική ικανότητα

Τα μη υφαινωτά γεωφάρμακτα έχουν μεγάλα εύρος διαμέτρων πόρων, γεγονός που τους δίνει καλή καλή dilatοτική ικανότητα.



Εχ. 7.6

Το εύρος διαμέτρων πόρων για γεωφάρμακτα υφαινωτά και μη υφαινωτά.

Θα πρέπει ωστόσο να υπογραμμισθεί ότι η επιλογή του κατάλληλου τύπου γεωφάρμακτος είναι ένα πρόβλημα τεχνικο-οικονομικό. Πέρα από τις μηχανικές ιδιότητες του γεωφάρμακτος, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη και το κόστος του (100-150 δρχ./m<sup>2</sup> σε τιμές 1985).

Από τις διάφορες ποικιλίες γεωφασμάτων, που μπορεί να βρει κανείς στο εμπόριο, είναι:

μη υφαντά: Texlan, Polyfelt, Fibortex, Terraflix, Pindip, Sudoca, κλπ.

υφαντά: Zubusta, Iotraz, Krafter, Nicolou, Stabilonca, κλπ.

## **B. Εφαρμογές γεωφασμάτων στην Ελλάδα**

Παρόλο που τα γεωφάσματα χρησιμοποιούνται συστηματικά σε πολλές χώρες εδώ και άεκα χρόνια (με όχι απαραίτητα υψηλό τεχνολογικό επίπεδο σε ορισμένες απ' αυτές), μόλις πρόσφατα άρχισαν προσάψεις εφαρμογής τους και στην Ελλάδα. Πέρασε εδώ δεν ήρωατοποούν οι Έλληνες τεχνικοί, μια και είναι πρόνιμο το εθνικό μας σύμπλεγμα απέναντι σε κάθε τι ο καινούργιο και πρωτότυπο και αποδωρύνει η καχυποψία μας απέναντι σε καινοτομίες ...

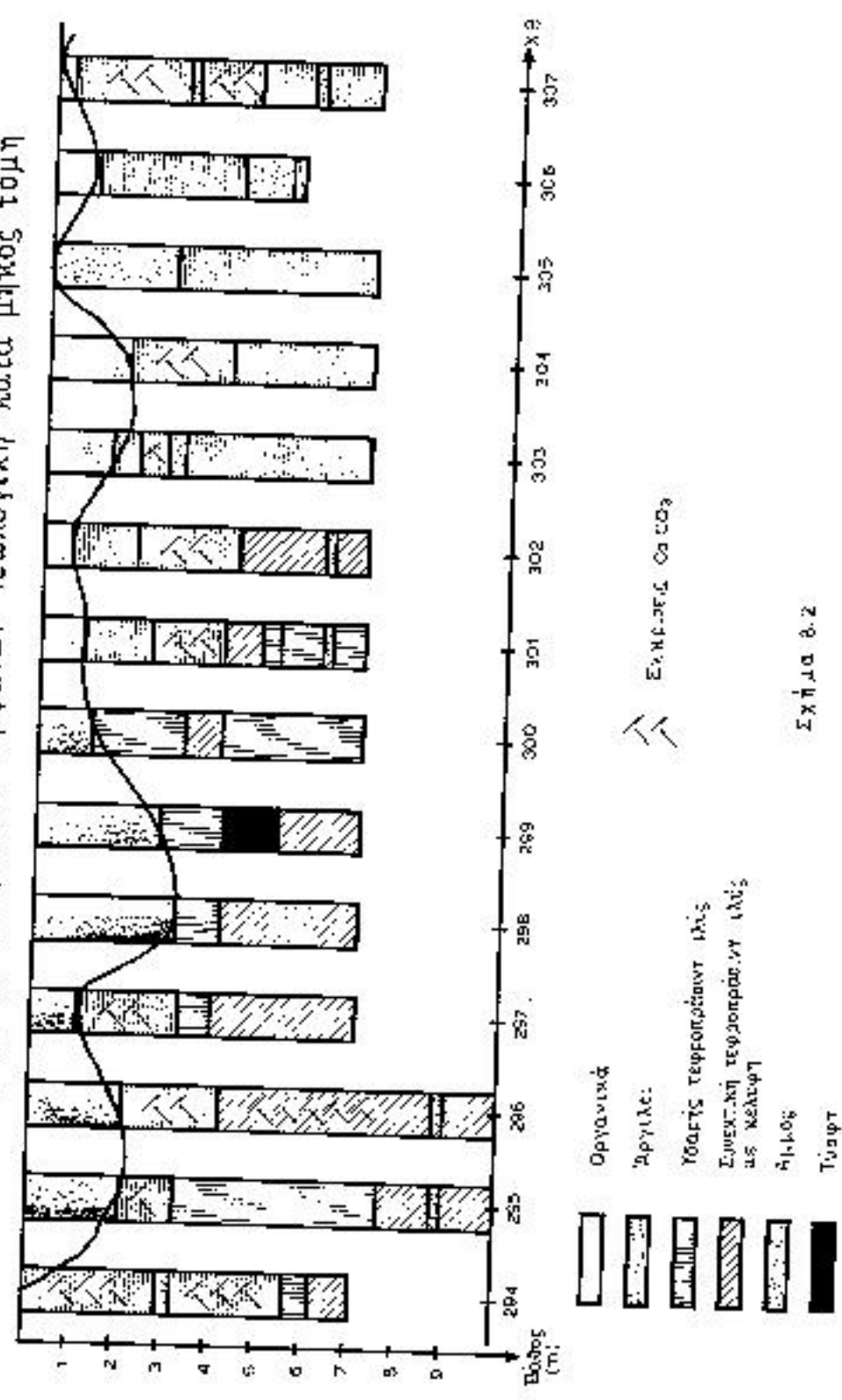
### **B.1 Εφαρμογές στην Θάλασσα**

Τον Ιούλιο του 1983 αποθετήθηκαν γεωφάσματα στην εθνική οδό Πατρών-Πύργου (περιοχή Λέπνιας Πηγείο, χ.θ. 14.300-16.900). Η περιοχή αποτελείται από αργιλοτιλάδες με υψηλό υπόγειο ορίζοντα. Οι θσοικαί ρέλοι του γεωφάσματος ήταν διαχωρισμός και ατήθηση. Η μέχαι ώρα συμπεριφορά της κατασκευή κρίνεται καινοποικτική.





Σιδηροδρομική γραμμή Δομοκού - Ορφανών - Γεωλογική κατά μήκος τομή



Σχήμα 8.2

της θεσσαλίας.

- επιφανειακά συναντώνται φασειθείς οσρώσεις οργανικής κρυσταλλίνης χρώματος κασιτανόμαυρου,
- συναντώνται καιόλιτι άργιλοι με προσμίξεις ιλύος, χρώματος κασιτανόμαυρού,
- πιο κάτω υπάρχουν ιλυοργανικά τεταρτογενή ιζηματα που καταλαμβάνουν σημαντικές εκτάσεις και αποτελούνται από τετραπρόσθινες ιλυοαργίλους, που έχουν υποστεί έντονη διαγένεση. Στο επιφανειακό τους μέρος έχουν υποστεί εξαλλοίωση και έχουν καταστεί υδαρείς,
- συναντώνται καιόλιτι συνεκτικές εφραπρόσθινες ιλύες που περιέχουν σε αφθονία κοκκία και άστρα, τα οποία έχουν λιθοποιηθεί επιφανειακά. Τοπικά, επίσης υπάρχει και μια στρώση τύφης μικρού πάχους,
- τέλος, συναντώνται τεταρτογενή ιζηματα, που αποτελούνται από συνεκτικές στρώσεων κρυσταλλίνων και άμμων μαργακτικής υφής. Τα ιζηματα αυτά είναι συνεκτικά και σχετικά συμπαγή.

Θα πρέπει να προσηθεί ότι όλες οι στρώσεις κάτω από τα οργανικά χαρακτηρίζονται από έντονο εμποτισμό των πατωμάτων με  $\text{CaCO}_3$ , το οποίο πολλές φορές σχηματίζεται με ενκρόθιση κηρυμμάτων ασβεστότη.

Προσέθετε ότι ο εμποτισμός αυτός με  $\text{CaCO}_3$  δημιουργεί τα κυρίαρχα προβλήματα. Διότι, καθώς το  $\text{CaCO}_3$  βρέθηκε επιφανειακά, με την παραμεληρή διεύθυνση και παροχή νερού προκαλεί αποάνθηση της μακρομοριακής βουής της αργίλου και

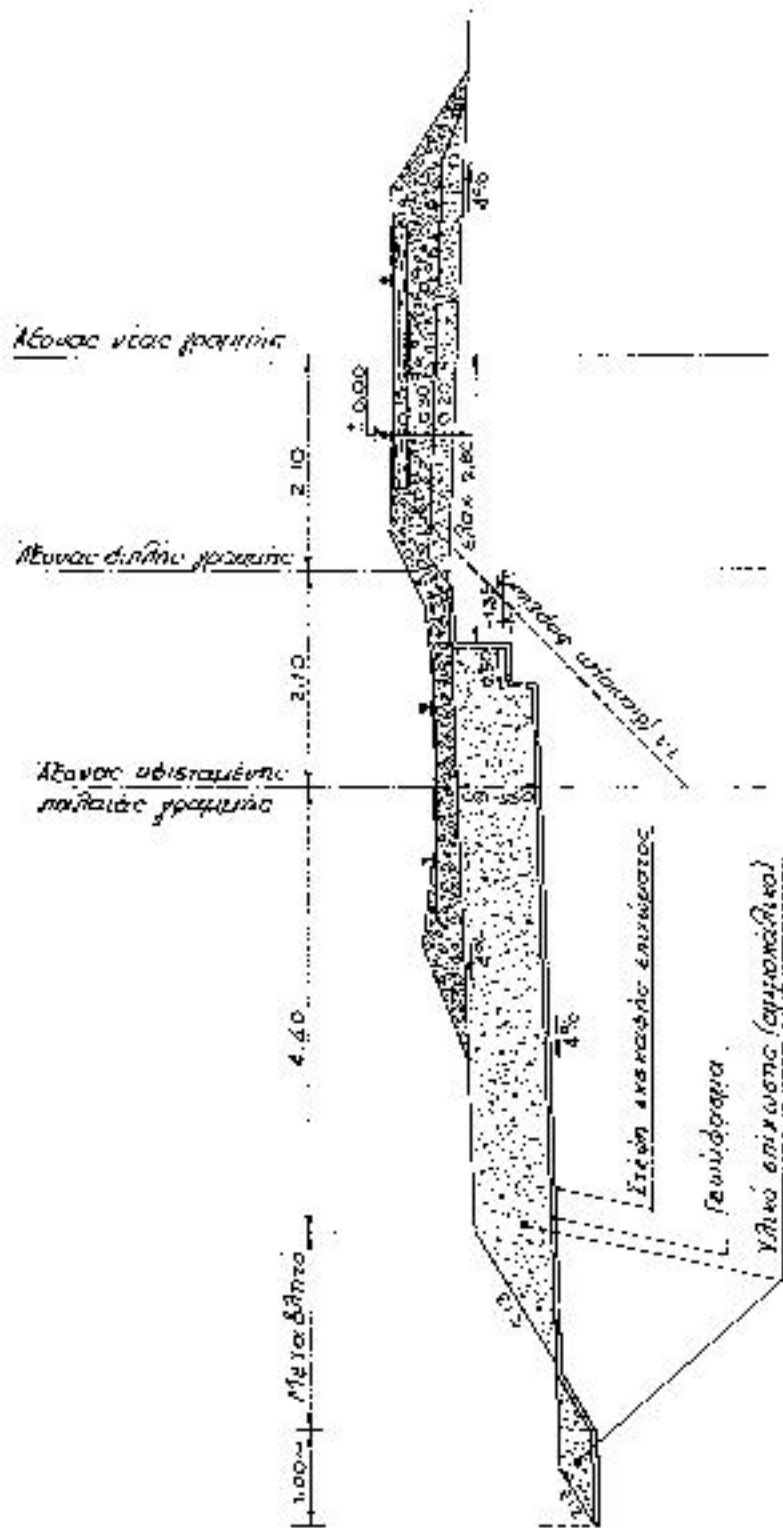
Υπαρξη των οργανιδών, όχι όμως κατά κύριο λόγο, διότι τα οργανικά προσκλιών απλώς σημευτικές βυθίσεις.

Καθώς η γραμμή αυτή εμφάνισε τα τελευταία χρόνια έντονα προβλήματα, εξειδικεύσαν κατά καιρούς διάφορες λύσεις:

- Αφαίρεση οργανικών και τοποθέτηση υγιούς αδιαπέρασου υλικού. Καθώς σήμερα ζήτησε στην παλιά γραμμή έχει κατασκευασθεί η νέα γραμμή, η λύση αυτή προϋποθέτει ενομαφές μέχρι βάθος 3m, πράγμα αδύνατο λόγω της ύπαρξης της νέας γραμμής (σχ. Β.3). Θα πρέπει να τονισθεί ότι στο νέα γραμμή που στρώθηκε πρόσφατα έγινε σημαντική εξογίωση. Κάτω από το έργο τοποθετήθηκε στρώμα αμμοχάλικου (πάχους 1m περίπου) και κάτω απ' αυτό στρώμα άμμου πάχους 40cm. Η συμπεριφορά μέχρι σήμερα της νέας γραμμής υπήρξε ικανοποιητική. Έτσι α' αυτό να συντέλεσε και το γεγονός ότι δίπλα στη παλιά γραμμή είχαν αποτεθεί "μυξία" που με την προφύρτιση που προκάλεσαν διηλεκτρικών σημαντική αεριοποίηση.

- Νέα χάραξη που να παρακάμπτει τα οργανικά. Έξω από το γεγονός ότι η λύση αυτή είναι ανεισοκονομική δεν είναι και σίγουρα ότι θα συναντήσει υγιέστερα εδάφη. Και η λύση αυτή απορρίφθηκε.

- Διευκόλυνση της χάραξης με εξογίωση της υποθαλάσσης. Άποψη του γράφοντος είναι ότι αν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα μπορεί να δοθεί η ενδεχόμενη και μόνη λύση στο πρόβλημα. Έτσι λοιπόν αποφασίστηκε να γίνει αφαίρεση οργανικών σε ένα



Σχ. Β.3 Τοποθέτηση γεωφράγματος κατά την εξυγίανση - βελτίωση της παλιάς γραμμής Δομοκού - Ορφανών

βάθος 1m περίπου και κάτω απ' αυτή να υποθετηθεί γεωόψασμα. Καθώς στην περιοχή υπάρχει αδυναμία εξόρυξης φίλτρων σωστά διαβαθμιωμένου (πολύ λεπτή άμμος ενπροκειμένου), το γεωόψασμα πρέπει κατ' αρχήν να εξασφαλίζει ικανοποιητική όχληση. Επίσης να εξασφαλίζει σωστό διαχωρισμό των οργανικών από τις υποκείμενες στρώσεις καθώς επίσης και τη σωστή εγκάρσια κλίση. Έτσι θα αποφευχθεί η βόθιση των ανόδων του έρματος και των πόρων του αμμοχάλικου που θα τοποθετηθούν κατόπιν. (Πρέπει να αναφερθεί ότι στην παλιά γραμμή διαπιστώθηκε διελαθνοσηθρών στο έδαφος της υποδομής μέχρι βάθος 3m). Τέλος το γεωόψασμα θα προκαλεί ισημασκυρή των εξωτερικών φορτίων και ευλοθυση της μηχανικής αντοχής της υποδομής.

Το γεωόψασμα που θα υποθετηθεί θα έχει κατ' αρχήν τα εξής χαρακτηριστικά:

ελάχιστη αντοχή σε κρηλκυομό:	15kN/m <sup>2</sup>
ελάχιστη επιμήκυνση θραύσης :	60%
ελάχιστο γάρος :	200gr/m <sup>2</sup>
ελάχιστο πάχος :	1 m
ελάχιστη αντοχή σε σχίσιμο :	500 N/5 cm
μέγιστη τιμή μεγέθους πόρων :	50 μ.
κατακόρυφη διαπερατότητα [για δοκίμιο 100x100cm]	
ελάχιστη τιμή :	1 lit/m <sup>2</sup> .sec
μέγιστη τιμή :	35 lit/m <sup>2</sup> .sec

## 9. Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Παλιλάς Μ., "Χρησιμοποίηση περιοχών κακού υπεδάφους", Αντιστηρίξεις και Περιελιώσεις, Θεσσαλονίκη 1979.
2. Καζαντζόγλου Τ., "Χρησιμοποίηση περιοχών κακού εδάφους στους αδόροδρόμους", Επ. Εκδ. Λργ. Εδ. Θεμ., Τομ 5, Θεσσαλονίκη 1979.
3. Λαγγιάσης Χρ., "Αντιμετώπιση κατκομυής έργων στην Ελλάδα πάνω σε κακής ποιότητας εδάφη", Γπ. Εκδ. Εργ. Εδ. Θεμ., Τομ. 5, Θεσσαλονίκη 1979.
4. Προφιλίδης Β., Κουπαρούσης Α., "Η μηχανική συμπεριφορά της αδόροδρομικής υποδομής", Επιστ. Εκδ. ΧΤΑΕ, Τεύχος 3-4, Αθήνα 1984.
5. Ayres D., 'The treatment of unstable slopes and railway track formations', J. Soc. Eng., Vol. 52, No 4, Oct.-Dec. 1951.
- 5a. Bell J.R., Hicks R.G. et al., "Evaluation of test methods and use criteria for geotechnical fabrics in highway applications", Oregon State Univ., Report FHWA/RD-82.
6. "Comité Français des Géotextiles, Recommandations générales pour la réception et la mise en oeuvre des géotextiles", Fascicules 1,2,3,4 Paris 1982, '583, 1984.
- 6a. Christopher B., Holtz R., "Geotextile Engineering", U.S. Federal Highway Administration, Illinois, 1984.
7. Giroud J.-P., 'Applications et rôles des géotextiles', L'industrie textile, No 1113, Juin.-Août 1981.
8. Coure J.-P. "Quelques aspects du comportement des géotextiles en mécanique des sols", thèse de doctorat. Grenoble, 1982.

9. Lefflaive E., "Les géotextiles: pourquoi et quel avenir", Bull. Liais. Labo. P. et Ch., No 174, Paris, Mars - Avril 1983.
10. Lefflaive E., "Les géotextiles: une nouvelle technique en développement", L'industrie textile, No 1113, Juin-Août 1981.
11. McGown A., "The properties and uses of permeable fabric membranes", Research workshop on materials and methods for low-cost road construction, Moura, Australia.
12. McGown A., Sweetland J., "Fabric screen research and development", Univ. of Strathclyde Report, Dept. of Civil Engin., 1973.
13. "Nationaler Symposium Geotextilien in Erd-und Grundbau", März 1984, Mainz.
14. "Notions générales sur les géotextiles", LCPC-SETRA, Paris, Fevr., 1983.
15. Perrier H., "Sol bicouche renforcé par géotextile", Rap. No 125, LCPC, Paris, Oct. 1983.
16. Profillidis V., "Applications of finite element analysis in the rational design of track bed structures", Computers and Structures, Pergamon Press, 1985.
17. Profillidis V., Humbert P., "Etude par la méthode des éléments finis du comportement de la voie ferrée et de sa fondation", Bull. Liaison Labo. P. et Ch., Paris, 1985.
18. Profillidis V., Paniridis P., "Visco-elastic approach of the mechanical behaviour of the sleeper-ballast interface" to appear.
19. Rankilor P., "Membranes in Ground Engineering", John Wiley 1981.



20. Rowe K., "Reinforced embankments: analysis and design", J.G.E.D., Vol. 110, No 2, ASCE, February 1984.
21. Kycroft D., "The use of geotextiles in drainage", Water Services, Aug. 1979.
22. Sauvage R., Langlade J., "L'utilisation des géotextiles dans les plates-formes ferroviaires de la SNCF", RGEF, Paris, 1981.

Ανακοινώσεις σε επιστημονικά συνέδρια για γεωυφάρματα:

- 1977: Παρίσι, Γαλλία
- 1981: Στοκχόλμη, Σουηδία
- 1982: Λος Άντζελες, ΗΠΑ
- 1984: Mainz, Α. Γερμανία

Γνωστημονικές εκδόσεις τεχνικών εταιρειών που παράγουν γεωυφάρματα:

- 23. Terram
- 24. Polyfelt
- 25. Trevira Spunbond
- 26. Bidim

Η αλματώδης εξάπλωση των γεωυφάρματων είχε ως συνέπεια την έκδοση εντελώς πρόσφατα και εξειδικευμένων επιστημονικών περιοδικών. Κρίνουμε ως πιο ενδιαφέροντα τα εξής δύο, από τα οποία το πρώτο είναι κυρίως πρακτικού ενδιαφέροντος, ενώ το δεύτερο θεωρητικό-ερευνητικό:

Geotechnical Fabrics Report, Quarterly published by IFAI, St. Paul.

International Journal of Geotextiles and Geomembranes, Elsevier.