



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΔΟΠΟΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ**



ΖΟΥΜΠΟΥΛ ΧΑΚΑΝ ΑΜ : 7297

ΖΑΡΠΑ ΕΛΕΝΗ ΑΜ : 7239

ΣΠΥΡΑΤΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΑΜ : 7251

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΜΠΕΣΚΟΥ ΝΙΚΗ

ΠΑΤΡΑ 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών κατά το χειμερινό εξάμηνο του έτους 2021 από τους φοιτητές Ζουμπούλ Χακάν, Ζάρπα Ελένη και Σπυράτου Παναγιώτα.

Η ολοκλήρωσή της βασίστηκε στην εμπιστοσύνη της καθηγήτριας μας Μπέσκου Νίκη, η οποία μας στήριξε και μας συμβούλεψε όσο περισσότερο μπορούσε κατά την εκπόνηση της προπτυχιακής εργασίας. Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε την εταιρεία Άκτωρ Α.Τ.Ε. για την βοήθεια τους στο να μας παραπέμψουν στην κατάλληλη έρευνα και πιο συγκεκριμένα τον κύριο Βασίλειο Λαμπρίτσιο που ήταν τόσο βοηθητικός. Ακόμη ευχαριστούμε τους γονείς μας γιατί όλα αυτά τα χρόνια μας στήριζαν και μας βοηθούσαν να πετύχουμε κάθε μας στόχο.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ο ένας τον άλλον για την συνεργασία που είχαμε όλον αυτό τον καιρό και για την κατανόηση σε αυτή την πειστική περίοδο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	9
Summary	10
1.Γεωσυνθετικά υλικά.....	11
1.1 Προέλευση των γεωσυνθετικών υλικών... ..	11
1.2 Κατηγορίες γεωσυνθετικών υλικών... ..	12
1.3 Ιστορική αναδρομή στη χρήση των γεωσυνθετικών υλικών... ..	13
Τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων των έργων οδοποιίας.....	14
Άρθρο 18.....	14
Άρθρο 19.....	16
2.Σύσταση των γεωσυνθετικών υλικών... ..	18
2.1 Γεωφάσματα	19
2.2 Μη υφαντά γεωφάσματα.....	22
2.3 Υφαντά γεωφάσματα	24
2.4 Γεωμεμβράνες.....	28
2.5 Γεωπλέγματα.....	31
2.6 Γεωσύνθετα.....	33
2.7 Γεωδίκτυα... ..	34
2.8 Γεωσυνθετική αργιλική μεμβράνη.....	35
2.9 Γεωαφρός.....	35
2.10 Γεω – άλλα υλικά.....	37
3.Χρήσεις και λειτουργίες των γεωσυνθετικών υλικών... ..	38
3.1 Διαχωρισμός	40
3.2 Όπλιση... ..	42
3.3 Φίλτρο (εγκάρσια ροή)... ..	43
3.4 Στράγγιση (συνεπίπεδη ροή).....	45
3.5 Στεγάνωση... ..	47
4. Τα γεωσυνθετικά υλικά ως λύση αντιμετώπισης της υποβάθμισης έργων οδοποιίας.....	50

5. Εφαρμογές γεωσυνθετικών υλικών σε έργα οδοποιίας...	58
5.1 Γεωτεχνικά υλικά σε οδικά επιχώματα.....	60
5.2 Κατασκευή οπλισμένης γης	64
5.3 Εφαρμογές γεωπλεγμάτων σε οπλισμένα επιχώματα αυτοκινητοδρόμων και μεθοδολογία.....	68
5.4 Εφαρμογές γεωσυνθετικών υλικών σε τοίχους αντιστήριξης.....	69
5.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της οπλισμένης γης σε σχέση με τους συμβατικούς τοίχους αντιστήριξης οπλισμένου σκυροδέματος...	72
6. Άλλες εφαρμογές των γεωσυνθετικών υλικών σε τεχνικά έργα.....	73
6.1 Κατασκευή αναχωμάτων/επιχωμάτων σε συνεκτικό έδαφος	73
6.2 Εφαρμογές διαξονικών γεωπλεγμάτων σε έργα	74
6.3 Αντιδιαβρωτική προστασία με γεωσυνθετικά υλικά	75
6.4 Γεωσυνθετικά υλικά με βλάστηση.....	77
6.5 Τα γεωσυνθετικά υλικά σε συνδυασμό με βαριά μέτρα προστασίας	79
7. Εφαρμογές των γεωσυνθετικών υλικών στον Ελλαδικό χώρο...	79
8. Εφαρμογές των γεωσυνθετικών υλικών σε χώρες του εξωτερικού.....	94
9. Συμπεράσματα	110
10. Βιβλιογραφία	112
11. Διαδικτυογραφία.....	113

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Απεικόνιση των διαφόρων ειδών των γεωσυνθετικών υλικών	11
Εικόνα 2.1 Τοποθέτηση γεωφάσματος σε μια τυπική διατομή.....	19
Εικόνα 2.2 Διάστρωση γεωφάσματος σε αυτοκινητόδρομο.....	22
Εικόνα 2.3 Μηχανή ύφανσης.....	25
Εικόνα 2.4 Είδη των γεωφασμάτων (υφαντά, μη υφαντά και πλεκτά).....	26
Εικόνα 2.5 Διάφορα είδη γεωμεμβρανών	29
Εικόνα 2.6 Τοποθέτηση γεωμεμβράνης σε έργο στην Ολλανδία	30
Εικόνα 2.7 Είδη γεωπλεγμάτων (μονοαξονικά, διαξονικά).....	31
Εικόνα 2.8 Διάφορα είδη γεωδικτύων	34
Εικόνα 2.9 Είδη γεωσυνθετικών αργιλικών μεμβρανών	35
Εικόνα 2.10 Διαφορές του γεωαφρού με τα υπόλοιπα υλικά	36
Εικόνα 2.11 Σκαρίφημα με την χρήση του γεωαφρού.....	37
Εικόνα 2.12 Χρήση γεώσακων για την αποφυγή διάβρωσης	38
Εικόνα 2.13 Χρήση γεωκυψελών σε επίχωμα	38
Εικόνα 3.14 Λειτουργίες των γεωσυνθετικών υλικών	40
Εικόνα 3.15 Στην εικόνα (α) φαίνεται η διαφορά της μη χρήσης γεωφάσματος που γίνεται ανάμιξη των υλικών ενώ στην (β) με το γεωφάσμα δεν γίνεται ανάμιξη των εδαφικών υλικών.....	41
Εικόνα 3.16 Στην εικόνα (α) που δεν υπάρχει όπλιση υπάρχει αστοχία ενώ στην (β) η βοήθεια του κλιματιστικού βοηθάει τόσο στην σωστή κατανομή της έντασης αλλά και στο να μην υπάρχει αστοχία	43
Εικόνα 3.17 Στην εικόνα (α) που είναι χωρίς τοποθέτηση γεωφάσματος βλέπουμε ότι υπάρχει διήθηση από το νερό της βροχής ενώ στην (β) με την βοήθεια του γεωφάσματος περνά μικρότερο ποσοστό.....	45
Εικόνα 3.18 Στην εικόνα (α) δεν γίνεται σωστή κατανομή πίεσης ενώ στην εικόνα (β) με την χρήση του γεωφάσματος υπάρχει καλύτερη κατανομή πίεσης και διάτμησης.....	46
Εικόνα 3.19 Στεγανοποίηση με την χρήση γεωφάσματος	48
Εικόνα 4.20 Διατομή οδοστρώματος (αριστερά χωρίς την χρήση γεωφάσματος ενώ δεξιά με την χρήση γεωφάσματος)	50

Εικόνα 4.21 Πορεία της ανακλαστικής ρωγμής χωρίς γεωφάσμα (αριστερή φωτογραφία) και αντιμετώπισής της με την βοήθεια του γεωφάσματος (δεξιά φωτογραφία)	51
Εικόνα 4.22 Τυπική διατομή του οδοστρώματος τοποθετώντας γεωδίκτυο στην υπόβασή του.....	54
Εικόνα 4.23 Επιδείνωση του οδοστρώματος χωρίς την χρήση γεωφάσματος	56
Εικόνα 5.24 Απεικόνιση της διάστρωσης γεωπλέγματος με οπλισμό (πηγή Maxwell Supply Tulsa).....	60
Εικόνα 5.25 Απεικόνιση οπλισμένων επιχωμάτων με γεωσυνθετικά υλικά για καλύτερο οπλισμό.....	63
Εικόνα 5.26 Τοποθέτηση οπλισμένης γης	64
Εικόνα 5.27 Φάσεις Κατασκευής σε ασθενές έδαφος	67
Εικόνα 5.28 Τοίχος αντιστήριξης με γεωφάσμα.....	70
Εικόνα 6.29 Τοποθέτηση γεωσακών ύστερα από πτώση της ακτογραμμής.....	75
Εικόνα 6.30 Γεώσακοι για την προστασία της ακτογραμμής.....	76
Εικόνα 6.31 Τομή εδάφους με υπάρχουσα βλάστηση (πηγή: http://www.geosyntheticsworld.com/).....	77
Εικόνα 7.32 Χρήση γεωφάσματος σε σιδηροδρομικά έργα	80
Εικόνα 7.33 Τοποθέτηση των μη υφαντών γεωφασμάτων σε ηφαιστιογενή χώρο (πηγή φωτογραφίας: https://www.fibralco.gr/nisyros-project/).....	81
Εικόνα 7.34 Ο ηφαιστειογενής χώρος της Νισύρου που θα γίνει η τοποθέτηση του μη υφαντού γεωφάσματος (πηγή φωτογραφίας: https://www.fibralco.gr/nisyros-project/).....	82
Εικόνα 7.35 Τοποθέτηση γεωφάσματος σε Χ.Υ.Τ.Α Μυκόνου (πηγή: https://www.epoli.gr/topothetisi-membranwnn-ston-xyta-mykonoy-a-106306.html?category_id=51).....	83
Εικόνα 7.36 Τυπική διατομή του τμήματος στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ Μαλιακός & Κλειδί.....	86
Εικόνα 7.37 Απόσπασμα από την μελέτη της εταιρείας για την ΧΘ1 και ΧΘ2.....	87
Εικόνα 7.38 Τυπική διατομή στη ΧΘ: 257 + 470m.....	88
Εικόνα 7.39 Τυπική διατομή στη ΧΘ: 257 + 493,239m.....	89
Εικόνα 7.40 Διαμόρφωση ορύγματος σύμφωνα με την μελέτη.....	90
Εικόνα 7.41 Τοποθέτηση των συρματοκιβωτίων	92
Εικόνα 7.42 Τοποθέτηση γεωμεμβράνης σε διατομή σιδηροδρομικής γραμμής σε όρυγμα.....	93
Εικόνα 7.43 Μια τυπική διατομή κατασκευής νέου δρόμου	97

Εικόνα 7.44 Μέρος κατά τη διάρκεια της διάστρωσης των γεωφασμάτων στο αεροδρόμιο της Κίνας	99
Εικόνα 7.45 Απεικόνιση του αεροδρομίου	100
Εικόνα 7.46 Ο Salmon-Lost Trail Pass Highway	105
Εικόνα 7.47 Τυπική διατομή.....	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	1.1	Λειτουργίες	και	τύποι	
γεωσυνθετικών.....					40
Πίνακας	3.2:	Χρήση	γεωσυνθετικών	υλικών	ανάλογα με τις
λειτουργίες.....					49

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελεί η ανάλυση των βασικών κατηγοριών των γεωσυνθετικών υλικών, των ιδιοτήτων τους καθώς και της εφαρμογής τους στα έργα τα οποία αφορούν τον πολιτικό μηχανικό. Πρόκειται για μια βιβλιογραφική έρευνα των προαναφερθέντων τόσο σε έργα που αφορούν την χώρα μας όσο και σε έργα του εξωτερικού.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται πληροφορίες που σχετίζονται με τις κατηγορίες των γεωσυνθετικών υλικών καθώς και την προέλευσή τους. Γίνεται αναφορά των άρθρων που χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο στα έργα οδοποιίας. Συνοψίζονται οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στη διεθνή βιβλιογραφία που αφορούν εργαστηριακές διερευνήσεις με βάση τις πρότυπες δοκιμές ελέγχου μηχανικών ιδιοτήτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα είδη των γεωσυνθετικών υλικών (γεωφάσματα, γεωμεμβράνες, γεωδίκτυα, γεωσύνθετα, γεωαφροί, γεωσυνθετικές αργιλικές μεμβράνες) όπως και η σύσταση του καθενός από τα προαναφερθέντα γεωσυνθετικά υλικά.

Στο τρίτο κεφάλαιο συσχετίζονται οι χρήσεις και οι λειτουργίες των γεωσυνθετικών υλικών όπου είναι άμεσα συνδεδεμένες. Στο τέταρτο κατά σειρά κεφάλαιο περιγράφεται η χρησιμότητα των γεωσυνθετικών υλικών σε έργα οδοποιίας ως λύση αντιμετώπισης της υποβάθμισης του εδάφους που υπάρχει.

Στο πέμπτο και στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι εφαρμογές των γεωτεχνικών υλικών σε έργα οδοποιίας και πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στα ΧΥΤΑ, στην ενίσχυση των πρανών και των οδοστρωμάτων καθώς και στην αποστράγγιση τοιχιών και δαπέδων. Στο έκτο κεφάλαιο αναλυτικότερα παρουσιάζονται εφαρμογές των γεωφασμάτων στον ελλαδικό χώρο και παραθέτονται συγκεκριμένα παραδείγματα όπως οικοδομικά έργα, λιμενικά έργα, έργα οδοποιίας και τοίχοι αντιστήριξης.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται παραδείγματα έργων που έχουν ολοκληρωθεί στο εξωτερικό με την χρήση των γεωσυνθετικών υλικών και καταλήγουμε στο όγδο κεφάλαιο όπου γίνονται συγκρίσεις και εντοπίζονται οι διαφορές που μπορεί να έχουν προκύψει σε σχέση με την Ελλάδα και το εξωτερικό. Στο ένατο κεφάλαιο συνοψίζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν στο πλαίσιο αυτής της εργασίας όπως και η βιβλιογραφία.

SUMMARY

The subject of this dissertation is the analysis of the main categories of geosynthetic materials, their properties, as well as their application in projects related to civil engineering. It is therefore a bibliographic review of the aforementioned, both in Hellenic infrastructure and infrastructure abroad.

The first chapter summarizes information related to the categories of geotextiles as well as their origin. The Technical Description of the Obligations of Road Construction Projects is mentioned and more specifically articles 18 and 19 of it. Summarized information available in the literature regarding laboratory research based on standard mechanical properties inspection tests.

The second chapter describes the types of geosynthetic materials (geotextiles, geomembranes, geogrids, geosynthetics, geofoams, geosynthetic clay membranes) as well as the composition of each of the above geosynthetic materials.

The third chapter relates the uses and functions of geosynthetic materials where they are directly connected. The fourth chapter describes the usefulness of geosynthetic materials in road construction projects as a solution to address the existing land degradation.

The fifth and sixth chapters present the applications of geotechnical materials in road construction projects and more specifically reference is made to landfills, the reinforcement of slopes and pavements as well as the drainage of walls and floors. In the sixth chapter are specified applications of geotextiles in Greece and specific examples of such construction projects, port projects, road works and retaining walls are listed.

In the seventh chapter examples of projects that have been completed abroad with the use of geosynthetic materials are given. In the eighth chapter comparisons are made and the differences that may have arisen in relation to Greece and abroad are identified. The ninth chapter will summarize the main conclusions that emerged in the context of this work.

1. ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

1.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα τελευταία χρόνια , τα υλικά οδοποιίας έχουν εξελιχθεί και έχουν γίνει πιο σύγχρονα ώστε να μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του εδάφους όπως είναι ο διαχωρισμός , η ενίσχυση , το φιλτράρισμα , η στράγγιση , η απορρόφηση ενέργειας , η συγκόλληση , η απομείωση των τάσεων , ο έλεγχος της διάβρωσης, την διήθηση , την προστασία καθώς και την στεγάνωση . Τα ευρέως γνωστά γεωσυνθετικά ή γεωπολυμερή υλικά είναι εύκαμπτα φύλλα που έχουν αρκετές εφαρμογές με σκοπό την βελτίωση της συμπεριφοράς των εδαφών.

Ο όρος « γεωσυνθετικά » είναι ο πιο διαδεδομένος και κατάλληλος καθώς έχει προέλθει από την σύνδεση του προθέματος “ γεώ- ” που σημαίνει γη , λόγω των γεωτεχνικών κατασκευών , και της λέξης “συνθετικό”, επειδή τα υλικά κατασκευής είναι φτιαγμένα από τον άνθρωπο τις περισσότερες φορές. Τα γεωσυνθετικά υλικά αποτελούνται από πολυμερή σύσταση αφού η πρώτη ύλη τους είναι τα προϊόντα υδρογονανθράκων (θερμοπλαστικά υλικά PP , PET, PE , PA) , υπάρχουν όμως και πολυεστερικά με επικάλυψη PVC για πρόσθετη προστασία από τις υπεριώδεις και τις μηχανικές καταχρήσεις κατά την εφαρμογή τους και σπανιότερα τα συναντάμε από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, πολυαμίδιο (nylon), πολυβινυλοχλωρίδιο και πολυστυρένιο. (Wikipedia)



Εικόνα 1.1 Απεικόνιση των διαφόρων ειδών των γεωσυνθετικών υλικών

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα γεωσυνθετικά υλικά προέρχονται αποκλειστικά από την βιομηχανία πλαστικών πολυμερών παρόλο που σπάνια χρησιμοποιούνται και ίνες γυαλιού και φυσικά υλικά για την παρασκευή τους.

Οι κύριες κατηγορίες των γεωσυνθετικών υλικών είναι οι εξής :

- 1) γεωφάσματα (geotextiles GT) ,
- 2) γεωπλέγματα (geogrids GG) ,
- 3) γεωδικτυωτά (geonets GN) ,
- 4) γεωμεμβράνες (geomembranes GM) ,
- 5) γεωσυνθετική αργιλική μεμβράνη (geosynthetic clayliner GCL) ,
- 6) γεωαφρός (geofoam GF) ,
- 7) γεωσύνθετα(geo-composites GC) και

8)γεω-άλλα (geo-others), μια πολυσυλλεκτική κατηγορία που εμπεριέχει όλα τα γεωσυνθετικά υλικά που δεν ανήκουν στις υπόλοιπες επτά κατηγορίες.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια πιο αναλυτική και ουσιαστική αναφορά των γεωσυνθετικών καθώς και της σύστασής τους.

1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η ιδέα του συνδυασμού του μαλακού εδάφους με συνθετικά (μη φυσικά) υλικά χρονολογείται το 1926, όπου για πρώτη φορά στην Βόρεια Καρολίνα έγινε χρήση υφασμάτων για ενίσχυση των οδοστρωμάτων. Το 1982 ιδρύθηκε η Διεθνής Εταιρεία Γεωσυνθετικής (IGS) και εκ τότε ξεκίνησε η παραγωγή υλικών που θα εξυπηρετούσαν παρόμοιους σκοπούς, γνωστά σήμερα ως «γεωσυνθετικά».

Όσον αφορά στον τομέα του Πολιτικού Μηχανικού έχουν πολλές εφαρμογές όπως οι γεωτεχνικές, περιβαλλοντικές και υδραυλικές καθώς επίσης εφαρμόζονται και στην οδοποιία. Ήταν τόσο γρήγορη η εξάπλωσή τους κι αυτό για τους εξής λόγους :

- κατασκευάζονται σε εργοστασιακό περιβάλλον για να ελέγχεται η ποιότητά τους,
- η μεταφορά και η τοποθέτησή τους στον χώρο του εργοταξίου είναι εύκολη,
- γίνεται αντικατάσταση των παραδοσιακών υλικών (όπως το οπλισμένο σκυρόδεμα),
- ο χρόνος εργασίας μειώνεται σημαντικά ,
- το κόστος κατασκευής μειώνεται σημαντικά,
- λόγω του ότι η διάθεσή τους είναι ευρεία η παραγωγή είναι διαρκώς αυξανόμενη,

- η χρήση τους ενδείκνυται γιατί τα χαρακτηριστικά και η απόδοσή τους έχουν δοκιμαστεί πλήρως.

Κάποια από τα βασικά πλεονεκτήματα που οφείλονται στην ραγδαία εξέλιξή τους είναι :

- ✓ ότι έχουν μεγάλη ανεκτικότητα στις φυσικές φθορές παρέχοντας έτσι ασφάλεια στην κατασκευή μας,
- ✓ οι πρώτες ύλες τους είναι φθηνές προσφέροντας έτσι την οικονομικότερη λύση,
- ✓ έχουν μικρό κόστος συντήρησης και έτσι αποτελούν την πιο προσιτή λύση,
- ✓ παρέχουν ευελιξία για την κάλυψη των αναγκών σε οποιαδήποτε νέου τύπου κατασκευή και
- ✓ ότι τα γεωφάσματα διαδόθηκαν και από τους κατασκευαστές που συνέβαλαν στην εκπαίδευση των υπόλοιπων μηχανικών.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

ΑΡΘΡΟ 18 : ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

Τα γεωυφάσματα που χρησιμοποιούνται σε οδικά έργα για τον διαχωρισμό δυο εδαφικών στρώσεων με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες (κοκκομετρική σύνθεση, κατάσταση συνεκτικότητας, πυκνότητα) πρέπει να είναι κατασκευασμένα από συνθετικές ή άλλες ίνες σύμφωνα με τις απαιτήσεις αυτού του άρθρου σε μορφή λεπτής υδροπερατής μεμβράνης. Με το γεωύφασμα διαχωρισμού θα πρέπει να εξασφαλίζεται κατά μόνιμο τρόπο η αποφυγή ανάμιξης των δύο υλικών. Πριν από την έναρξη τοποθέτησης των γεωυφασμάτων ο εργολάβος πρέπει να παρουσιάσει πιστοποιητικά από τα οποία συνάγεται ότι το γεωύφασμα που θα χρησιμοποιηθεί είναι ανθεκτικό στις επιδράσεις των υλικών των στρώσεων τις οποίες θα διαχωρίσει το υλικό για διάρκεια περίπου 40 ετών.

Τα γεωυφάσματα θα πρέπει κατά τη μεταφορά, αποθήκευση, τοποθέτηση στο έργο και την επικάλυψη να προστατεύονται από τυχόν μηχανικές ή χημικές επιδράσεις. Τα γεωυφάσματα τα οποία υφίστανται βλάβη από το φως πρέπει να είναι συνεχώς κατάλληλα καλυμμένα μέχρι την τοποθέτησή τους. Ο χρόνος έκθεσης στο φως δεν πρέπει να υπερβεί τις 5 ώρες. Από την συνολική ποσότητα του γεωυφάσματος που θα χρησιμοποιηθεί θα λαμβάνονται από τον επιβλέποντα με παρόντα τον εργολάβο πέντε δείγματα και θα εξετάζονται σε " αναγνωρισμένο εργαστήριο " σύμφωνα με όσα αναφέρονται στους όρους δημοπράτησης. Η δειγματοληψία θα γίνεται σύμφωνα με τις ισχύουσες παρατηρήσεις για να γίνει κατάλληλα.

Το γεωύφασμα πρέπει :

- α. Να αντέχει εφελκυστικό φορτίο τουλάχιστον 2,5 kN/m υπό αξονική εφελκυστική ανηγμένη παραμόρφωση 5 % κατά την δοκιμή εφελκυσμού σε "ευρύ τεμάχιο (wide strip)" που διεξάγεται σύμφωνα με την ισχύουσα παράγραφο της δημοπράτησης.
- β. Να επιτρέπει τη ροή νερού μέσω αυτού εγκάρσια προς το κύριο επίπεδό του σε κάθε κατεύθυνση με ταχύτητα τουλάχιστον 10 λίτρων/μ²/δευτερόλεπτο υπό σταθερά υψομετρική διαφορά (πίεση) νερού 100 χλστ.
- γ. Η κατανομή των ανοιγμάτων των πόρων που έχει να είναι τέτοια ώστε η τιμή O90 που καθορίζεται στην παράγραφο της δημοπράτησης να είναι μεταξύ των 100μm και 300μm.

Η τοποθέτηση του γεωυφάσματος πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να βρίσκεται σε συνεχή επαφή με την επιφάνεια επί της οποίας τοποθετείται χωρίς να υπάρχουν κενά. Αμέσως μετά την τοποθέτηση θα ακολουθεί επικάλυψη του γεωυφάσματος με προστατευτική στρώση υλικού μέχρι το πέρας της εργασίας αυτής απαγορεύεται αυστηρά η μετακίνηση πάνω από μη προστατευμένο γεωύφασμα οποιουδήποτε μηχανήματος, οχήματος κλπ. που μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο γεωύφασμα.

Η δειγματοληψία των γεωφασμάτων γίνεται με συγκεκριμένο τρόπο προκειμένου να διατηρηθούν καθαρά και στεγνά μέχρι την στιγμή της δειγματοληψίας τους. Πριν από τον προσδιορισμό του μεγέθους των πόρων και της αντοχής σε εφελκυσμό θα φέρονται σε κατάσταση ισορροπίας σε θερμοκρασία 20 ± 2 βαθμούς Κελσίου και σχετική υγρασία 65 ± 5 %. Το ξηρό βάρος του γεωφάσματος θα δίδεται σε gr/m².

Η δοκιμή εφελκυσμού σε "ευρύ τεμάχιο" πραγματοποιείται ως ακολούθως :

- α) Τα τεμάχια δοκιμής θα έχουν πλάτος 200 χλστ και μήκος μέτρησης 100 χλστ.
- β. Για τον καθορισμό της χαρακτηριστικής αντοχής θα εξετάζονται στις δύο κύριες διευθύνσεις ανάλογα με την κατασκευή τους πέντε τουλάχιστον δείγματα γεωφάσματος.
- γ. Η ταχύτητα επιβολής της παραμόρφωσης θα είναι 10 ± 3 % ανά πρώτο λεπτό.
- δ. Ως χαρακτηριστική αντοχή θα λαμβάνεται η μέση τιμή ελαττωμένη κατά το γινόμενο της τυπικής απόκλισης επί 1,64. Αυτή η χαρακτηριστική αντοχή αντιστοιχεί στην τιμή της αντοχής του υλικού κάτω από την οποία δεν αναμένεται να ευρεθούν το 5 % των αποτελεσμάτων δοκιμών.

Η ταχύτητα ροής του νερού θα προσδιορίζεται ως εξής :

- α. Τα γεωφάσματα θα δοκιμάζονται σε αφόρτιστη κατάσταση με σταθερή πίεση νερού ύψους 100 χλστ.
- β. Η ροή θα είναι προς μια κατεύθυνση.
- γ. Η επιφάνεια του γεωφάσματος που θα δοκιμάζεται θα είναι κυκλικής διαμέτρου 50 - 100 χλστ.
- δ. Πριν από τη μέτρηση το γεωφάσμα θα παραμένει σε καθαρό νερό επί μια ώρα.
- ε. Το νερό που θα χρησιμοποιείται στις δοκιμές διαπερατότητας πρέπει:
 - ι. να μην περιέχει αέρα, όσο αυτό είναι δυνατό και να παρέχεται μέσω ενός δοχείου αποθήκευσης και όχι κατευθείαν από το δίκτυο παροχής.
 - ιι. να έχει θερμοκρασία μεταξύ 10 και 25 βαθμούς Κελσίου. Η ταχύτητα ροής πρέπει να ανάγεται σε θερμοκρασία 15 βαθμούς με τη χρησιμοποίηση των γνωστών σχέσεων μεταβολής του ιξώδους του νερού με τη θερμοκρασία.
- στ. Η ποσότητα του νερού που διέρρευσε δεν πρέπει να είναι μικρότερη από δύο λίτρα ή εναλλακτικά ο χρόνο μέτρησης της διαπερατότητας θα είναι μεγαλύτερος των 15 δευτερολέπτων.
- η. Η διαπερατότητα θα δίνεται σε λίτρα/μ²/δευτερόλεπτα (lit/m²/sec). Η έκθεση δοκιμής θα δίνει επίσης τη μέση τιμή των μετρήσεων και την τυπική απόκλιση.

Η κατανομή του μεγέθους των πόρων και ο καθορισμός του μεγέθους O90 γίνεται ως ακολούθως :

α. Η κατανομή του μεγέθους των πόρων καθορίζεται με την εύρεση των ποσοστών σειράς υάλινων σφαιρών που συγκρατούνται από το γεωφάσμα όταν αυτό χρησιμοποιηθεί σαν κόσκινο. Ο αριθμός των σειρών και το μέγεθος της διαμέτρου κάθε σειράς (που είναι σύμφωνες με την προδιαγραφή BS 6088) εκλέγεται έτσι ώστε να καλύπτει όλα τα αναμενόμενα μεγέθη ανοίγματος πόρων.

β. Σχεδιάζεται η αθροιστική καμπύλη συχνότητας των ποσοστών των συγκρατούμενων σφαιριδίων σε συνάρτηση με το μέγεθος της διαμέτρου τους. Το μέγεθος που αντιστοιχεί σε ποσοστό συγκρατούμενων 90 % παρέχει την τιμή του O90.

γ. Σε κάθε κοσκίνισμα κοσκινίζεται τουλάχιστον ποσότητα 100 γραμμ. υάλινων σφαιρών για 10 πρώτα λεπτά μέσω τεμαχίου γεωφάσματος που συγκρατείται στο πλαίσιο και τον πυθμένα ενός κοσκινού διαμέτρου 300 χλστ. και ανοίγματος βροχίδας τουλάχιστον 10 χλστ.

δ. Η συσκευή κοσκίνισματος έχει συχνότητα δόνησης 50 Hz και μέγιστη κατακόρυφη μετακίνηση 0,75 χλστ.

ε. Το μέγεθος O90 ορίζεται ως ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων δοκιμών.

ΑΡΘΡΟ 19 : ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΩΝ

Το άρθρο αυτό αφορά την προμήθεια και τοποθέτηση γεωφάσματος στραγγιστηρίων είτε πίσω από τοίχους και βάθρα είτε στη τάφρο για την αντικατάσταση του φίλτρου.

Χαρακτηριστικά γεωφασμάτων

- (1) Το γεωφάσμα θα είναι μη υφασμένο, από συνεχείς ίνες από πολυμερή βελονωτού τύπου ή με θερμική ή χημική σύνδεση.
- (2) Στην κατηγορία των γεωφασμάτων αυτού του άρθρου γίνονται δεκτά τα παρακάτω γεωφάσματα :
 - α. BIDIM U14 ή b2 της RHONE - POULENC ή ανάλογο
 - β. POLYFELT TS 500 της CHEMIE LINZ AG. ή ανάλογο
 - γ. TERRAM 1000 I.C.I. ή ανάλογο
 - δ. HATE A44 της HUESKER ή ανάλογο
 - ε. SECUTEX 171-2 της NAUE - FASERTECHNIK ή ανάλογο
 - στ. TYPAR 136 της EXPANDITE ή ανάλογο
 - ζ. Άλλα γεωφάσματα της προδιαγραφόμενης κατηγορίας που θα πληρούν τις παρακάτω ιδιότητες:

- (I) Βάρος υφάσματος ανά μονάδα επιφάνειας (μέτρηση σύμφωνα με τη δοκιμή NF G 38013) $\text{gr/m}^2 \geq 135$
- (II) Αντοχή σε επίπεδη παραμόρφωση (Plane strain tensile strength),(μέτρηση σύμφωνα με τη δοκιμή NF G 38014),μέσος όρος για την κατά μήκος και κατά πλάτος κατεύθυνση $\text{kN/m} \geq 8$ (κλάση ≥ 3)
- (III) Αντοχή σε σκίσιμο (Trapezoidal tearing resistance),(μέτρηση σύμφωνα με την δοκιμή NF G 38015),η αντοχή αναφέρεται στην ελάχιστη αντοχή για την κατά μήκος ή την κατά πλάτος κατεύθυνση $\text{kN} \geq 0.3$ (κλάση ≥ 4)
- (IV) Ικανότητα διέλευσης νερού κάθετα στο επίπεδο του γεωφύσματος (PERMITTIVITY),(μέτρηση σύμφωνα με τη δοκιμή NF G 38016) $\text{Kn/e sec}^{-1} \geq 5 \times 10^{-2}$ (κλάση ≥ 4)
- (V) Μέγεθος πόρων του γεωφύσματος (Diameter of filtration orifice),(μέτρηση σύμφωνα με την δοκιμή NF G 38017 095 WET) $\mu\text{m} \leq 200$ (κλάση ≥ 4)
- (3) Οι κλάσεις που αναφέρονται παραπάνω αντιστοιχούν στην κλίμακα κατάταξης γεωφασμάτων σύμφωνα με τις οδηγίες της Γαλλικής Επιτροπής Γεωφασμάτων (C.F.G.)
- (4) Σε κάθε περίπτωση η αποδοχή χρησιμοποίησης οποιουδήποτε είδους γεωφασμάτων από τον ανάδοχο θα γίνει ύστερα από υποβολή στην υπηρεσία των χαρακτηριστικών του γεωφύσματος που θα πληροί τις προδιαγραφόμενες παραπάνω απαιτήσεις και μετά από την σύμφωνη γνώμη της υπηρεσίας.

ANTOXH SE ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

- (1) Στα χαρακτηριστικά του γεωφύσματος θα πρέπει να περιλαμβάνεται η συμπεριφορά του υφάσματος λόγω της έκθεσης τους σε υπεριώδη ακτινοβολία (ULTRAVIOLET) και τα μέτρα που έχουν παρθεί από την βιομηχανία παραγωγής. Τα υφάσματα σε κάθε περίπτωση έρχονται στο εργοτάξιο συσκευασμένα με κατάλληλο περιτύλιγμα προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία. Ανάλογα την ευαισθησία του υφάσματος σε υπεριώδη ακτινοβολία θα πρέπει να ρυθμίζεται η τοποθέτηση του υφάσματος σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εργασίες του έργου ώστε να έχει καλυφθεί το ύφασμα, κατά τρόπο που να εξασφαλίζεται από την υπεριώδη ακτινοβολία μέσα στο χρονικό διάστημα ώστε να διατηρείται τουλάχιστον το ποσοστό αντοχής σε επίπεδη παραμόρφωση ίσο προς ενενήντα στα εκατό (90%) της αντίστοιχης αρχικής αντοχής του υφάσματος.
- (2) Για το σκοπό αυτά τα δικαιολογητικά έγγραφα που θα συνοδεύουν το γεωφύσμα και θα υποβληθούν στην υπηρεσία για την αποδοχή του θα περιλαμβάνουν στοιχεία του εργοστασίου που θα δείχνουν τον μέγιστο επιτρεπόμενο χρόνο έκθεσης σε υπεριώδη ακτινοβολία για εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες έκθεσης, εις τρόπον ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή του.

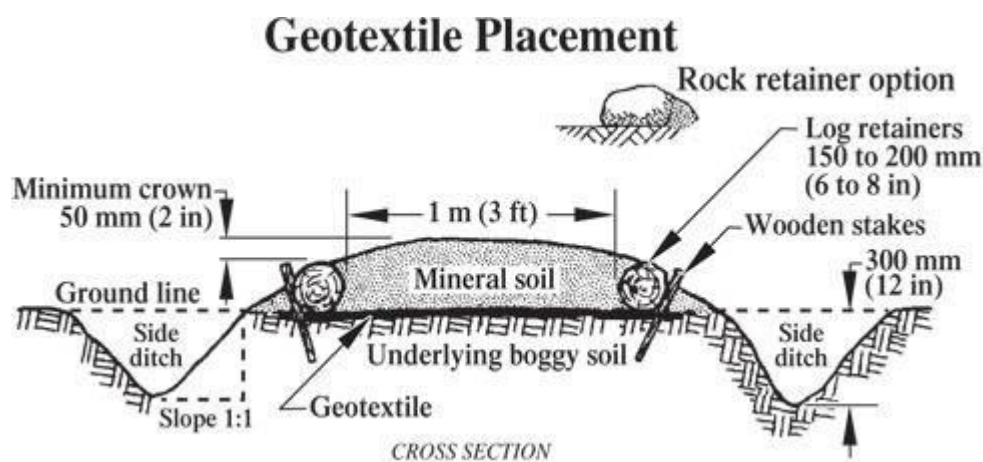
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

- (1) Ο μέγιστος χρόνος παραμονής του γεωφάσματος εκτεθειμένο σε υπεριώδη ακτινοβολία δεν είναι δυνατόν σε καμία περίπτωση να είναι μεγαλύτερος από τρεις μήνες. Στην περίπτωση κατά την οποία το γεωφάσμα παραμένει σε υπεριώδη ακτινοβολία εκτεθειμένο πέραν του επιτρεπόμενου χρόνου τότε θεωρείται συμβατικά άχρηστο και πρέπει να αντικατασταθεί με όλες τις συνεπαγόμενες πρόσθετες δαπάνες από αυτή την αντικατάσταση.
- (2) Η παραπάνω ευθύνη βαρύνει πάντοτε τον ανάδοχο δεδομένου ότι συμφωνείται ρητά ότι η τοποθέτηση του γεωφάσματος συνεπάγεται την ανάληψη της ευθύνης από τον ανάδοχο ότι έχει πάρει κάθε αναγκαίο μέτρο και έχει εξασφαλίσει όλες τις αναγκαίες εγκρίσεις, άδειες, προσαρμογές των μελετών στο πρόγραμμα κατασκευής των έργων ή/και οποιεσδήποτε άλλες ρυθμίσεις, σύμφωνα με τα υποδείγματα της υπηρεσίας ώστε να ανταποκριθεί στις παραπάνω απαιτήσεις έγκαιρης κάλυψης του γεωφάσματος από την υπεριώδη ακτινοβολία.
- (3) Οι ενώσεις των γεωφασμάτων θα γίνονται σύμφωνα με τις οδηγίες του εργοστασίου παραγωγής (με συρραφή, επικάλυψη) ειδικά όμως για το κλείσιμο του στερεού του στραγγιστηρίου που γίνεται κατά μήκος αυτού θα γίνεται επικάλυψη των δύο άκρων του γεωφάσματος σε πλάτος τουλάχιστον 0,25 μέτρα.
- (4) Σε περιπτώσεις όπου θα γίνουν σκυροδετήσεις σε επαφή με τοποθετημένο γεωφάσμα απαγορεύεται η χρησιμοποίηση των γεωφασμάτων που είναι κατασκευασμένα από πολυεστερικό υλικό.

2.ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2.1 ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ

Στην ελληνική αγορά υπάρχουν όλα τα είδη γεωσυνθετικών υλικών όμως το πιο γνωστό και το πιο κοινό είναι το γεωφάσμα. Στα γεωφάσματα συμπεριλαμβάνονται όλα τα βιομηχανικά παραγόμενα πολυμερή προϊόντα από μη συνεχόμενες ή ατέρμονες ίνες.



Εικόνα 2.1 Τοποθέτηση γεωφάσματος σε μια τυπική διατομή

Αποτελούν την μία από τις δύο μεγαλύτερες κατηγορίες των γεωσυνθετικών. Στην πραγματικότητα είναι υφάσματα που παράγονται από βιομηχανοποιημένες συνθετικές ίνες και σπανιότερα από φυσικές (βαμβάκι, μαλλί ή μετάξι). Οι ίνες αυτές προέρχονται από διάφορα πολυμερή, συνηθέστερα από το πολυπροπυλένιο και τον πολυεστέρα. Στατιστικά έχει δειχθεί ότι :

- Το 92% του συνόλου των ΟΤ αποτελείται από πολυπροπυλένιο , ένα από τα πιο ασθενή και πιο ελαστικά πολυμερή. Σε συνεχή φόρτιση έχει την τάση να εμφανίζει ερπυστικές παραμορφώσεις.
- Το 5% αποτελείται από πολυεστέρα, πολυμερές που προσφέρει υψηλή αντίσταση σε θραύση και φθορά από την υπεριώδη ακτινοβολία , έχει ωστόσο την λιγότερη ελαστικότητα από τα υπόλοιπα πολυμερή.
- Το 2% αποτελείται από πολυαιθυλένιο, το οποίο συνδυάζει υψηλή αντοχή σε θραύση , ανθεκτικότητα και αντίσταση σε προσβολή από χημικά και μύκητες.
- Το πολυαμίδιο αποτελεί μόλις το 1% του συνόλου των συνθετικών ινών που αποτελούν και το υλικό κατασκευής των γεωφασμάτων.

Το γεωύφασμα πρέπει να πληροί τις παρακάτω προδιαγραφές :

- Μάζα / μονάδα επιφάνειας μεγαλύτερο ή ίσο του 250 gr/m²
- Αντοχή σε θλίψη μεγαλύτερο ή ίσο του 2500 N
- Υδατοπερατότητα με κατακόρυφο φορτίο 20 kPa μεγαλύτερο ή ίσο του 5*10(-4) m/s
- Υδατοπερατότητα με οριζόντιο φορτίο 20 kPa μεγαλύτερο ή ίσο του 5*10(-4) m/s
- Αποτελεσματικό πλάτος ανοίγματος 0,06 - 0,2 mm
- Πάχος για φορτίο 20 kPa μεγαλύτερο ή ίσο του 15*αποτελεσματικό πλάτος ανοίγματος

Το γεωύφασμα σκοπό έχει την μεταβίβαση και την κατανομή του φορτίου στο έδαφος. Οι εμφανιζόμενες τάσεις πρέπει να αναλαμβάνονται από τη δεδομένη αντοχή των επιμέρους στοιχείων. Η παραμορφωσιμότητα του φέροντος φορτίου δεν γίνεται να υπερβαίνει τις επιτρεπόμενες οριακές τιμές. Η αναγκαία φέρουσα ικανότητα του συστήματος στρώσεων σκύρου-προστατευτικής στρώσης, στέψης επιχώματος-εδάφους αποτελείται από τις επιμέρους φέρουσες ικανότητες των στρώσεων. Όσο μικρότερη είναι η φέρουσα ικανότητα του εδάφους τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η φέρουσα ικανότητα των στρώσεων. Κριτήριο για αυτό είναι οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού κατασκευής, εκπεφρασμένο με το μέτρο ελαστικότητας και το πάχος της στρώσης.

Συνοψίζοντας, τα γεωυφάσματα δέχονται μεγάλη παραμόρφωση και χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των διαδοχικών στρώσεων των υλικών με στόχο την ενίσχυση της στρώσης εδάφους ή ακόμη χρησιμοποιούνται για έργα αποστράγγισης όπως και για φίλτρα των στρώσεων.

Τα γεωυφάσματα είναι διαπερατές γεωμεμβράνες πάχους από 0,4 έως 3,0 mm, βάρους μεγαλύτερου από 100 gr/m² και υπάρχουν σε υφαντά και μη υφαντά, με μηχανική διασύνδεση (βελονωτά) ή χημική, ή θερμοσυγκολλούμενα. Είναι συνήθως βελονωτά, από ίνες ή νήματα πολυαιθυλενίου (τα περισσότερα προϊόντα) ή πολυεστέρα (λιγότερα συχνά προϊόντα) ή πολυαμιδίου με διάμετρο από 10 έως 30 mm, ανθεκτικά στη UV υπεριώδη ακτινοβολία, δεν αποσυντίθενται όταν τοποθετούνται σε γαιώδες περιβάλλον και έχουν πλάτος που κυμαίνεται μεταξύ 3,81 και 5,20 m και μήκος 100 m στην περίπτωση των μεγάλων ρολών.

Οι πρώτες ύλες για την κατασκευή των ινών είναι συνήθως σε στερεή και κοκκώδη μορφή και για να πάρουν την επιθυμητή μορφή της ίνας. Για να συμβεί όμως αυτό υπόκεινται σε διαδικασία διέλασης. Κατά την διαδικασία της διέλασης (extrusion) το τεμάχιο συμπιέζεται μέσω ενός εμβόλου μέσα σε μεταλλικό θάλαμο στο άλλο άκρο του οποίου βρίσκεται μια κατάλληλα διαμορφωμένη μήτρα. Έτσι το υλικό αναγκάζεται να εξέλθει από το άνοιγμα της μήτρας αποδίδοντας μας το προϊόν (ίνα) με μικρότερη διατομή αλλά με μεγαλύτερο μήκος. Το επόμενο βήμα μετά την διέλαση είναι η ψύξη που στόχο έχει την σκλήρυνση και με αυτό τον τρόπο

επιτυγχάνεται η αύξηση της αντοχής των ινών , η αύξηση του μέτρου ελαστικότητας καθώς προκύπτει και μείωση της επιμήκυνσης της αστοχίας.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Είναι έτσι σχεδιασμένα που στόχο έχουν τις λειτουργίες διήθησης-φίλτρου ώστε να επιτρέπεται η ελεύθερη ροή χωρίς απώλεια εδαφικού υλικού, την ενίσχυση του υπεδάφους , της όπλισης και προστασίας του οδοστρώματος καθώς και των ασφαλτοταπήτων λόγω της μεγάλης εφελκυστικής αντοχής. Επιπρόσθετα τον έλεγχο διάβρωσης και του διαχωρισμού ή της συγκράτησης με την τοποθέτηση ενός εύκαμπτου φύλλου γεωφάσματος ενδιάμεσα στις στρώσεις ώστε να μην υπάρχει ανάμιξη των εδαφών. Γίνεται, επιπλέον, εμποτισμός με στεγανωτικό υλικό και να λειτουργήσουν σαν εμπόδιο στην εισχώρηση ρευστού ώστε να επιτευχθεί ο πλήρης εγκλεισμός του.

Χρησιμοποιούνται σε κατασκευαστικά έργα του Πολιτικού Μηχανικού, όπως σε:

A) δρόμους, γιατί δεν γίνεται ανάμιξη των στρώσεων κατά την διάρκεια της τοποθέτησης και της συμπύκνωσης αλλά ταυτόχρονα εξασφαλίζεται η διαπερατότητα για να μην αναπτύσσονται μεγάλες τάσεις. Διασφαλίζεται έτσι η αυξημένη αντοχή του οδοστρώματος, μείωση των παραμορφώσεων και καλύτερη συμπεριφορά του εδάφους απέναντι στην εφαρμογή δυνάμεων.

B) σιδηρόδρομους, γίνεται πάλι ο διαχωρισμός των στρώσεων από το υπέδαφος και έτσι αποφεύγονται οι καθιζήσεις και προσφέρουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στο έργο.

Γ) συστήματα αποστράγγισης, βελτιώνουν την αποστραγγιστική ικανότητα και παρατείνουν την διάρκεια ζωής του έργου.

Δ) ασφαλτοστρώσεις, που εξασφαλίζουν τη βέλτιστη συγκόλληση των επιφανειών και διαθέτουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες που αποτρέπουν τον σχεδιασμό των επιφανειακών ρωγμών καθώς και την μεταφορά των υπαρχουσών στη νέα στρώση .

Ε) χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), για να αποφεύγεται η μόλυνση του υπεδάφους.

Ζ) σήραγγες & υπόγειες στοές , λειτουργούν ιδανικά ως προστατευτικές στρώσεις χάρη στις προηγμένες μηχανικές τους ιδιότητες (εφελκυστική αντοχή , επιμήκυνση υπό μέγιστο φορτίο, αντίσταση σε στατική διείδυση και αντοχή στη διάτρηση).

Η) προστασία αγωγών , με σκοπό την πλήρη απορρόφηση των δυνάμεων πρόσκρουσης που ασκούνται κατά την τοποθέτηση και την συμπύκνωση των υλικών .

Θ) προστασία ακτών , με στόχο την αποφυγή των ζημιών από διάβρωση καθώς και προστασία στις κατασκευές.



Εικόνα 2.2 Διάστρωση γεωφάσματος σε αυτοκινητόδρομο

2.2 ΜΗ ΥΦΑΝΤΑ ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ

Τα μη υφαντά γεωφάσματα παράγονται από πολυπροπυλένιο ή πολυεστέρα και είναι ειδικά σχεδιασμένα για να παρέχουν ενίσχυση, διήθηση, προστασία και έλεγχο για διάβρωση. Οι ίνες τους είναι τοποθετημένες ακανόνιστα και ως αποτέλεσμα μια πολύ ισότροπη συμπεριφορά σε σχέση με τα υφαντά. Για την παραγωγή τους χρησιμοποιούνται τεχνικές πολύ πιο σύγχρονες σε σχέση με τα υφαντά, οι οποίες άρχισαν να αναπτύσσονται στα τέλη της δεκαετίας του 70 για έργα των μηχανικών. Ανάλογα με τα ιδιαίτερα μηχανικά και υδραυλικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως:

- Διαχωριστικά , για την αποφυγή ανάμειξης των διαφορετικών στρώσεων του εδάφους
- Φίλτρα, επιτρέποντας τη διέλευση των υπόγειων υδάτων αλλά ταυτόχρονα απαγορεύουν στο περιβάλλον έδαφος να προκαλέσει έμφραξη του
- Ενίσχυση του υπεδάφους σε κατασκευές οδοστρωμάτων, σε κατασκευές αποστραγγιστικών τάφρων και κλινών καθώς και σε διατάξεις αντιδιαβρωτικής προστασίας

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Σε εφαρμογές αποστράγγισης χρησιμοποιούνται κάτω από την επιφάνεια το μη υφαντό ελαφρύ και μεσαίο βάρος γεωφάσμα είναι εξαιρετικά φίλτρα. Το υπόγειο νερό περνά μέσα στον αγωγό αποχέτευσης για σωστή διοχέτευση μέσω της συρραφής της βελόνας του υφάσματος. Επιπλέον τα εδάφη αποτρέπονται από το φράξιμο του συστήματος και προκαλούν βλάβες. Τα μη υφασμένα γεωφάσματα όταν επιλέγονται σωστά είναι αποτελεσματικά στα περισσότερα εδάφη ειδικά όταν είναι εμφανή η λάσπη και ο πηλός. Η οδική ζωή επεκτείνεται αποτρέποντας τη μετανάστευση των λεπτών σωματιδίων του εδάφους και την ανάμιξη σε αδρανή χρησιμοποιώντας ένα μη υφασμένο γεωφάσμα απευθείας στο υπέδαφος.

Δύο από τις κύριες αιτίες αστοχίας στη θωράκιση είναι η ανάμιξη των εδαφών και η υδροστατική πίεση και χρησιμοποιούνται τα μη υφαντά γεω-κλωστουφαντουργικά για να λειτουργήσουν ως φίλτρο. Τα συστήματα συγκράτησης / κράτησης υπόγειων νερών (απόβλητα) παρέχουν την μέγιστη χρήση, απαιτούν λίγη συντήρηση και δεν μειώνουν την ανάπτυξη. Ο σωλήνας μεγάλης διαμέτρου χρησιμοποιείται στα υπόγεια συστήματα συγκράτησης για να συγκρατεί την απορροή έως ότου το γειτονικό έδαφος το δεχτεί. Τα συστήματα, αυτά, χρησιμοποιούν τον σωλήνα μεγάλης διαμέτρου για να συγκρατούν την απορροή που υπερβαίνει την επιτρεπόμενη ποσότητα και στη συνέχεια απελευθερώνεται μέσω μιας εξόδου με ελεγχόμενο ρυθμό. Βασικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα των συστημάτων συγκράτησης είναι τα μη υφαντά γεωφάσματα, τα οποία περιβάλλουν τον σωλήνα για να αποτρέψουν την εισβολή του εδάφους στο σύστημα συμπλήρωσης / αποθήκευσης του νερού.

Επιπρόσθετα, παράγονται με τις ίνες τοποθετημένες ακανόνιστα το οποίο σημαίνει ότι η συμπεριφορά τους κατά την χρήση και την τοποθέτηση είναι πιο ισότροπη σε σχέση με τα υφαντά. Πιο συγκεκριμένα οι ίνες μπλέκονται από ένα ειδικό μηχάνημα που διαθέτει βελόνες με θερμική ή μηχανική ή χημική επεξεργασία. Κατά την διαδικασία παράγωγής των βελονωτών γεωφασμάτων, ένα στρώμα συνεχόμενων ινών, τοποθετείται πάνω σε μια μηχανή και οι οδοντωτές βελόνες διαπερνούν συνέχεια τις ίνες και με αυτό τον τρόπο συγκρατούνται μεταξύ τους μέσω φυσικής εμπλοκής.

Αν και τα μη υφαντά έχουν χαμηλότερη αντοχή εφελκυσμού προσφέρουν υψηλή αντίσταση σε διάρρηξη κι αυτό συμβαίνει γιατί οι τάσεις προκαλούν την κίνηση των ινών προς την κατεύθυνση κατά την οποία εφαρμόζεται η δύναμη, αυξάνοντας έτσι την συνολική αντοχή των γεωφασμάτων. Όσον αφορά τα θερμά συγκολλημένα γεωφάσματα αποτελούνται από ίνες όπου ενώνονται μέσω της θερμότητας με τα διασταυρούμενα σημεία. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αντοχή στα μικρότερα βάρη υφάσματος απ' ότι στα βελονωτά γεωφάσματα. Αυτή η κατηγορία γεω-υφασμάτων είναι ιδανική για χρήση κάτω από τους δρόμους, στους σιδηρόδρομους, σε έργα αποστράγγισης (όπου απαιτείται μακροχρόνια σταθεροποίηση και διήθηση του εδάφους) σε ασφαλτοστρώσεις καθώς και στην κατασκευή των πεζοδρομίων.

Η βασική διαφορά ανάμεσα στα μη υφαντά και στα υφαντά γεω-υφάσματα είναι ότι τα πρώτα επιμηκύνονται περισσότερο και έχουν την δυνατότητα να επιτρέπουν την πιο αποτελεσματική διέλευση του νερού κατά μήκος της επιφάνειας.

2.3 ΥΦΑΝΤΑ ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ

Τα υφαντά γεωυφάσματα προκύπτουν από την διασταύρωση δύο κάθετων μεταξύ τους ινών, με μια διαδικασία επεξεργασίας αντίστοιχη με τον αργαλειό. Λόγω του τρόπου κατασκευής τους είναι ιδιαίτερα ανισότροπα σε σχέση με τα μη υφαντά που παρουσιάζουν σχεδόν ισότροπη συμπεριφορά. Επίσης κατά την αλληλοδιασταύρωσή τους οι ίνες παίρνουν μια κυματοειδή μορφή με αποτέλεσμα να έχουν μια αρχική παραμόρφωση. Υπάρχουν πολλές κατηγορίες είτε ταινιωτά είτε μονόκλινα είτε πολύκλινα. Είναι ειδικά σχεδιασμένα για να παρέχουν ενίσχυση, διαχωρισμό, διήθηση, αποστράγγιση και έλεγχο διάβρωσης. Ανάλογα με τις μηχανικές και υδραυλικές ιδιότητές τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξής :

- Διαχωριστικά, για την αποφυγή ανάμειξης διαφορετικών στρώσεων εδάφους,
- Φίλτρα, επιτρέποντας τη διέλευση των υγρών αλλά ταυτόχρονα εμποδίζοντας τη μετακίνηση του εδάφους,
- Ενισχυτικά, για τον οπλισμό των εδαφών αυξάνοντας τη φέρουσα ικανότητα.

Χαρακτηρίζονται από υψηλή αντοχή και μικρή παραμόρφωση (δεν έχουν μεγάλη ολκιμότητα). Σε μαλακά εδάφη ωστόσο χρειαζόμαστε τα υλικά μας να είναι όλκιμα . Είναι εξαιρετικά ανθεκτικά και αντιστέκονται στις φθορές κατά την τοποθέτηση. Το συγκεκριμένο υφαντό δέχεται αρχική κυματοειδή παραμόρφωση λόγω του τρόπου κατασκευής, παράλληλα όμως έχει αντοχή σε διάτρηση και είναι ανθεκτικό όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Για την σύνδεση των ινών ανεξάρτητα από τον τύπο τους και κυρίως με μικρό ή μεσαίο πάχος χρησιμοποιείται η τεχνική της θερμοσυγκόλλησης μεταξύ των ινών. Επομένως για την σύνδεση των ινών μεγάλου πάχους χρησιμοποιείται η τεχνική της διάνοιξης οπών σε ένα συνεχές στρώμα ινών που είναι τυχαία διατεταγμένες. Σε σχέση με τα μη υφαντά γεωυφάσματα εμφανίζουν μεγαλύτερες αντοχές εφελκυσμού και στατικής διάτρησης για το ίδιο βάρος γεωυφάσματος. Τα γεωυφάσματα δεν χαρακτηρίζονται από την ύφανσή τους όσο από άλλες ιδιότητες τους όπως είναι το πορώδες, η αντοχή και η επιμήκυνση. Σε γενικές γραμμές τα υφαντά γεωυφάσματα επιμηκύνονται λιγότερο κάτω από την ίδια επιβολή φορτίων και περιορίζουν τη διέλευση του νερού σε σχέση με τα μη υφαντά γεωυφάσματα.

Υφαντά Γεωυφάσματα

Υφανση με στημόνη και υφάδι



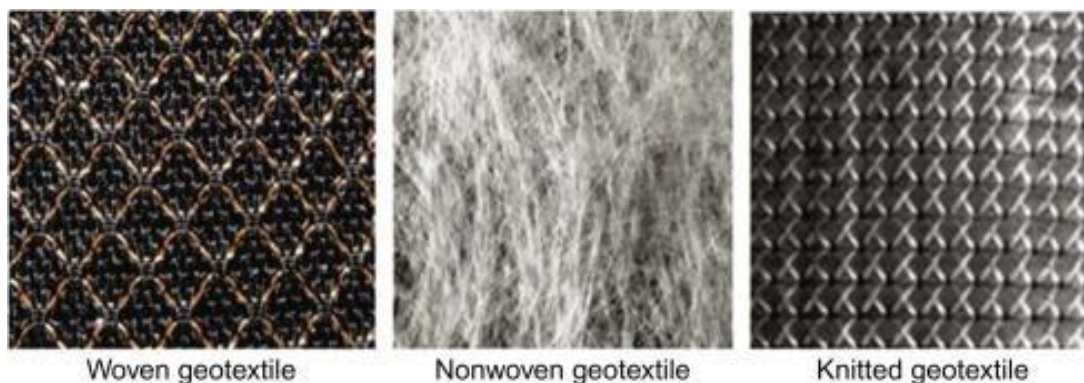
Εικόνα 2.3 Μηχανή ύφανσης

Τα υφαντά γεωυφάσματα χρησιμοποιούνται σε ασφαλτοστρωμένους δρόμους, σιδηρόδρομους, σε γεώσακους, σε αποστραγγιστικά έργα και σε γεωσωλήνες.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Τα υφαντά γεωυφάσματα βοηθούν στην εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος σε μη ασφαλτοστρωμένους δρόμους. Εξοικονομούν τα συνολικά κόστη τοποθέτησης και επισκευής με βάση την κατασκευή και συντήρηση ενός μη ασφαλτοστρωμένου δρόμου. Οι μαλακές υποβαθμίσεις, καλυμμένες με το κατάλληλο γεωύφασμα σταθεροποιούν την πρόσβαση ή μεταφέρουν στους δρόμους με την εκτόξευση εφαρμοζόμενων φορτίων σε ένα ευρύτερο θεμέλιο, αποτρέποντας τη μόλυνση από το έδαφος στο υπέδαφος. Αυτό θα επιτρέψει καλύτερη ροή κυκλοφορίας θα βελτιώσει τη μακροχρόνια χρήση του δρόμου και θα μειώσει το κόστος συντήρησης.

Η κύρια αιτία της αστοχίας του οδοστρώματος είναι η μόλυνση του υπεδάφους. Ένας τρόπος με τον οποίο οι μηχανικοί αυτοκινητοδρόμων το αντιμετωπίζουν είναι να πυκνώνουν τα συγκεντρωτικά στρώματα για να αντισταθμίσουν τις αναμενόμενες απώλειες. Ένα υψηλής υφαντό γεωύφασμα μπορεί να τοποθετηθεί απευθείας στο υπόστρωμα κατά την διάρκεια της κατασκευής και θα διαχωρίσει το σύνολο από τα λεπτά εδάφη παρακάτω. Αυτή η μέθοδος εμποδίζει την υποβάθμιση του υπεδάφους και βελτιώνει την αποστράγγιση των επιφανειακών οδών. Τα υφαντά γεωυφάσματα επιτρέπουν στα αδρανή στρώματα να διατηρήσουν το αρχικό τους πάχος παρά τις δυσκολίες της μεγάλης κυκλοφορίας φορτηγών. Τα υφαντά γεωυφάσματα είναι αποτελεσματικά στον έλεγχο της απορροής ιζημάτων στα εργοτάξια αν τα γεωυφάσματα στερεώνονται σε στύλους και έχουν εγκατασταθεί σωστά.



Εικόνα 2.4 Είδη των γεωφασμάτων (υφαντά, μη υφαντά και πλεκτά)

Γενικά, τα γεωφάσματα ανάλογα με το αν διακρίνονται σε υφαντά ή μη υφαντά παρουσιάζουν τις παρακάτω διαφορές :

- Τα μη υφαντά γεωφάσματα παρουσιάζουν γενικά ισότροπη συμπεριφορά σε αντίθεση με τα υφαντά που έχουν υψηλό ποσοστό ανισοτροπίας.
- Τα υφαντά γεωφάσματα παρουσιάζουν μικρή παραμορφωσιμότητα αν και αυτό είναι μειονέκτημα διότι στα γεωφάσματα αυτό που απαιτείται είναι η ευκαμψία του και η παραλαβή των σημαντικών παραμορφώσεων.
- Τα υφαντά γεωφάσματα έχουν μεγαλύτερη αντοχή από τα μη υφαντά, όμως λόγω της ανισοτροπίας τους αυτή η αντοχή είναι μεγαλύτερη μόνο ως προς την ευνοϊκή κατεύθυνση των ινών και όχι ως προς την δυσμενή.
- Τα μη υφαντά γεωφάσματα παρουσιάζουν μεγάλο εύρος των πόρων και έτσι δίνει σε αυτά πολύ καλές διηθητικές ικανότητες.

Η χρήση υφαντών ή μη υφαντών κρίνεται ανάλογα με το πρόβλημα που έχεις να αντιμετωπίσεις στην κατασκευή σου. Για παράδειγμα υφαντά γεωφάσματα χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις ενίσχυσης του εδάφους λόγω του ότι παρουσιάζει μικρή παραμορφωσιμότητα, ενώ τα μη υφαντά χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται υψηλές παραμορφώσεις, όπως σε αποστραγγίσεις στην βάση υψηλών επιχωμάτων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

Στην Ελλάδα, χρησιμοποιούνται εργαστηριακές δοκιμές με τις Αμερικάνικες προδιαγραφές ASTM (American Standards for Testing Materials) για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων που καθορίζουν τον τύπο των γεωφασμάτων. Εκ των οποίων οι χαρακτηριστικές ιδιότητες είναι :

- το βάρος ανά επιφάνεια : 100-500 gr/m²
- το πάχος, κυμαινόμενο μεταξύ 0,5 και 7,5 mm

- το άνοιγμα βροχίδας, συνήθως μεταξύ 0,1 και 0,5mm η υδατοπερατότητα

Η κύρια μηχανική ιδιότητα των γεωφασμάτων είναι η εφελκυστική αντοχή η οποία και χαρακτηρίζει, ουσιαστικά, το κάθε είδος γεωφάσματος. Το εύρος των τιμών είναι πολύ μεγάλο ενώ για τις εφαρμογές οδοποιίας, οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 2 και 50 kN/m. Σε ειδικές περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται και γεωφάσματα μεγαλύτερης αντοχής. Ακόμη, μηχανικές ιδιότητες που καθορίζουν τον τύπο του γεωφάσματος είναι :

- η επιμήκυνση στο όριο διαρροής (elongation at break), $\Delta l = 50-100\%$
- η αντοχή διάτρησης (static puncture), $SP = 150-500 \text{ N}$
- η τραπεζοειδής διάτμηση (tear resistance), $TR = 100-50 \text{ N}$

Τέλος, η αντίσταση σε υπεριώδη ακτινοβολία που συχνά εκφράζεται ως ποσοστό της παραμένουσας αντοχής μετά από έκθεση 500 ωρών αποτελεί επίσης ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για κάποιες εφαρμογές. Οι αντίστοιχες προδιαγραφές απαιτούν το ποσοστό αυτό να μην είναι μικρότερο από 70 %.

Ο ποιοτικός έλεγχος των γεωφασμάτων γίνεται για την εξακρίβωση της ποιότητας και την καταλληλότητα του για την χρήση του σε ένα τεχνικό έργο. Λόγω του μεγάλου εύρους χρήσης των γεωφασμάτων σε τεχνικά έργα, έχουν κατασκευαστεί διάφοροι τύποι γεωφασμάτων, τα οποία έχουν και διαφορετικές ιδιότητες μεταξύ τους. Οι ιδιότητες αυτές ουσιαστικά πιστοποιούν την ποιότητα των γεωφασμάτων και οι πιο σημαντικές που ελέγχονται είναι οι εξής:

- Γεωμετρικές ιδιότητες όπως το πάχος και το βάρος.
- Υδραυλικές ιδιότητες που αναφέρονται στην διαπερατότητα.
- Μηχανικές ιδιότητες που έχουν σχέση με την αντίσταση που παρουσιάζει σε μηχανική καταπόνηση από επιβαλλόμενα φορτία.
- Ιδιότητες ανθεκτικότητας στο χρόνο κατά την χρήση και του βαθμού αποδόμησης του λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων.

Μερικές από τις πιο σημαντικές ιδιότητες και δοκιμές ποιοτικού ελέγχου των γεωφασμάτων αναλύονται παρακάτω :

α) Διαπερατότητα : είναι από τις πιο σημαντικές ιδιότητες και αναφέρονται στην ροή κάθετα και παράλληλα στην επιφάνεια του γεωφάσματος. Γενικά, η ροή παράλληλα στην επιφάνεια του αναφέρεται μόνο για τα μη υφαντά γεωφάσματα. Η διαπερατότητα του γεωφάσματος πρέπει να είναι υψηλότερη από αυτήν του εδάφους ώστε να μην αναπτύσσονται πιέσεις πόρων. Θα πρέπει να ισχύει ότι :

$$k \text{ (γεωφάσματος)} \text{ μεγαλύτερο ή ίσο του } 10 \text{ επί } k \text{ (εδάφους)}$$

β) Πορομετρία : αποτελεί το μέτρο του μεγέθους των πόρων του γεωφάσματος και υπολογίζεται με το ποσοστό του βάρους τουλάχιστον 100 γραμμαρίων συγκεκριμένης διαμέτρου γυάλινων σφαιριδίων που έχουν 10 διαφορετικές διαμέτρους που με κοσκίνισμα χρόνου 10 λεπτών διαπερνούν το γεωφάσμα. Έτσι, σχεδιάζεται η αθροιστική καμπύλη συχνότητας των ποσοστών των συγκρατούμενων σφαιριδίων σε συνάρτηση με τη διάμετρό τους. Αυτή η καμπύλη ονομάζεται πορομετρική καμπύλη

και είναι αντίστοιχη με την κοκκομετρική. Από την καμπύλη αυτή υπολογίζουμε το O90 που είναι το 90% του συγκρατούμενου στην πορομετρική καμπύλη.

γ) Αντοχή σε εφελκυσμό και επιμήκυνση : Ο προσδιορισμός αυτών των παραμέτρων είναι σημαντικός ώστε να γίνει εκτίμηση της ενίσχυσης που θα προκαλέσει το γεωφάσμα επιτόπου στην κατασκευή. Η εκτίμηση τους πρέπει να γίνεται τόσο κατά μήκος όσο και εγκάρσια των ινών. Η αντοχή του γεωφάσματος είναι διαφορετική σαφώς στα υφαντά σε σχέση με τα μη υφαντά γεωφάσματα αλλά και στη διαφορετική ανάλογα με το αν τα φορτία εφαρμόζονται κατά μήκος ή εγκάρσια των ινών του γεωφάσματος (στα υφαντά κυρίως).

δ) Αντίσταση σε διάτρηση : Αυτή η παράμετρος εκτιμάται με την δοκιμή πτώσης κώνου. Σε αυτήν την δοκιμή ένας κώνος 45 μοιρών και βάρους 8 κιλών πέφτει από ύψος 50 εκατοστών σε τετωμένο γεωφάσμα και έπειτα μετράται η διάμετρος της οπής όπου έχει διανοίξει ο κώνος. Ένας άλλος τρόπος μέτρησης της αντίστασης σε διάτρηση είναι με το έμβολο CBR. Σε αυτήν τη δοκιμή γίνεται διάτρηση με το έμβολο σε διαστάσεις 20 X 20 cm τετωμένου γεωφάσματος με σταθερή ταχύτητα διείσδυσης και μετράται η δύναμη θραύσης του γεωφάσματος.

2.4 ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΕΣ

Οι γεωμεμβράνες αντιπροσωπεύουν την άλλη μεγαλύτερη ομάδα των γεωσυνθετικών και σε πωλήσεις είναι μεγαλύτερες από αυτές των γεωφασμάτων. Είναι μικρού πάχους αδιαπέραστα φύλλα που αποτελούνται από ελαστικά θερμοπλαστικά πολυμερή. Οι συνηθέστεροι τύποι γεωμεμβρανών κατασκευάζονται από πολυαιθυλένιο (PE) ή χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC). Χρησιμοποιούνται κυρίως για επικαλύψεις ή επενδύσεις αποθηκευτικών εγκαταστάσεων, υγρών ή και στερεών. Αυτό περιλαμβάνει όλους τους τύπους υγειονομικής ταφής, επιφανειακές κατακρημνίσεις, κανάλια και άλλες εγκαταστάσεις περιορισμού. Το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων, σε ποσοστό 40 με 50%, κατασκευάζεται από πολυαιθυλένιο, το 15-20% από χλωριωμένο και χλωροθειωμένο πολυαιθυλένιο και το 25-30% των προϊόντων από πολυβινυλοχλωρίδιο. Πρόκειται για συνεχή και λεπτά φύλλα που χρησιμοποιούνται ως βασικό υλικό στεγανοποίησης κυρίως σε έργα ύδρευσης και άρδευσης, προστασίας του περιβάλλοντος από διαρροή υγρών ή αερίων και γενικά σε έργα αποθήκευσης νερού με σκοπό τα ύδατα να κατευθυνθούν σε συγκεκριμένες διαδρομές. Το εύρος των εφαρμογών, ωστόσο, είναι μεγάλο και εκτός από την περιβαλλοντική περιοχή οι εφαρμογές αναπτύσσονται ραγδαία στη γεωτεχνική, τη μεταφορά, την υδραυλική και την ιδιωτική ανάπτυξη (όπως υδατοκαλλιέργεια, γεωργία, εξόρυξη σωρών, κτλ).



Εικόνα 2.5 Διάφορα είδη γεωμεμβρανών

Οι σημαντικότερες μηχανικές ιδιότητες, ως επί το πλείστον, είναι η εφελκυστική αντοχή και η τραπεζοειδής διάτμηση ενώ οι φυσικές ιδιότητες είναι το πάχος, η πυκνότητα, ο δείκτης τήξης (melt index) και η τραχύτητα.

Οι γεωμεμβράνες χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Κρυσταλλικές HDPE,LLDPE

Είναι κατασκευασμένες από πολυμερή (υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο), έχουν μια σχετική ακαμψία σε σχέση με τις υπόλοιπες γεωμεμβράνες και σχεδιάστηκαν με σκοπό κυρίως την χρήση τους σε Χ.Υ.Τ.Α λόγω της μεγάλης αντοχής του υλικού στις χημικές επιδράσεις. Διαστρώνονται ελεύθερα στα πρανή με διεύθυνση από την κορυφή προς τον πυθμένα, έπειτα προκειμένου να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος παραμένουν για 20 min το ελάχιστο χωρίς να πραγματοποιηθεί κάποια άλλη διεργασία.

- Πλαστικές PVC

Πρόκειται για κατασκευασμένες γεωμεμβράνες από άμορφο πολυμερές (πολυβινυλοχλωρίδιο ή αλλιώς χλωριούχο πολυβινύλιο), οι οποίες περιέχουν πλαστικοποιητές ώστε να αποκτήσουν ευκαμψία ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε σήραγγες, σε στεγανολεκάνες γενικά σε κατασκευές εντός του εδάφους και στα έργα που η μεμβράνη πρέπει να ακολουθήσει επακριβώς της λεπτομέρειες στο ανάγλυφο του υποστρώματος όπως για παράδειγμα γωνίες και απότομες αλλαγές της διεύθυνσης. Θερμοσυγκολλούνται εύκολα, έχουν ελαστικότητα και καλή αντοχή στις χημικές προσβολές, στην φωτιά, στα βακτήρια, στο σχίσιμο, στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και στην γήρανση. Τα τελευταία χρόνια κυκλοφορούν στην αγορά γεωμεμβράνες από ανακυκλωμένο PVC, το οποίο

όμως διαθέτει μικρότερες μηχανικές αντοχές που είναι κατάλληλες μόνο σε κατασκευές έργων υποδομής και όχι για παράδειγμα για κτιριακές εφαρμογές.

- Πολυολεφίνης TPO κυρίως PP

Κατασκευάζονται από μίγμα αιθυλενίου και προπυλενίου που συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα όλων των υλικών και να παρέχουν ελαστικότητα αλλά και αντοχή έναντι των χημικών προσβολών. Σχεδιάστηκαν με σκοπό να αντικαταστήσουν μεγάλο μέρος των μεμβρανών PVC.

Ο σημαντικότερος παράγοντας για την σωστή λειτουργία των γεωμεμβρανών είναι η συνδεσμολογία των ενώσεων. Για αυτό το λόγο υπάρχουν διάφορες τεχνικές ένωσης ανάλογα με τον τύπο του έργου και την σύσταση του υλικού, όπως οι θερμικές, οι χημικές και η συγκόλληση.

Υπάρχουν δύο τρόποι θερμοσυγκόλλησης οι οποίοι είναι :

1. Με εξέλαση εν θερμώ (extrusion welding)
2. Θερμοσυγκόλληση πυρήνα

Οι γεωμεμβράνες κατασκευάζονται από σχετικά λεπτά συνεχόμενα πολυμερή φύλλα, αλλά μπορούν επίσης να κατασκευαστούν από τον εμποτισμό αυτών με άσφαλτο. Η κατασκευή τους ξεκινά με την παραγωγή των πρώτων υλών, που περιλαμβάνουν την πολυμερή ρητίνη και διάφορα πρόσθετα όπως αντιοξειδωτικά, πλαστικοποιητές, πληρωτικά, αιθάλη και λιπαντικά (ως βοηθητικό μέσο επεξεργασίας). Αυτές οι πρώτες ύλες, στη συνέχεια, υποβάλλονται σε επεξεργασία σε φύλλα διαφόρων πλάτους και πάχους με εξώθηση, καλάντερ και / ή επικάλυψη. Το θέμα των ενώσεων και της συνδεσμολογίας είναι ιδιαίτερα σοβαρό ζήτημα για τη σωστή λειτουργία των γεωμεμβρανών. Ανάλογα με τη σύσταση του υλικού και το έργο για το οποίο προορίζεται η γεωμεμβράνη εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές ενώσεων όπως οι θερμικές, οι χημικές ενώσεις και οι συγκολλήσεις.

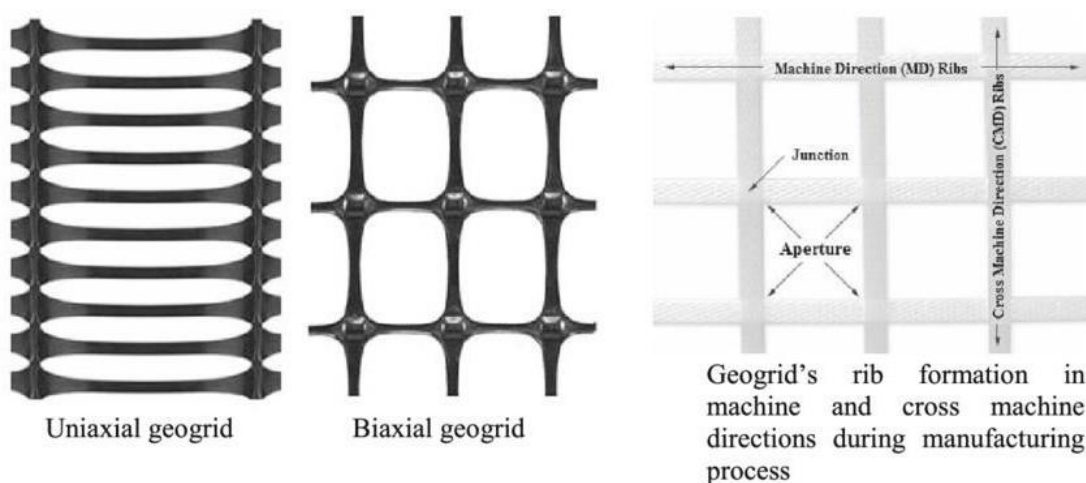
Εικόνα 2.6 Τοποθέτηση γεωμεμβράνης σε έργο στην Ολλανδία



2.5 ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΑ

Τα γεωπλέγματα αποτελούν ένα αναπτυσσόμενο κλάδο των γεω-συνθετικών υλικών. Πρόκειται για πολυμερή υλικά παραγόμενα από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο που αποτελούνται από παράλληλες, διατεταγμένες σε κάρναβο ίνες (ribs), με ενδιάμεσα ανοίγματα ίσης απόστασης ώστε να επιτρέπεται δια μέσου αυτών την αλληλοεπίδραση των κόκκων του εδάφους. Το πιο σημαντικό στοιχείο όλων των γεωπλεγμάτων είναι τα ανοίγματά τους, τα κενά δηλαδή μεταξύ τους στους κόμβους και επομένως σημαντική δεν είναι μόνο η αντοχή των μελών αλλά και των κόμβων.

Κατασκευάζονται με τρεις διαφορετικές μεθόδους : είτε με νήματα πολυεστέρα που υφαίνονται ή πλέκονται σε μορφή καννάβου και καλύπτονται με ακρυλικό ή PVC, είτε με λωρίδες πολυμερούς οι οποίες συγκολλούνται σε μορφή καννάβου, είτε με βαριά φύλλα πολυπροπυλενίου με υψηλή πυκνότητα πολυαιθυλενίου, πάχους συνήθως από 0,5 έως 1,5 mm, με την μέθοδο της εξώθησης για τη δημιουργία μιας διάτρητης επιφάνειας σε καθορισμένα σχήματα με διάμετρο ανοίγματος που κυμαίνεται από 10 έως και 70mm. Η διαδικασία παραγωγής τους περιλαμβάνει αρχική επεξεργασία σε βαριά φύλλα πολυαιθυλενίου ή πολυπροπυλενίου, πάχους συνήθως από 4 έως 6 mm τα οποία διατρύονται σε καθορισμένα σχήματα και στη συνέχεια, μέσω θερμικής κατεργασίας εφελκούνται κατά μήκος ενός ή δύο αξόνων. Κατά την διαδικασία αυτή ελέγχονται τόσο η θερμοκρασία όσο και οι παραμορφώσεις ώστε να αποφευχθεί η διαρροή του υλικού στην κατάσταση επιμήκυνσης. Εφόσον οι ίνες των γεωπλεγμάτων είναι διατεταγμένες κατά μήκος ενός άξονα αυτά καλούνται μονοαξονικά (uniaxial), ενώ αν είναι διατεταγμένες κατά μήκος δύο κάθετων αξόνων καλούνται (biaxial). Οι ίνες των γεωπλεγμάτων, επιμήκεις και εγκάρσιες, είναι δυνατό να κατασκευαστούν από μια σειρά διαφορετικών υλικών. Τις περισσότερες φορές είναι πιο δύσκαμπτες από τις ίνες των γεωφασμάτων ενώ οι συνδέσεις τους γίνονται με μηχανικές ή θερμικές μεθόδους.



Εικόνα 2.7 Είδη γεωπλεγμάτων (μονοαξονικά, διαξονικά)

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Τα γεωπλέγματα βρίσκουν πολλές εφαρμογές στα τεχνικά έργα και ιδιαίτερα στην οδοποιία με βασική όμως λειτουργία την ενίσχυση και την όπλιση του εδάφους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των εφαρμογών αποτελούν τα οπλισμένα επιχώματα στο χώρο των γεωκατασκευών, οι οπλισμένες στρώσεις ασφαλτοτάπητων στο χώρο των ασφαλτικών και οι ενισχυμένες στρώσεις έδρασης στο χώρο των οδοστρωμάτων. Η αντοχή τους είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα γεωφάσματα. Σπάνια αναλαμβάνουν και τον διαχωρισμό των εδαφών.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΩΝ

Πολλές από τις φυσικές ιδιότητες των γεωπλεγμάτων μπορούν να μετρηθούν σχετικά απλά, όπως η δομή τους, ο τύπος της σύνδεσής τους, το μέγεθος του ανοίγματος (10-70 mm), το πάχος τους (0,5-1,5 mm), το ποσοστό των κενών επιφάνειας που κυμαίνεται από 40 έως 95% και το ειδικό βάρος που έχει μεγάλο εύρος διακύμανσης (από 200 έως 1000 gr/m²). Μια επίσης φυσική ιδιότητα των γεωπλεγμάτων που είναι ιδιαίτερης σημασίας είναι η δυσκαμψία (stiffness), που προσδιορίζεται με τη μέθοδο ASTM D1388.

Πρόκειται για ποσοτική μέθοδο προσδιορισμού της δυσκαμψίας των γεωπλεγμάτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον ποιοτικό διαχωρισμό των γεωπλεγμάτων σε δύο τύπους:

- τα δύσκαμπτα (stiff) γεωπλέγματα. που κατασκευάζονται κυρίως από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο και χαρακτηρίζονται από τιμές καμπτικής αντοχής (flexural rigidity) μεγαλύτερες από 1000 gr/cm
- τα εύκαμπτα (flexible) γεωπλέγματα, των οποίων η κατασκευή περιλαμβάνει την διαδικασία παραγωγής του υφάσματος από υλικά όπως ο πολυεστέρας, το νάιλον και οι ίνες γυαλιού (fiberglass). Χαρακτηρίζονται από τιμές καμπτικής αντοχής μικρότερες των 1000gr/cm.

Οι πιο σημαντικές μηχανικές ιδιότητες των γεωπλεγμάτων είναι η εφελκυστική αντοχή (tensile strength), η επιμήκυνση στο όριο θραύσης και η αντίσταση εξόλκευσης (pullout resistance). Οι χαρακτηριστικές τιμές αντοχής ανάλογα με τον τύπο του γεω-πλέγματος προσδιορίζονται κατά τη μια ή κατά τις δύο διευθύνσεις από αντίστοιχες δοκιμές (ASTM D4595) μέσω των οποίων προσδιορίζονται επίσης οι αναπτυσσόμενες τάσεις εφελκυσμού σε επιμήκυνση 5% ή 10% καθώς και η επιμήκυνση στο όριο διαρροής. Αν και το πεδίο τιμών των παραμέτρων αυτών είναι ιδιαίτερα μεγάλο ωστόσο στις συνήθεις εφαρμογές παρατηρείται :

- εφελκυστική αντοχή $R_t=20-400$ kN/m
- επιμήκυνση στο όριο διαρροής

- η αντίσταση εξόλκευσης (pullout resistance), προσδιορίζεται εργαστηριακά για κάθε γεώπλεγμα σε συνδυασμό με το έδαφος (τοποθετείται ως ενίσχυση)

Οι τιμές της παραμέτρου αυτής εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του γεωπλέγματος (υφή, πλέξη, άνοιγμα βροχίδας) και από τη γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους.

2.6 ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΑ

Τα γεωσύνθετα αποτελούν έναν συνδυασμό των βέλτιστων χαρακτηριστικών, διαφορετικών μεταξύ τους υλικών, με τέτοιο τρόπο ώστε η εφαρμογή του παραγόμενου σύνθετου προϊόντος σε διάφορες κατασκευές να είναι η καλύτερη δυνατή. Χάρη στην υψηλή απόδοσή τους μπορούν να επιτελέσουν όλες τις λειτουργίες των γεωσυνθετικών.

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται όλα τα βιομηχανικά προϊόντα που παράγονται με θερμοσυγκόλληση και προέρχονται είτε από τον συνδυασμό δύο ή περισσότερων γεωσυνθετικών υλικών από τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω είτε από τον συνδυασμό μίας από τις κατηγορίες με κάποιο άλλο υλικό (φυτικές ίνες, μπετονίτη, άμμος, σκυρόδεμα, μεταλλικά καλώδια, γεωδίκτυα, κλπ.). Οι δυνατοί συνδυασμοί των γεωσυνθετικών μπορεί να είναι: τα γεωφάσματα με γεωδίκτυο όπου παρέχουν βελτιωμένη συμπεριφορά στον διαχωρισμό και το φιλτράρισμα σε σχέση με το απλό γεωφάσμα, η γεωμεμβράνη με γεωφάσμα είτε στη μία είτε και στις δύο πλευρές της όπου προσφέρει αυξημένη αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις (διάτρηση, διάρρηξη κ.λπ.), αυξημένη φαινόμενη γωνία τριβής και στραγγιστικές ικανότητες όταν έχει αρκετό πάχος, το γεώπλεγμα με μη υφαντό γεωφάσμα, οι γεωκυψέλες οι οποίες είναι τρισδιάστατες κατασκευές που πληρώνονται με εδαφικά υλικά και προσφέρουν βελτίωση της φέρουσας ικανότητας και κινητικότητας των οχημάτων στα χαλαρά εδάφη, οι γεωσυνθετικές αργυλικές στρώσεις οι οποίες παρέχουν στεγανοποίηση με φραγμό των υγρών, χρησιμοποιούνται συνήθως στην κάλυψη χωματερών και αποτελούνται από πυρήνα μπετονίτη κοκκώδους μορφής σε διάφορα πάχη ο οποίος είτε είναι επικολλημένος ή ραμμένος σε γεωμεμβράνη είτε τοποθετημένος με ελεύθερη διάστρωση μεταξύ φύλλων γεωφασμάτων διαφόρων τύπων. Σε περιβάλλον υγρασίας ή νερού ο μπετονίτης που διογκώνεται αυτόματα κατά την εφαρμογή του και εξασφαλίζει με τα γεωσύνθετα αυτοσφράγιση ακόμα και σε σημεία με μηχανικές βλάβες.

Τα γεωσύνθετα προσφέρουν εξοικονόμηση χρόνου στις κατασκευές χάρη στην εύκολη εφαρμογή τους και χρησιμοποιούνται τόσο σε εύκαμπτα όσο και σε δύσκαμπτα οδοστρώματα με σκοπό την μείωση του πάχους του υλικού πλήρωσης για την βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους, για την ενίσχυση της δομής των κοκκώδων εδαφών χάρη στην υψηλή εφελκυστική αντοχή τους ενώ παράλληλα συμβάλλουν στον διαχωρισμό και στην διήθηση. Ο τρόπος με τον οποίο επιστρώνονται εξαρτάται από το είδος του γεωσύνθετου, συνήθως όμως

τοποθετούνται ελεύθερα διότι ακόμα και με την ύπαρξη γεωμεμβράνης δεν χρησιμοποιούνται για να γίνει στεγάνωση στο έδαφος.

2.7 ΓΕΩΔΙΚΤΥΑ

Τα γεωδίκτυα μοιάζουν με τα γεωπλέγματα αλλά αποτελούνται είτε από έναν δισδιάστατο ή τρισδιάστατο ανοιχτό φορέα είτε από έναν κλειστό φορέα με προεξοχές στη μία ή στις δύο πλευρές, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την στράγγιση υγρών (ροή στο επίπεδό τους) και μπορούν να διαστρωθούν ελεύθερα πάνω ή κάτω από τα γεωσυνθετικά υλικά. Τα δισδιάστατα γεωδίκτυα αποτελούνται από δύο τεμνόμενους κλώνους υπό γωνία 60 μοιρών και παρέχουν υψηλή παροχευτικότητα σε όλες τις κατευθύνσεις (κάθετα ή οριζόντια στο επίπεδο) ενώ τα τρισδιάστατα αποτελούνται από τρεις τεμνομένους κλώνους, δηλαδή οι δυο υπό γωνία 60 μοιρών όπως οι δισδιάστατοι και επιπλέον ένας στη μέση αυτών, οι οποίοι δημιουργούν κανάλια που επιτρέπουν την ροή ακόμα και κάτω υπό υψηλή πίεση και μικρές κλίσεις, παρέχοντας υψηλό επίπεδο παροχευτικότητας. Πρόκειται για σχετικά πυκνές δομές με μεγάλα ανοίγματα (5-9mm) που μοιάζουν με δίχτυα. Παρά την ομοιότητά τους όσο αναφορά στην δομή με τα γεωπλέγματα αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία αφού καλούνται να εκτελέσουν διαφορετικές λειτουργίες. Πιο συγκεκριμένα τα μεν γεωδίκτυα χρησιμοποιούνται για στράγγιση τα δε γεωπλέγματα για ενίσχυση. Τα γεωδίκτυα διαθέτουν και αυτά ικανοποιητική εφελκυστική αντοχή παρόλο που η χρήση τους αφορά μόνο στη στράγγιση. Το πολυμερές από το οποίο είναι φτιαγμένα σχεδόν όλα τα γεωδίκτυα, είναι τα HDPE, δηλαδή υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο. Χωρίζονται και συναντώνται στην αγορά κυρίως σε τρεις κατηγορίες :

1. δισδιάστατα (2D) από συμπαγή μέλη, τα πλέον χρησιμοποιούμενα
2. δισδιάστατα (2D) με πορώδη μέλη, μεγαλύτερου συνολικού πάχους και συνεπώς μεγαλύτερης παροχευσιμότητας
3. τρισδιάστατα (3D) από συμπαγή μέλη, που επιτρέπουν υψηλή ροή κατά μήκος των κεντρικών μελών, με ταυτόχρονη δυνατότητα ανάληψης υψηλών τάσεων.



(a) Biplanar geonets



(b) Triplanar geonets



(c) Other geonets (boxshaped channels and protruding columns)

Εικόνα 2.8 Διάφορα είδη γεωδικτύων

2.8 ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΑΡΓΙΛΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ

Αποτελεί έναν ακόμη συνδυασμό πολυμερών και φυσικών υλικών. Διατίθενται σε ρολό από λεπτά προκατασκευασμένα φύλλα μπετονίτη, τα οποία τα βρίσκουμε ανάμεσα σε γεωφάσματα ή γεωμεμβράνες, υλικά δηλαδή μικρής διαπερατότητας. Η ακεραιότητά τους όσον αφορά στην δομή αυτού σύνθετου υλικού επιτυγχάνεται με τρεις μεθόδους : τη μηχανική πλοκή, το ράψιμο και τη φυσική ένωση. Κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στις ΗΠΑ το 1988 ως ενίσχυση στις γεωμεμβράνες και από τότε η χρήση τους έχει αυξηθεί ραγδαία. Διαθέτουν μεγάλη παραμορφωσιμότητα μια ιδιότητα που καθιστά αποτελεσματική την χρήση τους σε εγκαταστάσεις ελέγχου ρύπανσης (π.χ σε στεγάνωση Χ.Υ.Τ.Α).

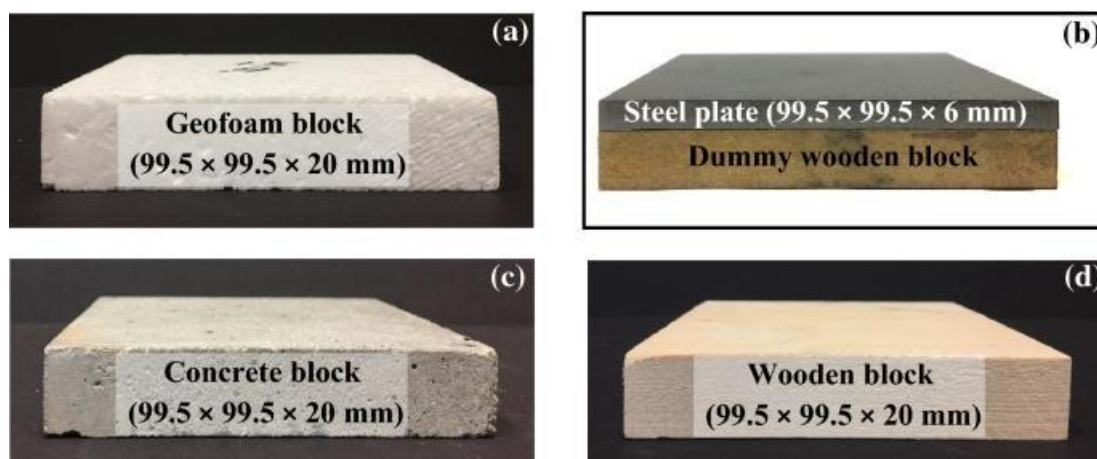


Εικόνα 2.9 Είδη γεωσυνθετικών αργιλικών μεμβρανών

2.9 ΓΕΩΑΦΡΟΣ

Παράγεται βιομηχανικά και έχει τη μορφή ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου πρίσματος και εντάσσεται στην κατηγορία των γεωσυνθετικών υλικών και αποτελείται από πολυεδρικές κυψέλες διογκωμένου πολυστυρένιου EPS, οι οποίες είναι συγκολλημένες θερμικά. Η μηχανική συμπεριφορά των γεωαφρών EPS καθορίζεται από την συμπεριφορά των κυψελών τους (δομικές μονάδες). Μερικές φορές όμως παρουσιάζονται ανομοιομορφίες που μπορούν να παρουσιαστούν στο σχήμα και στο μέγεθος των κυψελών είναι δυνατό να προκαλέσουν δυσμενείς

επιπτώσεις. Οι διαστάσεις των βιομηχανικά προκατασκευασθέντων πρισμάτων γεωαφρού EPS, έχουν μήκος από 2-4 m, πλάτος από 1-2 m και ύψος 0,5 m ενώ η πυκνότητά τους κυμαίνεται μεταξύ 10 και 40 Kg/m² (φυσικές ιδιότητες). Παρά τις μεγάλες διαστάσεις του ο γεωαφρός είναι ένα υλικό πάρα πολύ ελαφρύ και η ιδιότητά του αυτή εκμεταλλεύτηκαν πρώτοι οι Νορβηγοί το 1972 και κατά συνέπεια όλη η Σκανδιναβία. Αργότερα η χρήση του εξαπλώθηκε σε Ιαπωνία, Νότια Ασία και Αμερική.



Εικόνα 2.10 Διαφορές του γεωαφρού με τα υπόλοιπα υλικά

Οι γεωαφροί μπορούν να προσφέρουν διάφορες λύσεις στον σχεδιασμό πολλών κατασκευών οι οποίες χαρακτηρίζονται από : τεχνική πληρότητα, ασφάλεια, οικονομία κατασκευής αλλά και συντήρησης, μείωση χρόνου αλλά και κόστους. Αναφέρεται η χρήση τους από την δεκαετία του '50, όταν στρώσεις γεωαφρού χρησιμοποιούνταν ως θερμομονωτικά υλικά με σκοπό την αντιμετώπιση της διεύθυνσης του παγετού στο έδαφος θεμελίωσης.

Οι κατηγορίες των ελαφρών επιχωμάτων στις οποίες γίνεται χρήση γεωαφρού EPS είναι :

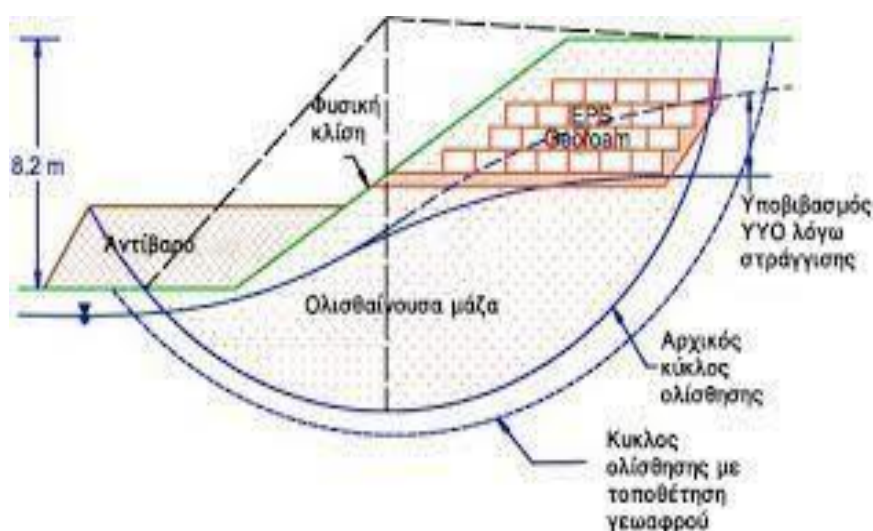
- Επιχώματα οδοποιίας
- Μεταβατικά επιχώματα γεφυρών
- Επιχώματα αποκατάστασης/βελτίωσης ευστάθειας ολισθαινόντων πρανών οδοποιίας (με σκοπό την ταχεία αποκατάσταση των οδών σε περιοχές κατολισθήσεων)
- Ελαφρά επιχώματα πάνω από υπόγειες κατασκευές
- Ελαφρά επιχώματα για διαμόρφωση τοπίων

ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΓΕΩΑΦΡΟΥ

Είναι ελαφρύτεροι από το νερό για αυτό το λόγο προτείνεται η τοποθέτηση χονδρόκοκκων αδρανών στη βάση και στις παρειές του επιχώματος της οδού που θα αναλάβουν τον ρόλο του κατακόρυφου στραγγιστηρίου. Με τη χρήση τους

μειώνονται ή δεν απαιτούνται οι χρονοβόρες εργασίες διαμόρφωσης με σκοπό την βελτίωση του συμπιεστού φυσικού εδάφους (π.χ. επιχώματα προφόρτισης, στερεοποίηση κλπ) με αποτέλεσμα να μειώνεται ο χρόνος κατασκευής. Επιπλέον μειώνεται το κόστος συντήρησης κατά την λειτουργία του έργου καθώς και τα προβλήματα καθιζήσεων. Ο γεωαφρός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή κατακόρυφου μετώπου, την αύξηση του συντελεστή ασφαλείας του πρανούς καθώς και την μείωση της μάζας ολίσθησης (ερπυστική), όταν οι συμβατικές γεωτεχνικές μέθοδοι είναι αναποτελεσματικές. Οι ελεύθερες επιφάνειες του γεωαφρού πρέπει να καλύπτονται με ειδικές γεωμεμβράνες με σκοπό την αποφυγή διάβρωσης λόγω της επαφής με πετρελαϊκά προϊόντα όπως είναι τα λάδια, οι βενζίνες κ.λπ.

Χρησιμοποιείται και ως παρέμβλημα της μείωσης εδαφικών ωθήσεων που ασκούνται από το έδαφος στις κατασκευές αντιστήριξης. Πιο συγκεκριμένα, η παρεμβολή πλάκας γεωαφρού EPS μεταξύ εδάφους και κατασκευής αντιστήριξης επιτρέπει την οριζόντια παραμόρφωση του εδάφους και την μείωση των φορτίων που ασκούνται από το έδαφος στην κατασκευή καθώς μερικές φορές λειτουργεί και σαν αποσβεστήρας ταλαντώσεων.



Εικόνα 2.11 Σκαρίφημα με την χρήση του γεωαφρού

2.10 ΓΕΩ-ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι γεωτάπητες, οι γεώσακοι και οι γεωκυψέλες. Οι γεωσωλήνες είναι ίσως τα αυθεντικά γεωσυνθετικά υλικά που ακόμα είναι διαθέσιμα μιας και βρίσκουν εφαρμογές σε πολλά έργα πολιτικών μηχανικών όπως για παράδειγμα τα γεωτεχνικά, υδραυλικά, περιβαλλοντικά και έργα οδοποιίας. Είναι ευρέως χρησιμοποιούμενοι και είναι φτιαγμένοι συνήθως από HDPE και PVC.

Εικόνα 2.12 Χρήση γεώσακων για την αποφυγή διάβρωσης



Εικόνα 2.13 Χρήση γεωκυψελών σε επίχωμα

3. ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

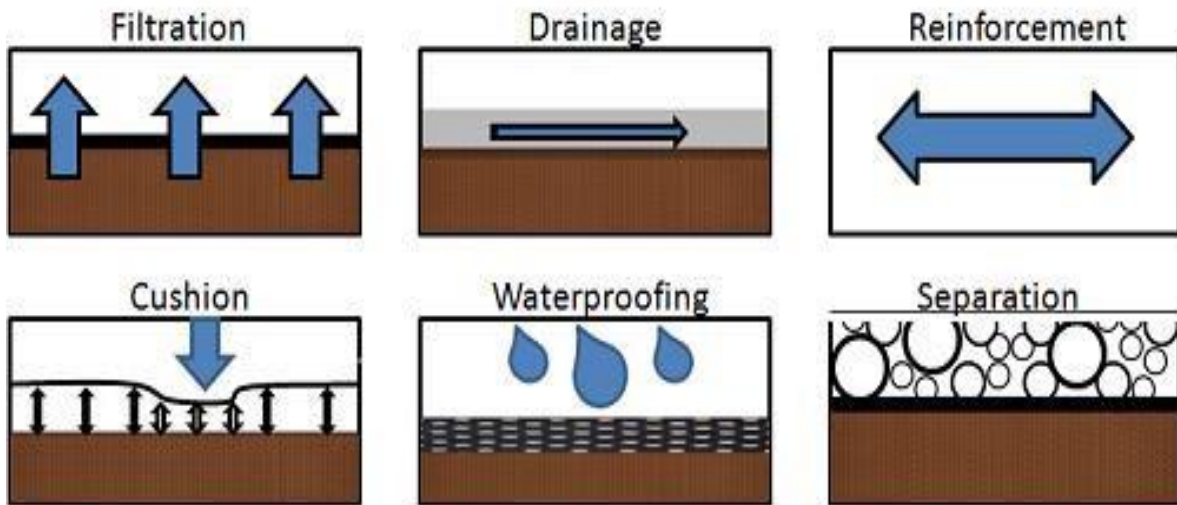
Οι ιδιότητες τους διακρίνονται σε φυσικές σύμφωνα με τη γεωμετρία του υλικού (μονοδιάστατα πλαστικές ή μεταλλικές ράβδοι οπλισμού, δισδιάστατα γεωυφάσματα, γεωπλέγματα, γεωμεμβράνες και τρισδιάστατα γεωκυψέλες, γεωαφροί, γεωσυνθετικά αντιδιαβρωτικής προστασίας κ.λπ.) αλλά και το βάρος του, σε μηχανικές σύμφωνα με την αντίσταση του υλικού στην μηχανική καταπόνηση από επιβαλλόμενα φορτία, σε υδραυλικές σύμφωνα με την κίνηση των ρευστών μέσω του γεωσυνθετικού, ανθεκτικότητας στον χρόνο σύμφωνα με τις συνθήκες μηχανικής καταπόνησης και υδραυλικής φόρτισης σε συνάρτηση με τον χρόνο και τέλος ανθεκτικότητας σε περιβαλλοντικούς παράγοντες ώστε να εντοπίζονται αστοχίες και προβλήματα των γεωσυνθετικών υλικών. Προκειμένου να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία των γεωσυνθετικών η αποθήκευσή τους πρέπει να πραγματοποιείται σε ξηρό και καλά αεριζόμενο μέρος και να προστατεύονται από πυρκαγιά και βροχή.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Βάσει της επίσημης κατηγοριοποίησης (International Geosynthetics Society) τα γεωσυνθετικά υλικά εξυπηρετούν τους εξής βασικούς σκοπούς στα πλαίσια της κατασκευής των τεχνικών έργων :

- Βελτίωση αποστράγγισης (drainage) για την συλλογή και την διοχέτευση υπόγειων υδάτων σε συγκεκριμένες διαδρομές παράλληλα στην επιφάνειά τους,
- Διαχωρισμός (separation) εδαφικών στρώσεων των ανόμοιων υλικών ώστε να λειτουργούν όπως σχεδιάστηκαν,
- Ζώνες διήθησης - λειτουργία ως φίλτρο (filtration) εντός του εδάφους για τη διευθέτηση της ροής των υδάτων κάθετα στην επιφάνειά τους χωρίς απώλεια εδαφικού υλικού,
- Οπλισή (reinforcement) για την βελτίωση της εφελκυστικής αντοχής του εδάφους θεμελίωσης οδοστρωσίας και ασφαλτοταπήτων,
- Ενίσχυση - επένδυση πρανών και επιχωμάτων,
- Προστασία (protection) των γεωμεμβρανών ή άλλων υλικών από αιχμηρά αδρανή με γεωυφάσματα και προστασία επιφανειακής διάβρωσης (superficial erosion control) λόγω απορροής των υδάτων και του ανέμου,

- Συγκράτηση (containment) των εδαφικών κόκκων για την διατήρηση της γεωμετρίας,
- Φραγμός (barriers) για την αποφυγή διαρροής υγρών, στερεών και αερίων.



Εικόνα 3.14 Λειτουργίες των γεωσυνθετικών υλικών

Ενδεικτικά η χρήση τους παρουσιάζεται για κάθε κατηγορία ανά περίπτωση, στον παρακάτω πίνακα.

Τύπος Γεωσυνθετικού	Διαχωρισμός	Οπλισμός	Διήθηση	Στράγγιση	Φραγμός
Γεούφασμα	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Γεωπλέγμα		Ναι			
Γεωδίκτυο				Ναι	
Γεωμεμβράνη					Ναι
Γεωσυνθετικοί Αργιτικοί Φραγμοί					Ναι
Γεωσωλήνας				Ναι	
Γεωαφρός	Ναι				
Γεωσύνθετο	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι

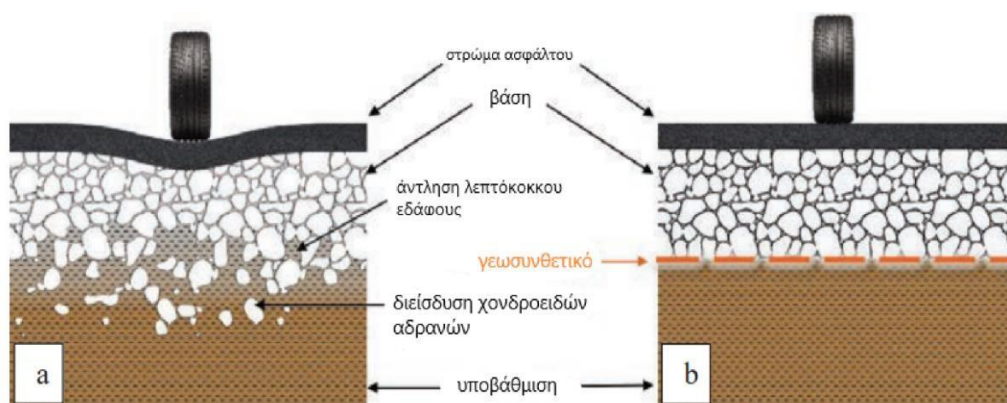
Πίνακας 1.1 Λειτουργίες και τύποι γεωσυνθετικών

ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ

Διαχωρισμός ονομάζεται η χρήση ενός ελαστικού και πορώδους γεωσυνθετικού μεταξύ δύο ανόμοιων γεω-υλικών για την αποφυγή της ανάμιξής τους. Απώτερος

στόχος είναι η διατήρηση της ακεραιότητάς τους όπως και η βελτίωση της απόδοσής τους. Εφόσον, τοποθετούμε χονδρόκοκκο υλικό πάνω σε έδαφος καλά διαβαθμισμένο δύο μηχανισμοί είναι δυνατό να ενεργοποιηθούν : ο πρώτος, προκαλεί την εισχώρηση του λεπτόκοκκου υλικού στα κενά του χονδρόκοκκου καταστρέφοντας την ικανότητα στράγγισης του ενώ στον δεύτερο μηχανισμό το χονδρόκοκκο υλικό προσπαθεί να εισχωρήσει στο λεπτόκοκκο και έτσι χρειάζεται να προστεθεί επιπλέον χονδρόκοκκο υλικό καθώς μέρος του δεν αποτελεί τμήμα της στρώσης του χονδρόκοκκου υλικού. Την λειτουργία του διαχωρισμού μπορούν να την αναλάβουν όλα τα είδη των γεωσυνθετικών υλικών κυρίως όμως επιλέγονται τα γεωσύνθετα και τα μη υφαντά γεωφάσματα από πολυεστέρα, πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο που διαθέτουν ικανοποιητική ελαστικότητα έτσι ώστε να μπορούν να ακολουθήσουν την καθίζηση του εδάφους και να προσφέρουν σταθερότητα και υδατοπερατότητα. Τα γεωσυνθετικά υλικά που κύρια λειτουργία τους είναι ο διαχωρισμός είναι τα γεωφάσματα. Όλα τα γεωσυνθετικά υλικά λειτουργούν και ως διαχωριστικά παράλληλα με την κύρια λειτουργία τους.

Τοποθετούνται στην διεπιφάνεια μεταξύ ανόμοιων υλικών, όπως για παράδειγμα ανάμεσα στην υπόβαση και στο έδαφος έδρασης της οδού, στο έδαφος και τις στρώσεις των αδρανών, στη θεμελίωση σιδηροδρομικής γραμμής και του έρματος, στην έδραση των επιχωμάτων κ.λπ. με σκοπό να αποτρέψουν την ανάμιξη τους, την ανάπτυξη των πιέσεων των πόρων, την αλλοίωση των στρώσεων οδοστρωσίας λόγω της εισχώρησης των λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών τα οποία μειώνουν την αντοχή και την διαπερατότητα τους και την διείδυση των χονδρόκοκκων υλικών στο υπέδαφος. Τα γεωσυνθετικά υλικά για να εξασφαλίσουν τη λειτουργία του διαχωρισμού στην πάροδο του χρόνου θα πρέπει κατά τις διαδικασίες κατασκευής και λειτουργίας να παραμένουν σε καλή κατάσταση, να αντιστέκονται σε αιχμηρά υλικά, να προσαρμόζονται σωστά σε γωνιώδης και απότομες επιφάνειες, να αντέχουν σε ανακλιζόμενες επιφάνειες, να αναλαμβάνουν τις εφελκυστικές παραμορφώσεις καθώς να παραμορφώνονται λόγω των φορτίσεων χωρίς να επέρχεται θραύση.



Εικόνα 3.15 Στην εικόνα (α) φαίνεται η διαφορά της μη χρήσης γεωυφάσματος που γίνεται ανάμιξη των υλικών ενώ στην (β) με το γεωύφασμα δεν γίνεται ανάμιξη των εδαφικών υλικών

Τα οφέλη από τη χρήση των γεωυφασμάτων ως διαχωριστικά υλικά συνοψίζονται παρακάτω :

- Εμποδίζεται η «μόλυνση» στρώσεων οδοστρωσίας ή εξυγιαντικών στρώσεων ή στραγγιστικών στρώσεων από την εισχώρηση λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών που έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση της αντοχής και διαπερατότητας των στρώσεων αυτών.
- Αποφεύγεται η απώλεια των χονδρόκοκκων υλικών με την διείσδυσή τους μέσα στο μαλακότερο έδαφος.
- Αποφεύγεται η ανάπτυξη των πιέσεων πόρων. Στην περίπτωση που δεν γίνεται χρήση κάποιου διαχωριστικού, το νερό καθώς διαπερνά το φυσικό έδαφος προκαλεί μείωση των ενεργών τάσεων και κατά συνέπεια μείωση της συνολικής αντοχής του εδάφους αυτού.

Συμπερασματικά, τα γεωσυνθετικά υλικά που χρησιμοποιούνται ως διαχωριστικά υλικά θα πρέπει:

- ✓ να είναι σε θέση να αναλάβουν εφελκυστικές παραμορφώσεις χωρίς θραύση,
- ✓ να προσαρμόζονται σε ανομοιογενείς επιφάνειες και
- ✓ να παραμένουν άθικτα τόσο κατά την διαδικασία κατασκευής όσο και με την πάροδο του χρόνου ώστε να εξασφαλίζουν την μακροχρόνια λειτουργία του διαχωρισμού.

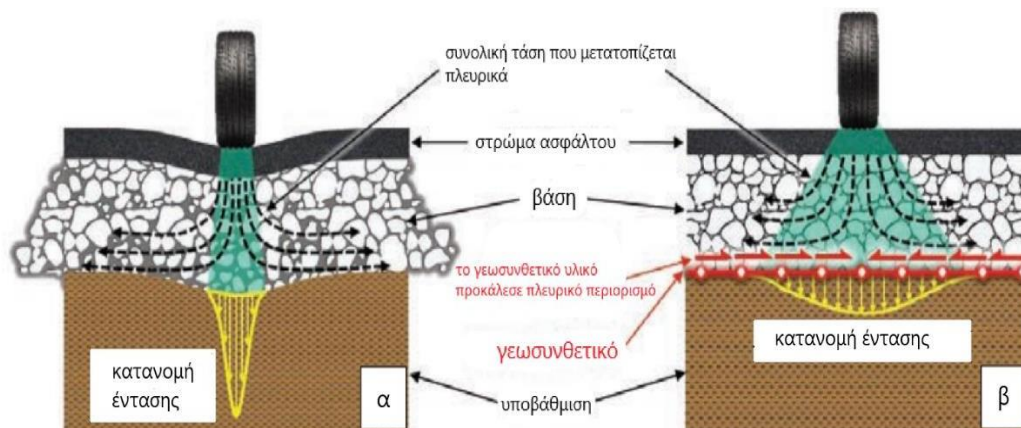
Ο διαχωρισμός μοιάζει αρκετά με την διήθηση με την εξής διαφορά ότι στην διήθηση επιτρέπεται η διέλευση του νερού ενώ ταυτόχρονα εμποδίζεται η απώλεια του εδαφικού υλικού.

ΟΠΛΙΣΗ

Σε κάθε έργο Πολιτικού Μηχανικού, χωρίς εξαίρεση, πρωταρχικό ρόλο παίζει το έδαφος θεμελίωσης. Όταν το έδαφος θεμελίωσης είναι ασθενές (χαμηλής αντοχής ή/και μεγάλης παραμορφωσιμότητας) όπως φαίνεται χαρακτηριστικά και στην παρακάτω εικόνα, η πρώτη μέριμνα του μελετητή είναι η σταθεροποίησή του με σκοπό να μπορέσει να παραλάβει τα φορτία της κατασκευής ώστε να μην προκύψουν αστοχίες και προβλήματα. Καθώς όμως η τεχνολογία μας εξελίσσεται αναπτύσσονται και νέοι μέθοδοι πέρα από τις παραδοσιακές μεθόδους σταθεροποίησης των ασθενών εδαφών. Μια από τις σύγχρονες, αποτελεσματικές και πάνω από όλα οικονομικές μεθόδους είναι η σταθεροποίηση εδαφών με την χρήση γεωσυνθετικών υλικών.

Επειδή τα γεωυφάσματα και τα γεωπλέγματα έχουν μεγάλη εφελκυστική αντοχή μπορούν να «οπλίσουν» υλικά με σημαντική θλιπτική και ανεπαρκή εφελκυστική αντοχή. Έτσι τα καλά διαβαθμισμένα αργιλικά εδάφη, λόγω της μικρής τους αντοχής, αποτελούν και τον βασικό στόχο ενίσχυσης με χρήση γεωσυνθετικών υλικών. Η

ενισχυμένη («οπλισμένη γη») με γεωφάσματα και γεωπλέγματα γη είναι μια οικονομική μέθοδος κατασκευής τοίχων αντιστήριξης, επιχωμάτων, συναρμογών γεφυρών και θεμελίωσης οδοστρωμάτων.



Εικόνα 3.16 Στην εικόνα (α) που δεν υπάρχει όπλιση υπάρχει αστοχία ενώ στην (β) η βοήθεια του κλιματιστικού βοηθάει τόσο στην σωστή κατανομή της έντασης αλλά και στο να μην υπάρχει αστοχία

Πιο συγκεκριμένα, η σταθεροποίηση ασθενών εδαφών με γεωπλέγματα ή γεωφάσματα είναι μια διαδικασία που λαμβάνει χώρα εξ ολοκλήρου στην επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να απαιτείται εκσκαφή ή οποιαδήποτε άλλη αναμόχλευση του υπάρχοντος ασθενούς εδαφικού υλικού. Στρώσεις γεωσυνθετικών υλικών τοποθετούνται απευθείας στην επιφάνεια του ασθενούς εδάφους και στη συνέχεια καλύπτονται με στρώσεις συμπυκνωμένου κοκκώδους υλικού κατάλληλου μεγέθους και καλής διαβάθμισης. Για την είσοδο των οριζόντιων στρωμάτων ενίσχυσης σε μια κατασκευή όπως σε ένα τοίχο αντιστήριξης ή ένα επίχωμα, γίνεται δυνατή η σταθεροποίηση και η ενίσχυση του εδάφους από το οποίο αυτή προκαλείται. Η λειτουργία της ενίσχυσης είναι να παρέχει εφελκυστική αντοχή κατά τη διεύθυνση της στο σύστημα έδαφος-ενίσχυση. Στην περίπτωση επιχώματος ή τοίχου αντιστήριξης, η ιδιότητα αυτή αποτρέπει τις μάζες εδάφους να αστοχήσουν καθώς ενισχύεται η πιο κρίσιμη επιφάνεια αστοχίας σύμφωνα με το παρακάτω σκαρίφημα.

ΦΙΛΤΡΟ (ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΡΟΗ)

Η λειτουργία φίλτρου ενός συστήματος εδάφους - γεωσυνθετικού υλικού αφορά την ελεύθερη ροή του νερού, κάθετα στο επίπεδό του, χωρίς απώλεια εδαφικού υλικού για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου.

Ο ρόλος του γεωσυνθετικού υλικού σε αυτή την περίπτωση είναι να διατηρεί μεγάλη διαπερατότητα/διήθηση των υγρών και να αποτρέπει την εισχώρηση του

λεπτόκοκκου υλικού εντός της στρώσης στράγγισης και του φίλτρου. Αυτό επιτυγχάνεται καθόλη την διάρκεια ζωής του έργου λόγω της ελεύθερης ροής του νερού που επιτυγχάνεται διαμέσου του γεωσυνθετικού υλικού κάθετα στο επίπεδο του (εγκάρσια ροή), χωρίς όμως να θυσιάζεται ποσότητα εδαφικού υλικού.

Ο ρόλος του γεωσυνθετικού ως φίλτρου είναι τριπλός :

- I. να αποτρέπει την διείσδυση των λεπτόκοκκων υλικών μέσα στο φίλτρο,
- II. να διατηρεί σχετικά μεγάλη διαπερατότητα και
- III. να αποτρέπει τη διείσδυση των λεπτόκοκκων υλικών μέσα στην στρώση στράγγισης.

Τα κατάλληλα γεωσυνθετικά υλικά για να την αναλάβουν τις λειτουργίες αυτές είναι τα γεωσύνθετα που φέρουν έστω ένα συνθετικό γεωφάσμα και τα γεωυφάσματα. Αν όμως το υλικό προορίζεται για την διοχέτευση της ροής προς μια κατεύθυνση τότε χρησιμοποιούνται τα μη υφαντά θερμοκολλητά γεωυφάσματα μικρού πάχους ενώ για εναλλασσόμενη κατεύθυνση ροής χρησιμοποιούνται μη υφαντά γεωυφάσματα μεγάλου πάχους. Χρησιμοποιούνται, κυρίως, στις στρώσεις στράγγισης πίσω από τοίχους αντιστήριξης, οδοστρωσίας, υδραυλικών αναχωμάτων, φραγμάτων κ.λπ. και επιπλέον σε φράχτες συγκράτησης ιλύος ρεμάτων γύρω από κατακόρυφα στραγγιστήρια άμμου ή ταινιών, στις τάφρους στράγγισης, στις στρώσεις διακοπής τριχοειδούς ανύψωσης, σε επενδύσεις προστασίας ακτών και γενικά αντικαθιστούν τα κλασσικά κοκκώδη φίλτρα.

Τα γεωυφάσματα και τα γεωσύνθετα ως φίλτρα έχουν τις εξής εφαρμογές :

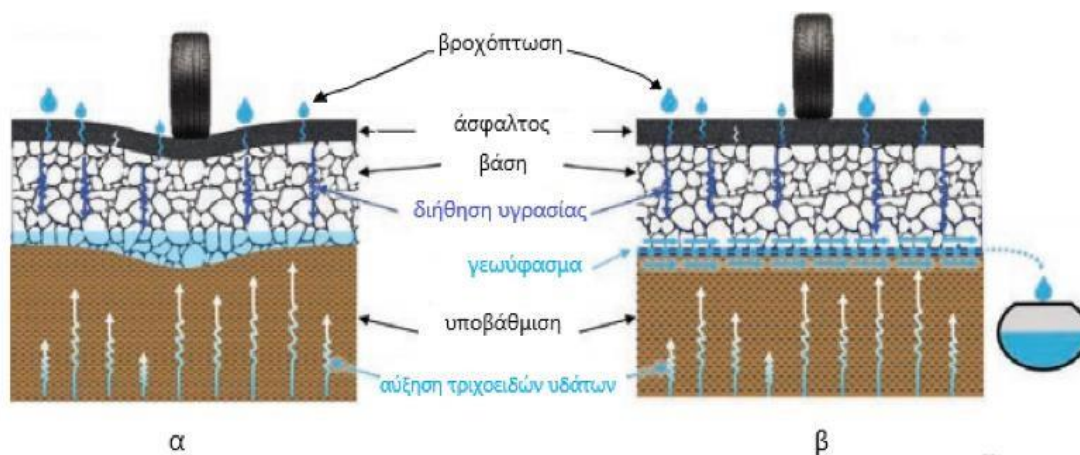
- ✓ αντικατάσταση κοκκώδων φίλτρων,
- ✓ επένδυση στραγγιστικών τάφρων,
- ✓ προστασία στραγγιστικών στρώσεων (πχ οδοστρωσία, υδραυλικά αναχώματα, φράγματα, επιχώσεις που γεννούν στραγγίσματα),
- ✓ αποστραγγιστικές στρώσεις πίσω από τοίχους αντιστήριξης,
- ✓ ως στρώσεις διακοπής τριχοειδούς ανύψωσης,
- ✓ προστατευτικά γύρω από κατακόρυφα στραγγιστήρια (άμμου ή ταινίες) και
- ✓ επενδύσεις προστασίας οχθών και ακτών –ως φράχτες συγκράτησης ιλύος σε ρέματα.

Ο σχεδιασμός των γεωσυνθετικών φίλτρων απαιτεί το εδαφικό υλικό να μην φράζει σε βάθος χρόνου το ύφασμα επομένως πρέπει να διαθέτει επαρκές μέγεθος πόρων ώστε να διαπερνούν τα υγρά χωρίς να αναπτύσσουν υπερπίεση στους πόρους παράλληλα όμως πρέπει να μην είναι πολύ μεγάλοι ώστε να συγκρατείται το εδαφικό υλικό και να μην υπάρξει μεγάλη απώλεια εδαφικών κόκκων από την ανάντη πλευρά. Τα γεωσυνθετικά υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι ανθεκτικά σε όλες τις συνθήκες και επιδράσεις τόσο κατά την κατασκευή τους όσο και κατά την μακροχρόνια χρήση τους έτσι ώστε το σύστημα έδαφος - γεωσυνθετικό υλικό να βρίσκεται σε ισορροπία. Τα τελευταία χρόνια όμως η χρήση των παραπάνω

γεωσυνθετικών σε έργα αντιδιαβρωτικής προστασίας βρίσκει ευρύτατο πεδίο εφαρμογής σε τέτοιο βαθμό που η χρησιμοποίησή τους αποτελεί πλέον τη βέλτιστη, κοινά αποδεκτή, λύση. Η διάβρωση των εδαφών είναι ένα φυσικό φαινόμενο στο οποίο η ανθρώπινη παρέμβαση το μόνο που μπορεί να προσφέρει είναι να μειώσει την ταχύτητα της εξέλιξής του. Έτσι, σε γενικές γραμμές οι μηχανισμοί διάβρωσης του εδάφους είναι οι εξής:

- ✓ διάβρωση πρανών εξαιτίας της βροχοπτώσης και της επακόλουθης επιφανειακής απορροής
- ✓ διάβρωση τάφρων, χειμάρρων, ποταμών, καναλιών εξαιτίας της ροής των υδάτων
- ✓ διάβρωση ακτών εξαιτίας κυματισμών
- ✓ αιολική διάβρωση

Για την αντιμετώπιση όλων των παραπάνω η χρήση των γεωσύνθετων και των γεωφασμάτων είναι η πιο κατάλληλη.

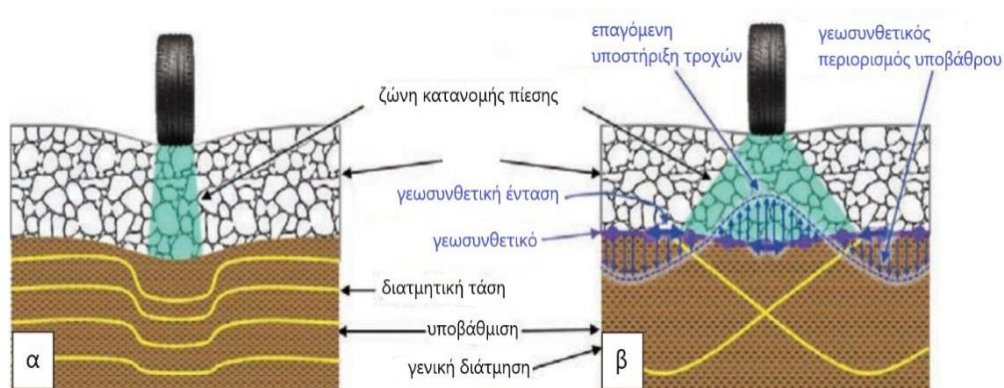


Εικόνα 3.17 Στην εικόνα (α) που είναι χωρίς τοποθέτηση γεωφάσματος βλέπουμε ότι υπάρχει διήθηση από το νερό της βροχής ενώ στην (β) με την βοήθεια του γεωφάσματος περνά μικρότερο ποσοστό

ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ (ΣΥΝΕΠΙΠΕΔΗ ΡΟΗ)

Σε πολλά έργα οδοποιίας, αεροδρόμια και σιδηροδρομικές γραμμές χρησιμοποιούνται στραγγιστήρια ορθογωνικής διατομής με μεγάλο μήκος. Τα γεωσυνθετικά υλικά που μπορούν να αναλάβουν την λειτουργία της στράγγισης είναι τα γεωφάσματα, τα γεωσύνθετα και τα γεωδίκτυα τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως ως κατακόρυφα στραγγιστήρια, στραγγιστικές στρώσεις (chimney drains) σε φράγματα και αναχώματα, στραγγιστήρια πίσω από τους τοίχους αντιστήριξης σε περιπτώσεις που η ροή γίνεται λόγω βαρύτητας, στραγγιστικές στρώσεις σε Χ.Υ.Τ.Α. και κάτω από επιχώματα προφόρτισης σε περιπτώσεις που η ροή γίνεται

υπό πίεση, στρώσεις διακοπής οριζόντιας ροής και στο εξωράχιο σηράγγων και υπόγειων έργων κ.λπ.



Εικόνα 3.18 Στην εικόνα (α) δεν γίνεται σωστή κατανομή πίεσης ενώ στην εικόνα (β) με την χρήση του γεωφάσματος υπάρχει καλύτερη κατανομή πίεσης και διάτμησης.

Το έδαφος και το γεωσυνθετικό υλικό πρέπει να αποτελούν μαζί ένα ισορροπημένο σύστημα έτσι ώστε να επιτρέπεται η ελεύθερη ροή του νερού εντός της μάζας του γεωσυνθετικού και να κινείται στα κενά παράλληλα προς την επιφάνεια του χωρίς όμως να θυσιάζεται εδαφικό υλικό. Ο εγκιβωτισμός του μέσου στραγγιστής με γεωσυνθετικό υλικό μπορεί να προσφέρει μείωση και εκτροπή των δυνάμεων της ροής, διοχέτευση όλης της απαιτούμενης ποσότητας ροής προς άλλη κατεύθυνση, ικανοποιητική προστασία έναντι απόφραξης από τους κόκκους του φυσικού εδάφους και επιπλέον να αποτρέψει την ανάπτυξη μεγάλων υδροστατικών πιέσεων. Οι στραγγιστικές στρώσεις συνήθως αποτελούνται από πυρήνα γεωσυνθετικού υλικού με μεγάλη υδατοπερατότητα ο οποίος μεταφέρει το νερό κατά το επίπεδο της στρώσης (μορφοποιημένο πλαστικό φύλλο γνωστό και ως γεωδίκτυο) και επένδυση γεωφάσματος η οποία λειτουργεί ως φίλτρο και εμποδίζει την διείσδυση λεπτόκοκκου υλικού στον πυρήνα.

Ο ρόλος του γεωσυνθετικού ως στραγγιστηρίου είναι τριπλός και έγκειται :

- ι) στην παροχέτευση όλης της απαιτούμενης ποσότητας ροής,
- ιι) στην μείωση ή εκτροπή των δυνάμεων της ροής και
- ιιι) στην αποτροπή ανάπτυξης μεγάλων υδροστατικών πιέσεων

Οι βασικές απαιτήσεις για τον σχεδιασμό των στραγγιστηρίων είναι η συγκράτηση των κόκκων του γειτονικού εδάφους, η αντοχή έναντι μηχανικών και περιβαλλοντικών δράσεων, η απόφραξη για την επαρκή μακροχρόνια λειτουργία τους και η διαπερατότητα για την ασφαλή παροχέτευση της μέγιστης ροής νερού παράλληλα προς την επιφάνεια του γεωσυνθετικού, υπό τα φορτία σχεδιασμού καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του στραγγιστηρίου.

Μια από τις κυριότερες εφαρμογές των γεωφασμάτων όσον αφορά την λειτουργία της στράγγισης είναι στην κατασκευή κατακόρυφων στραγγιστηρίων εδαφών για την μείωση του χρόνου στερεοποίησης, δίνοντας τη δυνατότητα στο νερό να στραγγίζει και οριζόντια και σε μικρή απόσταση. Το οποίο επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση εντός του εδάφους κατακόρυφων στραγγιστηρίων σε μικρή μεταξύ τους απόσταση. Άλλες συνήθειες εφαρμογές των γεωσυνθετικών είναι :

- ❖ στραγγιστήρια πίσω από τοίχους αντιστήριξης
- ❖ αποστραγγιστικές στρώσεις κάτω από επιχώματα προφόρτισης
- ❖ κατακόρυφες στραγγιστικές στρώσεις σε φράγματα και αναχώματα
- ❖ αποστραγγιστικές στρώσεις αποτελούμενες από γεωδίκτυα, σε Χ.Υ.Τ.Α για την συλλογή και την απομάκρυνση των μολυντών
- ❖ κατακόρυφα πετάσματα διακοπής οριζόντιας ροής

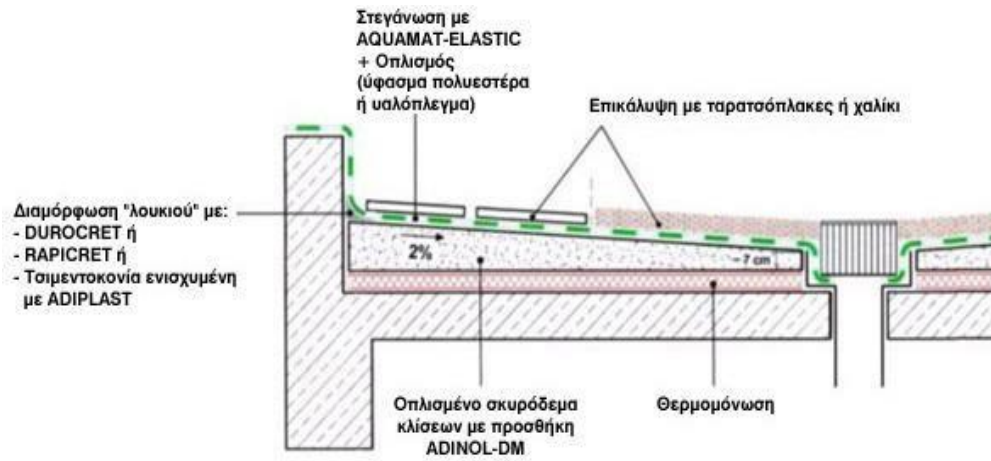
ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ

Η στεγανοποίηση με τη χρήση των γεωσυνθετικών υλικών στα έργα του πολιτικού μηχανικού είναι σε πολλές περιπτώσεις κύριο στοιχείο σωστής κατασκευής του έργου. Οι γεωμβράνες και οι γεωσυνθετικές αργιλικές μεμβράνες είναι τα κυριότερα υλικά στεγάνωσης. Οι συνήθειες χρήσεις των γεωσυνθετικών για στεγανοποίηση είναι:

I. Μεμβράνες από κρυσταλλικό πολυμερές – υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο σχεδιάστηκαν για κάλυψη Χ.Υ.Τ.Α. εξαιτίας της άριστης αντοχής του υλικού σε χημικές επιθέσεις για αυτό το λόγο οι συνήθειες διαστάσεις των ρολών είναι από 5,80m έως και 9m. Η διεύθυνση διάστρωσης των ρολών είναι από την κορυφή προς τον πυθμένα και στη συνέχεια στο επόμενο πρηνές.

II. Μεμβράνες από άμορφο πολυμερές (PVC), λόγω της απaráμιλλης ευκαμψίας τους έχουν κυριαρχήσει σε εφαρμογές όπου απαιτείται εφαρμογή της μεμβράνης στο ανάγλυφο του υποστρώματος, διαμόρφωση λεπτομερειών όπως γωνίες και γενικότερα απότομες αλλαγές διεύθυνσης. Για παράδειγμα τέτοιες εφαρμογές είναι οι στεγανολεκάνες και οι σήραγγες.

Με την σωστή επιλογή και τον κατάλληλο σχεδιασμό τα γεωσυνθετικά μπορούν να δώσουν ικανοποιητικές, οικονομικά και τεχνικά, λύσεις σε εφαρμογές διαχωρισμού, όπλισης, φίλτρου, στράγγισης και στεγάνωσης.



Εικόνα 3.19 Στεγανοποίηση με την χρήση γεωφάσματος

ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ								
	ΓΕΩΦΡΑΣΜΑΤΑ	ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΑ	ΓΕΩΔΙΚΤΥΑ	ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΕΣ	ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΑΡΓΙΛΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	ΓΕΩΑΦΡΟΣ	ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΑ	
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ								
ΟΔΟΠΟΙΑ (ΒΑΣΗ- ΕΔΑΦΟΣ)	ΦΥΣΙΚΟ	ΝΑΙ						
ΤΟΙΧΟΙ (ΕΔΑΦΟΣ- ΣΤΟΙΧΕΙΟ -> ΩΘΗΣΕΩΝ)	ΦΕΡΩΝ ΜΕΙΩΣΗ					ΝΑΙ		
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ- (ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΑΓΕΤΟΥ)	ΕΔΑΦΟΣ					ΝΑΙ		
ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ(ΜΕΙΩΣΗ ΒΑΡΟΥΣ)						ΝΑΙ		
ΟΠΛΙΣΗ								
ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ- ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ	ΝΑΙ	ΝΑΙ						
ΤΟΙΧΟΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ						
ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ	ΝΑΙ	ΝΑΙ						
ΦΙΛΤΡΟ								
ΟΠΙΣΘΕΝ ΤΟΙΧΩΝ	ΝΑΙ							
ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΝΑΙ							ΝΑΙ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ								
ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΑ ΕΔΑΦΩΝ								
ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΜΟΛΥΝΤΩΝ (ΧΥΤΑ)								
ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ (ΠΛΑΓΙΕΣ ΧΥΤΑ)								
ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ								
ΣΤΕΓΑΝΟΛΕΚΑΝΕΣ (ΧΥΤΑ)								
ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ								
ΚΑΛΥΜΑΤΑ (ΧΥΤΑ)								

Πίνακας 3.2: Χρήση γεωσυνθετικών υλικών ανάλογα με τις λειτουργίες

4.ΤΑ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΩΣ ΛΥΣΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

Οι φθορές που μπορεί να υφίσταται μια παλαιά οδική κατασκευή είναι: η τροχαυλάκωση, η καθίζηση, οι ρυτιδώσεις, οι λακκούβες, η εξίδρωση οδοστρώματος, η ανάδυση της ασφάλτου καθώς και η αποσύνθεση. Υπάρχουν πολλές μορφές υποβάθμισης του ασφαλτοτάπητα όμως σε αυτές που συνιστάται η χρήση των γεωσυνθετικών είναι δύο, η ανακλαστική ρηγμάτωση και το κρακελάρισμα. Το κρακελάρισμα είναι μια φθορά η οποία αποτελείται από ένα σύνολο ρωγμών και μπορεί να οφείλεται στην ανεπαρκή φέρουσα ικανότητα του φορτίου του οδοστρώματος, στην ακατάλληλη πλαισίωση του οδοστρώματος, στην διήθηση του νερού στο οδόστρωμα, στην δράση της έντονης και επαναλαμβανόμενης κυκλοφοριακής φόρτισης, στην κόπωση της επικάλυψης, στην δράση ψύξης απόψυξης και στην μόλυνση της αργίλου των στρώσεων θεμελίου.



Εικόνα 4.20 Διατομή οδοστρώματος (αριστερά χωρίς την χρήση γεωυφάσματος ενώ δεξιά με την χρήση γεωυφάσματος)

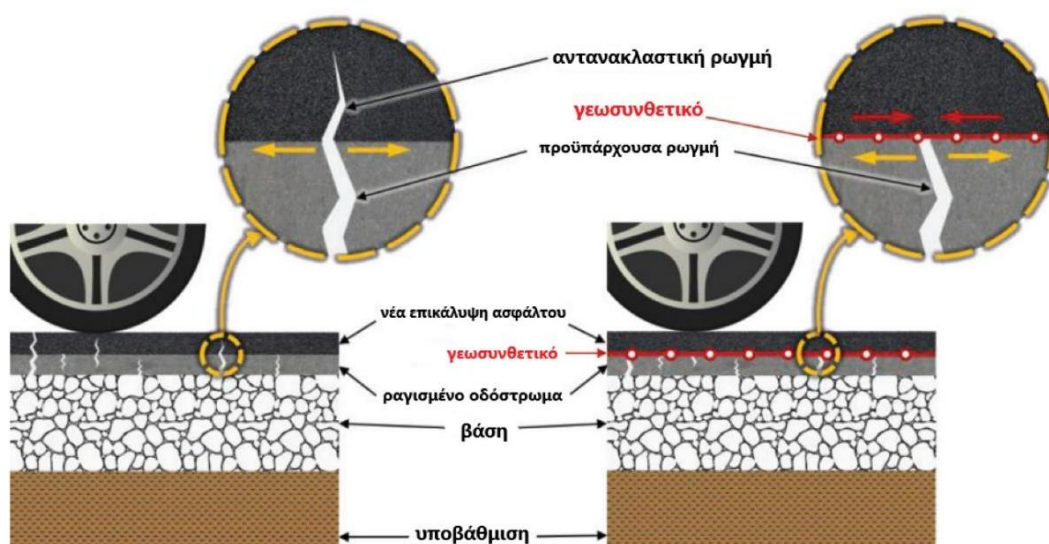
Με τον όρο εξίδρωση του οδοστρώματος (flusing / bleeding) είναι η εκχείλιση ή εφίδρωση του ασφαλτικού υλικού στην επιφάνεια από περίσσια ασφαλτικού υλικού η οποία εμφανίζεται γυαλιστερή σαν καθρέπτης ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες γίνεται κολλώδης.

Με τον όρο ανακλαστική ρωγμή (reflecting cracking) εννοούμε την τάση μετάδοσης της ρωγμής εντός της κατασκευής, η οποία εμφανίζεται στη νέα πρόσθετη ασφαλτική επικάλυψη της επισκευής του οδοστρώματος, και οφείλεται σε ασυνέχειες (αρμούς ή υφιστάμενες ρηγματώσεις) που εξαπλώνονται προς διαφορετικές κατευθύνσεις από τις φθαρμένες κατώτερες στρώσεις θεμελίου (φυσικά αδρανή με στερεοποίηση από

υδραυλικά συνδετικά, στρώση τσιμέντου-σκυροδέματος). Επιπλέον, με τον όρο κρακελάρισμα (alligatoring) εννοούμε την εμφάνιση ρωγμών και σπασιμάτων στην επιφάνεια της επίστρωσης.

ΑΙΤΙΕΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΑΙ ΛΥΣΗ

Σε ένα εύκαμπτο οδόστρωμα λόγω των μικρών μετακινήσεων δημιουργούνται εφελκυστικές τάσεις και αν τυχόν υπερβεί η παραμόρφωση των ασφαλτικών στρώσεων το όριο των 2,5 % εμφανίζονται νέες ρωγμές στο νέο τάπητα με ρυθμό μετάδοσης ο οποίος εξαρτάται: α) από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες της διεπιφάνειας μεταξύ του αρχικού οδοστρώματος που φέρει τις ρωγμές και της νέας στρώσης είτε αυτή είναι ενισχυμένη είτε όχι, β) από το μέγεθος των συγκεντρωμένων τάσεων στην άκρη της ρωγμής λόγω της κυκλοφοριακής φόρτισης, γ) από την ποιότητα και το πάχος της νέας στρώσης.



Εικόνα 4.21 Πορεία της ανακλαστικής ρωγμής χωρίς γεωφάσμα (αριστερή φωτογραφία) και αντιμετώπισής της με την βοήθεια του γεωφάσματος (δεξιά φωτογραφία)

Οι κύριες αιτίες που μπορεί να οδηγήσουν στην ρηγμάτωση είναι η κυκλοφοριακή φόρτιση, οι επιδράσεις του περιβάλλοντος (νερό, μεταβολή της θερμοκρασίας – συστολές κ.λπ.) καθώς και η σχεδιαστική ανεπάρκεια (υλικά, πάχος, δείκτης CBR κ.λπ.). Υπάρχουν όμως ρωγμές τύπου block, άκρου, αλλιγατορικές, συρρίκνωσης, κατασκευαστικού αρμού και ολίσθησης. Για να εμποδίσουμε αυτό το φαινόμενο των οδοστρωμάτων απαιτείται να αυξήσουμε το πάχος της νέας επίστρωσης καθώς και την ποιότητα της ή να δράσουμε στην διεπιφάνεια και να την ενισχύσουμε με την χρήση των γεωσυνθετικών υλικών (μη υφαντά βελονωτά γεωφάσματα, γεωπλέγματα και γεωσύνθετα) ώστε να πάψει να είναι ασταθής και έτσι να μειωθούν οι παραμορφώσεις λόγω του σχετικά μικρού μέτρου ελαστικότητας τους. Ακόμη

έχουμε ικανοποιητική μείωση του ποσοστού κατεΐσδυσης των όμβριών στα ασφαλτομίγματα, τα οποία βοηθούσαν ως ενδιάμεσο εμπόδιο στη διήθηση του νερού και αποτρέπεται κι άλλο η υποβάθμιση της επικάλυψης. Μειώνονται, επίσης, οι διατμητικές τάσεις λόγω της εφελκυστικής τους αντοχής.

Τα οφέλη, από τεχνικοοικονομικής πλευράς, είναι η αύξηση του χρόνου ζωής της νέας ασφαλτικής επίστρωσης με την διατήρηση του ίδιου πάχους που θα απαιτούνταν και χωρίς γεωύφασμα καθώς και η εξοικονόμηση του πάχους της νέας ασφαλτικής επίστρωσης με διατήρηση του χρόνου ζωής της στο ίδιο επίπεδο με εκείνο που προκύπτει χωρίς γεωύφασμα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εφελκυστική αντοχή των ασφαλτικών στρώσεων είναι αρκετά μικρή (περίπου 40 kgf/m) ενώ η εφελκυστική αντοχή των γεωσυνθετικών υλικών είναι μεγαλύτερη (περίπου 1020 kgf/m).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Η ενίσχυση της διεπιφάνειας με το γεωσυνθετικό υλικό που έχουμε επιλέξει γίνεται σύμφωνα με την γενική μεθοδολογία η οποία προβλέπει κατ' αρχήν μια επιφανειακή επιδιόρθωση των ρωγμών ή άλλων αστοχιών του οδοστρώματος και έπειτα την πλήρωση τους μια ισοπεδωτική ασφαλτική στρώση σε περίπτωση που οι ρωγμές είναι έντονες (πλάτος > 3 mm). Στην συνέχεια ακολουθεί ο ψεκασμός του ασφαλτικού στερεωτικού γαλακτώματος ή διαλύματος επικάλυψης στην επιφάνεια του παλαιού επιστρώματος, η οποία θα μαλακώνει με την χρήση μιας μη μεταλλικής βούρτσας με τρίχες ώστε να μην υπάρξουν μετέπειτα μη συγκολλημένες επιφάνειες και έπειτα πριν κρυσώσει το υλικό προεπάλειψης θα ακολουθεί η άμεση πρόσθετη επίστρωση του γεωσυνθετικού υλικού είτε χειρωνακτικά είτε μηχανικά, καλά τεταμένο χωρίς αναδιπλώσεις και πτυχώσεις. Τέλος ακολουθεί άμεσα την ίδια μέρα η διάστρωση της ασφαλτικής επίστρωσης κυκλοφορίας σε στεγνή επιφάνεια από έναν οδοστρωτήρα με κύλινδρο (ώστε να επιτρέπεται η θραύση του γεωσυνθετικού υλικού λόγω της κυκλοφορίας ή του ανέμου) που μαζί με την ενίσχυση της διεπιφάνειας αποτελούν συνολικά την νέα επίστρωση. Σε περίπτωση που οι ρωγμές είναι πλάτους < 3 mm δεν απαιτείται ειδική επεξεργασία πριν από την τοποθέτηση το γεωσυνθετικού ενώ σε περίπτωση ρωγμών > 20 mm απαιτείται τεχνική ανάλυση ώστε να προσδιοριστεί το ποσοστό φθοράς του οδοστρώματος και να κριθεί αν είναι αναγκαία η επισκευή του πριν την τοποθέτηση του οπλισμού και της επικάλυψης του γεωσυνθετικού. Για την διατήρηση της διάρκειας ζωής της στρώσης επικάλυψης όμως θα πρέπει το γεωσυνθετικό υλικό να τοποθετείται πάνω σε μια στρώση ισοπέδωσης με πάχος τουλάχιστον 2 cm χωρίς να παίζει ρόλο η κατάσταση της υφιστάμενης οδού.

Ορισμένα έργα όπως οι αερολιμένες και οι αυτοκινητόδρομοι απαιτούν την τοποθέτηση δύο στρώσεων γεωσυνθετικού υλικού, από τις οποίες η πρώτη θα τοποθετηθεί στην επιφάνεια της υπάρχουσας οδού και η επόμενη ανάμεσα στη νέα στρώση βάσης και στην συνδετική στρώση. Ο ρόλος του υλικού προεπάλειψης είναι να εμποτίσει το γεωσυνθετικό υλικό είναι να το ενώσει με τις στρώσεις του οδοστρώματος. Τα γεωσυνθετικά υλικά είναι συνήθως εύκολο να κορεσθούν με το

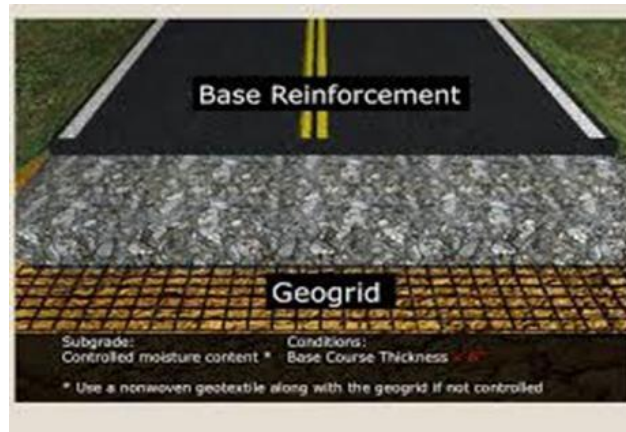
ασφαλικό διάλυμα ή το γαλάκτωμα και να αναλάβουν τον ρόλο της αδιαπέρατης προστατευτικής μεμβράνης. Η ποσότητα του υλικού προεπάλειψης μπορεί να υπολογιστεί ως το άθροισμα της ποσότητας που απαιτείται για τον κορεσμό του γεωυφάσματος η οποία δίνεται από τον κατασκευαστή και μιας ποσότητας η οποία εξαρτάται από την επιφανειακή κατάσταση του παλαιού επιστρώματος.

Σύμφωνα με τους Button et al (1982) το άθροισμα αυτό είναι 0,1 1/m² όταν οι επιφάνειες είναι καθαρές και λείες και 0,6 1/m² όταν οι επιφάνειες είναι οξειδωμένες και πορώδεις σύμφωνα με το πιο πρόσφατο Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12591/1999 οι τιμές κυμαίνονται από 1,1 έως 1,5 lt/m². Το υλικό προεπάλειψης τοποθετείται σε ορισμένη και επαρκή ποσότητα, ανάλογα με το ποσοστό βιτουμενίου που περιέχει και βάση των χαρακτηριστικών του γεωσυνθετικού (βάρος, πάχος κ.λπ.), η οποία μπορεί να αυξηθεί μόνο για τα γαλακτώματα με ταχεία θραύση υπό τις οδηγίες του κατασκευαστή. Αν υπάρχει περίσσεια του υλικού το αφαιρούμε με ψέκασμα άμμου και βούρτσισμα. Το ασφαλικό διάλυμα παρέχει διαλύτη ο οποίος σε υψηλές θερμοκρασίες αντιδρά με το πολυμερές και για αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται με γεωύφασμα που κατασκευάζεται από πολυπροπυλένιο. Ο Murray το 1982, βάσει των εργαστηριακών δεδομένων απέδειξε ότι εφ' όσον η κύρια λειτουργία είναι η ενίσχυση του ασφαλικού επιστρώματος τότε τα γαλακτώματα πρέπει να χρησιμοποιούνται με γεωυφάσματα που διαθέτουν σχετικά υψηλό εφελκυσμό.

ΤΑ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΩΣ ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

- Τα μη υφασμένα γεωυφάσματα χρησιμοποιούνται σε μια σταθερή επιφάνεια χωρίς κατακόρυφες σχετικές μετατοπίσεις, σαν συντελεστής επιβράδυνσης της εξάπλωσης των υφιστάμενων ρωγμών κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα οι οποίοι προκαλούνται από την ανάκλαση, αφού πρώτα η επιφάνεια της αρχικής οδικής κατασκευής έχει εμποτιστεί με μια στρώση βιτουμενίου ως στοιχείο στεγανοποίησης ώστε να μπορέσουν τα γεωυφάσματα να λειτουργήσουν και σαν ενδιάμεσο εμπόδιο - σφραγιστικό με σκοπό την αποτροπή της διήθησης του νερού από την επιφάνεια του οδοστρώματος προς την βάση του, τον διαχωρισμό των κατώτερων ασφαλικών στρώσεων από των ανώτερων νέων στρώσεων και την μείωση της τάσης αφού διαχέουν την ενέργεια κοντά σε ρωγμές (Stress Absorbing Membrane Interlayer --> Μembrάνη απορρόφησης τάσεων SAMI). Οι μεμβράνες SAMI χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση εργασιών σε οδούς με χαμηλό επίπεδο κυκλοφορίας μικρότερο ή ίσον του 0,3 m.o.s. (για αποκατάσταση, επισκευή, εκσυγχρονισμό κ.λπ.). Σύμφωνα με το πρότυπο SR EN 15381, η ικανότητα του γεωυφάσματος να συγκρατεί βιτουμένιο συνιστάται να είναι τουλάχιστον 0,9 1/m² όμως σαφώς η ικανότητα αυτή επηρεάζεται άμεσα από το βάρος, το πάχος του υλικού του γεωυφάσματος και από τα χαρακτηριστικά της υποστηρικτικής στρώσης κατά την εφαρμογή (τραχύτητα, πορώδες, ομαλότητα κ.λπ.). Οι υπόλοιπες ελάχιστες ιδιότητες που απαιτείται να έχουν τα γεωυφάσματα όταν χρησιμοποιούνται σαν στεγανωτικό υλικό είναι η εφελκυστική αντοχή σε θραύση 7 kN/m, σημείο μάλθωσης + 10 βαθμοί Κελσίου

πάνω από τη θερμοκρασία της στρώσης του ασφαλτομίγματος και 70 % μέγιστη επιμήκυνση εφελκυσμού.



Εικόνα 4.22 Τυπική διατομή του οδοστρώματος τοποθετώντας γεωδίκτυο στην υπόβασή του

- Τα γεωπλέγματα κατασκευάζονται από ίνες που προέρχονται από πολυμερή υλικά ή γυαλί (υφασμένα ή πλεκτά) και επιστρώνονται σύμφωνα με τις κατασκευαστικές οδηγίες και τους τεχνικούς κανονισμούς πάνω σε μια στρώση ανακατασκευής, πάχους τουλάχιστον 2 cm από ασφαλτικό κονίαμα ή μίγμα προστασίας από τις ρηγματώσεις, σε επιφάνειες που παρουσιάζουν μη ομαλές περιοχές. Χρησιμοποιούνται καλά τεταμένα ή ελαφρώς προεντεταμένα με επαρκή ακαμψία ως οπλισμός για την επικάλυψη των ασφαλτικών στρώσεων σε περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος μικρής σχετικής μετατόπισης μεταξύ δύο πλακών σκυροδέματος ή μεταξύ ρηγματωμένων επιφανειών του οδοστρώματος ή μεταξύ αρμών διαστολής οδοστρώματος, ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη απορρόφηση των κατακόρυφων τάσεων που προκαλούνται απ' την κυκλοφορία και από την ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων αυτών στην επιφάνεια με αποτέλεσμα την καθυστέρηση εμφάνισης των μόνιμων παραμορφώσεων. Γενικά τα γεωπλέγματα οπλίζουν και στερεώνουν την ασφαλτική στρώση στην οποία είναι εγκαταστημένα, έχουν ορθογώνιο σχήμα με μεταβλητές διαστάσεις ή μοιάζουν με γεωσύνθετα τα οποία δρουν ως γεωπλέγματα κατά την εγκατάσταση και το στεγανωτικό υλικό του πλέγματος περιλαμβάνεται στη σύνθεση ασφαλτομιγμάτων, έχουν βάρος 200-500 gr/m² και ανάλογα με το υλικό τους μπορεί να έχουν 2-3% παραμορφωσιμότητα, να έχουν υψηλότερο δυναμικό συντελεστή ελαστικότητας από τα γεωυφάσματα λόγω του εφελκυσμού που υφίστανται μετά την κοπή ή την πίεση με φύλλα πλαστικού και να έχουν την ικανότητα να απορροφούν μεγαλύτερες τάσεις σε χαμηλά επίπεδα παραμόρφωσης από ότι η άσφαλτος, πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται μόνο μετά την αποκατάσταση όλων των ελαττωμάτων της υπάρχουσας οδού καθώς υπάρχει κίνδυνος μικρών κατακόρυφων μετατοπίσεων. Κάποια γεωπλέγματα είναι πιθανό να φέρουν μια συνεχή φολιδωτή μεμβράνη/ φύλλο μικρού πάχους η οποία συμβάλει στη διάστρωση τους, αφού έχει την δυνατότητα να κολλάει στο υλικό προεπάλειψης και κατά την εφαρμογή της θερμής στρώσης ασφαλτομίγματος να

τήκεται και έπειτα να εξαφανίζεται. Ορισμένα άλλα γεωπλέματα είναι πιθανόν να έχουν μόνιμες λωρίδες ινών μικρού πάχους οι οποίες καλύπτουν εν μέρει τα κενά και επιτυγχάνουν καλύτερη πρόσφυση στο υλικό προεπάλειψης, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι αποτελούν στεγανωτικό εμπόδιο.

➤ Οι γεωμβράνες λειτουργούν κάτω από τις ασφαλικές επικαλύψεις, ως μεμβράνη στεγανοποίησης της ενδιάμεσης στρώσης στους αρμούς των άκαμπτων οδοστρωμάτων οι οποίοι αποτελούνται από σκυρόδεμα - τσιμέντο. Πρόκειται για ένα γεωσύνθετο συνδυασμό που αποτελείται από ένα υλικό γεωυφάσματος το οποίο έχει επενδυθεί με μία μεμβράνη από ασφατικό βιτουμένιο με επίστρωση από ελαστικό. Οι τρόποι τοποθέτησης είναι δύο, είτε με την κολλητική ουσία προεπάλειψης η οποία εφαρμόζεται στην οδική κατασκευή πριν την επίστρωση της γεωμβράνης είτε υπάρχει ήδη στην μία ή και στις δύο πλευρές της μεμβράνης και συγκολλείται απευθείας στον προετοιμασμένο αρμό της υφιστάμενης οδού αφού πρώτα αφαιρεθεί ο προστατευτικός υμένας. Επιστρώνονται σε λωρίδες, συχνά πάνω από τους αρμούς σκυροδέματος και τις οδικές κατασκευές από τσιμέντο οι οποίες πρέπει να είναι σταθερές και χωρίς κάποια σημαντική φθορά (ρηγματώσεις, κατάτμηση και καθίζηση έκτακτης ανάγκης, θραύσεις, οπές κ.λπ.) καθώς και σε προσωρινές επισκευές έκτακτης ανάγκης όπου η υποστηρικτική στρώση της οδικής κατασκευής έχει υποστεί διαρροή ή άλλα δομικά ελαττώματα όπως για παράδειγμα αποκατάσταση οδικού δικτύου. Οι γεωμεμβράνες για να είναι αποτελεσματικές ως εμπόδιο για την υγρασία ή την εισροή υδάτων και να επιλύσουν το πρόβλημα, πρέπει οι ενεργές μετατοπίσεις ρωγμών ή αρμών με μεταβλητό πλάτος λόγω θερμοκρασιακής διακύμανσης και οι κατακόρυφες σχετικές μετατοπίσεις λόγω κυκλοφοριακού φόρτου να μην είναι μεγάλες διότι υπάρχει ο κίνδυνος θραύσης τους αν τυχόν εφαρμοστούν όμως σε παχιές λωρίδες ως σφραγιστικό μετά την πλήρωση των αρμών, μπορούν να καθυστερήσουν την εξάπλωση των ρωγμών για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα καθώς οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται απευθείας στη στρώση επικάλυψης. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει πριν τοποθετηθεί ο οπλισμός της οδού με την εφαρμογή του γεωσυνθετικού υλικού, να διεξαχθούν έργα σταθεροποίησης της φθαρμένης επικάλυψης και ο συντελεστής αποτελεσματικής μεταφοράς φορτίου στους αρμούς να είναι πάνω από 80 % σύμφωνα με AASHTO(1993).

➤ Τα γεωσύνθετα είναι ένας συνδυασμός υλικών που στερεοποιούνται μαζί και αποτελούνται από ένα γεώπλεγμα και ένα μη υφασμένο γεωύφασμα με καλή πρόσφυση στο βιτουμένιο. Ο ρόλος του γεωυφάσματος εδώ είναι η συγκόλληση στην υποστηρικτική στρώση και η σφράγιση των υφιστάμενων ρωγμών επιβραδύνοντας έτσι την διάδοση τους από την κατώτερη στρώση στην ανώτερη χάρη στην ίδια ομοιογενή ικανότητα συγκράτησης με το βιτουμένιο ενώ ο ρόλος του γεωπλέγματος είναι να αποτρέψει την μήκυνση του γεωυφάσματος, να αναλάβει την υψηλή αντίσταση κατά την απορρόφηση των τάσεων που προκαλούνται από την κυκλοφορία και την ομοιόμορφη κατανομή τους. Χρησιμοποιούνται για κιβώτια επέκτασης όπου τα προϊόντα μπορούν να τοποθετηθούν απευθείας στις ρηγματωμένες οδικές επιφάνειες, σε πλάκες

σκυροδέματος ή φυσικά αδρανή που σταθεροποιούνται με υδραυλικά συνδετικά, σε κόμβους, σε οδικές κατασκευές, με κυκλοφορία μεγαλύτερο ή ίσο του 1,0 m.o.s. ανά λωρίδα για πιθανή περίοδο 10 ετών και γενικά σε όλους του τύπους εργασιών ενώ πρέπει να διασφαλίζουν τη βέλτιστη συγκράτηση βιτουμενίου. Είναι κατασκευασμένα με σκοπό να λειτουργήσουν ως εμπόδιο της ενδιάμεσης στρώσης, ως οπλισμός, ως υλικό στεγανοποίησης για την υγρασία αποτρέποντας την εισροή υδάτων στην οδική κατασκευή και να αναπτύσσουν υψηλό δυναμικό συντελεστή ελαστικότητας για μικρές τιμές παραμόρφωσης.

Για τον ακριβή καθορισμό της λύσης σχεδιασμού αποκατάστασης την επιλογή του καταλληλότερου γεωσυνθετικού υλικού και του πάχους των ασφαλτικών στρώσεων πάνω από το γεωσυνθετικό υλικό απαιτείται πριν να έχει πραγματοποιηθεί διεξοδική τεχνική μελέτη της κατάστασης της αρχικής οδικής κατασκευής με ανάλυση της φέρουσας ικανότητας και των πιθανών παραμορφώσεων (σε συμμόρφωση με το πρότυπο CD 155-2001 και AND 540-2003 και τα ισχύοντα τεχνικά κανονιστικά έγγραφα). Υποβαθμίσεις της οδικής κατασκευής με τη μορφή ρωγμών ή κρακελαρίσματος, καθώς και υποβαθμίσεις που οφείλονται σε ανάκλαση θα εκτιμώνται με τη χρήση δεικτών της κατάστασης και ανάλογα με τον βαθμό σοβαρότητας, θα καθορίζονται ομοιογενή τμήματα για την επίστρωση γεωσυνθετικού υλικού με προστατευτικό ρόλο έναντι των ρηγματώσεων πριν από την επίστρωση των ασφαλτικών στρώσεων. Το επίπεδο υποβάθμισης θα πρέπει να είναι μικρό ή μέσο ώστε η χρήση του γεωσυνθετικού υλικού να είναι αποτελεσματική, οπότε δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση του αν η επιφάνεια έχει υποστεί σημαντική φθορά, θραύσεις ή διαταραχές.



Εικόνα 4.23 Επιδείνωση του οδοστρώματος χωρίς την χρήση γεωυφάσματος

Προκειμένου η χρήση των γεωσυνθετικών υλικών να επιφέρει τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα προτείνεται εκτός από τις τεχνικές μελέτες να πραγματοποιηθούν και οικονομικές μελέτες για την σύγκριση διαφόρων λύσεων, είτε αυτές περιέχουν γεωσυνθετικό υλικό είτε όχι, και να ληφθεί υπόψη το ποσοστό υποβάθμισης της φθαρμένης οδού. Αν επιλεγεί η λύση που επιβάλλει γεωσυνθετικό υλικό, προτείνεται κατά την πρώτη χρήση του να είναι παρών και ένας αντιπρόσωπος της κατασκευαστικής εταιρείας ο οποίος πρέπει παράλληλα να έχει πιστοποιήσει πως η χρήση του προϊόντος επιτρέπεται καθώς διαθέτει από τον οργανισμό πιστοποίησης το ανάλογο πιστοποιητικό σταθερότητας της απόδοσης και δήλωση απόδοσης από τον ίδιο με την οποία αναλαμβάνει την νομική ευθύνη συμμόρφωσης του προϊόντος και περιέχει πληροφορίες σύμφωνα με τον SR EN 15381 ώστε να μπορεί να χρησιμοποιεί την σήμανση CE. Στα έργα που γίνεται χρήση γεωσυνθετικού υλικού, οι μηχανισμοί πρέπει να δρουν και να συμμορφώνονται σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΕ αρ. 305/2011 του τομέος δομικών κατασκευών. Γενικά συνιστάται το πάχος του θερμού κυλινδρούμενου ασφαλτομίγματος να είναι τουλάχιστον 4-5 cm , το πάχος της στρώσης επικάλυψης να είναι 9-10 cm και να έχει διαστρωθεί σε δύο στρώσεις. Η μια εκ των δύο, θα είναι η φθειρόμενη επιφανειακή στρώση ενώ η άλλη θα είναι μια στρώση σύνδεσης, έτσι ώστε σε μελλοντική απόξεση/επιδιόρθωση της επιφάνειας επικάλυψης να μην φθαρεί το γεωσυνθετικό υλικό και να παραμείνει ενσωματωμένο στο οδόστρωμα. Επιπλέον ο βαθμός συμπίκνωσης της στρώσης επικάλυψης πρέπει να είναι $K=98\%$ και της υδατοαπορρόφησης $Abs=2\% \max$. Προτείνεται σε οδούς με πολύ έντονη κυκλοφορία τα γεωσυνθετικά να έχουν εγκάρσια και διαμήκη εφελκυστική αντοχή 100/100 KN/m και η εφελκυστική αντοχή πρέπει να είναι > 22 KN/m για ελάχιστη επιμήκυνση 2% με έντονη κυκλοφορία αντίστοιχα να έχουν 50/50 KN/m και > 11 KN/m ενώ σε οδούς με μικρή ή μέση κυκλοφορία θα πρέπει η εγκάρσια και διαμήκης εφελκυστική αντοχή να είναι μεγαλύτερα των 77 KN/m. Ο οπλισμός του ασφαλτικού τάπητα μπορεί να είναι τύπου πολυεστέρα με ονομαστική εφελκυστική αντοχή 40 KN και παραμόρφωση σε θραύση μικρότερο του 12 %, με ίνες υάλου με ονομαστική εφελκυστική αντοχή 50-100 KN/m και παραμόρφωση σε θραύση μικρότερο του 3 % ή μεταλλικός με ονομαστική εφελκυστική αντοχή 40-50 KN/m και παραμόρφωση σε θραύση μεγαλύτερο του 10 %.

Τα γεωσυνθετικά ανάλογα με την παραγγελία μπορούν να έχουν ποικίλες διαστάσεις, όμως ιδανικά το πλάτος του κυλίνδρου θα πρέπει να είναι ανάλογο με το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας της οδικής κατασκευής ενώ θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται σημαντικά υπόψη η πιθανότητα και ο τρόπος αποθήκευσής τους. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται αξιοσημείωτη μείωση των αρμών διακοπής, της απώλειας υλικού καθώς και των εργασιών. Επίσης στις στρώσεις της οδού, το υλικό θα κόβεται, θα προσαρμόζεται και θα επιστρώνεται στο τμήμα της επιφάνειας αυτής. Το μέγεθος και το μέγιστο βάρος των κυλίνδρων παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο καθώς θα πρέπει να εξασφαλίζεται πως μπορούν να επεξεργαστούν από τον διαθέσιμο εξοπλισμό του εργοταξίου και πως το γεωσυνθετικό υλικό κατά την τοποθέτησή του δεν θα αναδιπλωθεί.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τα γεωσυνθετικά υλικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλες εκτάσεις επιφάνειας (η οποία πρέπει πρώτα να έχει καθαριστεί με τη χρήση βούρτσας ή συμπιεσμένου αέρα και να είναι στεγνή χωρίς νερό, χιόνι και πάγο) για μερική ή ολική επικάλυψη της, σε κιβώτια επέκτασης κοντά σε αρμούς μεταξύ της αρχικής και της νέας οδικής κατασκευής καθώς και σε λωρίδες ώστε να μπορούν να τοποθετηθούν κοντά σε αρμούς μεταξύ των πλακών μιας τσιμεντένιας επιφάνειας σκυροδέματος που πρόκειται να οπλιστεί, σε πλάτος 1m.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

Το πιο σημαντικό στάδιο κατά την διάρκεια της κατασκευής οδού είναι η εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών οι οποίες περιλαμβάνουν αποψίλωση, εκχέρσωση καθώς και άλλες εργασίες. Η έδραση του οδοστρώματος πραγματοποιείται ώστε να γίνει η μεταφορά και η κατανομή των φορτίων των οχημάτων στο έδαφος και η κίνηση των οχημάτων να είναι ομαλή και ανεμπόδιστη καθώς η οδός πρέπει να κατασκευάζεται σύμφωνα με την διατομή της οδού σε όρυγμα ή επίχωμα και όχι σύμφωνα με τις συνθήκες του εδάφους (όπως για παράδειγμα βλάστηση, παρουσία νερού και άλλα). Οι κύριες χωματουργικές εργασίες και τα χωματουργικά έργα όπως είναι οι εκσκαφές, οι επιχωματώσεις και η διαμόρφωση πρανών, ορυγμάτων και επιχωμάτων αλλά και οι τεχνικές γεωκατασκευές οδοποιίας όπως είναι οι τοίχοι αντιστήριξης, τα οπλισμένα επιχώματα, οι τοίχοι οπλισμένης γης, οι σήραγγες cut and cover, οι επιχωματώσεις τάφρων, οι επενδύσεις πρανών κ.λπ.

Στα μέτρα σταθεροποίησης πρανών, ορυγμάτων και επιχωμάτων εκτός από τα έργα αντιστήριξης και ενίσχυσης της μάζας του εδάφους συμπεριλαμβάνονται και οι συνδυασμοί διατάξεων επένδυσης, μεταλλικών πλεγμάτων, γεωπλεγμάτων με διατάξεις ενίσχυσης όπως για παράδειγμα τα παθητικά αγκύρια κ.λπ. Το τελευταίο στάδιο της κατασκευής περιλαμβάνει την συμπύκνωση των διαφόρων στρώσεων και την εκτέλεση των εργασιών οδοστρωσίας. Όμως με το πέρασ του χρόνου ένα οδικό δίκτυο είναι πολύ πιθανό να παρουσιάσει μια ασταθή μηχανική συμπεριφορά η οποία συχνά οφείλεται σε αστοχία των χωματουργικών εργασιών. Μερικές από αυτές τις φθορές που δημιουργούνται επηρεάζουν την λειτουργικότητα της οδού και προκαλούν σημαντικά τεχνικά προβλήματα στην κυκλοφορία που οφείλονται στην στερεοποίηση του υπεδάφους, στην ρευστοποίηση ψαθυρών υλικών λόγω των καταπονήσεων, την μεταβολή των υδραυλικών συνθηκών, ίσως κατολισθήσεις πρανών ή των ορυγμάτων, καθιζήσεις και ολισθήσεις των επιχωμάτων, ρηγματώσεις όπως επίσης και παραμορφώσεις λόγω ανεπάρκειας συμπύκνωσης.

Για την βελτίωση της συμπεριφοράς του εδαφικού υλικού, την αύξηση της διατμητικής αντοχής και την μείωση των παραμορφώσεων, καθοριστικό ρόλο αναλαμβάνει η οπλισμένη γη. Πρόκειται για ένα σύμμεκτο σύστημα (αποτελεί ένα

σύγχρονο τρόπο δόμησης που βασίζεται στην συνεργασία των χαλύβδινων διατομών και των στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος και στοχεύει στη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των ιδιοτήτων προς όφελος της κατασκευής) που περιλαμβάνει τα δομικά στοιχεία χαμηλού κόστους όπως είναι οι γαίες, στοιχεία του οπλισμού που ενσωματώνονται στο έδαφος καθώς και τα στοιχεία κάλυψης του μετωπικού πρηνούς ανάλογα την περίπτωση που θα αντιμετωπίσουμε κάθε φορά.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται φύλλα γεωφάσματος και γεωπλέγματος ώστε να αναλάβουν τον ρόλο του οπλισμού όμως υπάρχουν περιπτώσεις που ο οπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με την μορφή ράβδων, λωρίδων και ινών τυχαίου προσανατολισμού που έχουν κατασκευαστεί από μέταλλο, πλαστικό ή και φυσικά υλικά. Το σύνθετο υλικό αυτό δεν λείπει και από κατασκευές βαρύτητας και διαμορφώνεται σταδιακά με τις γαίες που παραλαμβάνουν και μένουν συνεχώς υπό θλιπτικό φορτίο. Ο οπλισμός έχει την ιδιότητα να παραλαμβάνει τα εφελκυστικά φορτία και μέσω των διατμητικών τάσεων που δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση εδάφους και γεωσυνθετικού βοηθάει να τα μεταβιβάζει στις γαίες. Έτσι κατά συνέπεια το γεωφάσμα καταπονείται από τον εφελκυσμό, μειώνει ή μηδενίζει

τις ορθές παραμορφώσεις του εδαφικού υλικού ώστε να μπορούν να κατασκευαστούν πρηνή και τοίχοι με μεγαλύτερο ύψος και κλίση απ ' ό,τι θα κατασκευάζονταν με εδαφικό υλικό χωρίς οπλισμό. Αυτή η συμπεριφορά αποτελεί την διαφορά μεταξύ της οπλισμένης γης και του οπλισμένου σκυροδέματος διότι ο οπλισμός στις διατομές του οπλισμένου σκυροδέματος παραλαμβάνει τις αναπτυσσόμενες εφελκυστικές τάσεις και διανέμονται στα δομικά στοιχεία. Μερικές από τις περιπτώσεις οπλισμένου εδάφους με γεωσυνθετικά υλικά είναι οι τοίχοι αντιστήριξης, τα πρηνή, η ενίσχυση της βάσης του αναχώματος, η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους.



Εικόνα 5.24 Απεικόνιση της διάστρωσης γεωπλέγματος με οπλισμό (πηγή Maxwell Supply Tulsa)

5.1 ΣΕ ΟΔΙΚΑ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ

Με τον όρο επίχωμα εννοούμε μια κατασκευή που χρειάζεται να γίνει διάστρωση και συμπύκνωση των εδαφικών υλικών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη συμπύκνωση και σε τμήματα τέτοιων διαστάσεων, ώστε να μπορεί να γίνει χρήση εξοπλισμού. Τα επιχώματα διακρίνονται σε γαιώδη και σε βραχώδη. Τα μεν πρώτα κατασκευάζονται με διάστρωση και συμπύκνωση των γαιώδους έδαφος και τα δεύτερα κατασκευάζονται με τον ίδιο τρόπο αλλά σε βραχώδες έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΓΑΙΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ	ΒΡΑΧΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ
Θεμέλιο	Το τμήμα που βρίσκεται κάτω από την αρχική επιφάνεια του εδάφους μετά τον καθαρισμό των ακατάλληλων υλικών και την κατάλληλη	Το κατώτερο μέρος του επιχώματος πάχους 0,30 μ. σε επαφή με το έδαφος στην αρχική του επιφάνεια (όταν δεν υπάρχουν επιφανειακά

	<p>διαμόρφωση της επιφανείας ώστε να αγκυρώνεται το επίχωμα στο υπέδαφος και επιπλέον στρώση πάχους 0,30 μ. πάνω από την αρχική επιφάνεια του φυσικού εδάφους.</p>	<p>ακατάλληλα υλικά) και το τμήμα κάτω από αυτή, (μετά από τον ενδεχομένως απαιτούμενο καθαρισμό, εκρίζωση, ή/ και απομάκρυνση ακατάλληλων υλικών) και διαμόρφωση αναβαθμών για αγκύρωση.</p>
Πυρήνας	<p>Το τμήμα του επιχώματος μεταξύ θεμελίου και στέψης</p>	<p>Το τμήμα του επιχώματος μεταξύ θεμελίου και μεταβατικού τμήματος</p>
Μεταβατικό τμήμα		<p>Το τμήμα εκείνο όπου η διαβάθμιση του υλικού των στρώσεων που το αποτελούν, πληρούν ορισμένες απαιτήσεις (φίλτρο) για την αποφυγή διείσδυσης του υλικού της στέψης στο υποκείμενο βραχώδες τμήμα. Το πάχος του είναι 1 μ. εκτός αν ορίζεται διαφορετικά στους λοιπούς όρους δημοπράτησης</p>
Στέψη	<p>Το μέρος του επιχώματος κάτω από τη Στρώση Έδρασης του Οδοστρώματος (Σ.Ε.Ο), που εκτείνεται σε βάθος, από την πάνω επιφάνεια της Σ.Ε.Ο., ίσο προς 1.00 μ. για τα οδοστρώματα κυκλοφορίας Κ0, Κ1, Κ2, Κ2ε και Κ3 (0,80 μ. για τα οδοστρώματα κυκλοφορίας Κ4 έως Κ7)</p>	<p>Το μέρος του επιχώματος πάνω από το μεταβατικό τμήμα που κατασκευάζεται από γαιώδη υλικά όπως στα γαιώδη επιχώματα και αποτελεί (ολόκληρο ή μέρος του) τη στρώση έδρασης του οδοστρώματος.</p>

Η κατασκευή των οδικών επιχωμάτων με μεγάλο ύψος, μήκος και σημαντικό πλάτος αποτελεί μια διαδεδομένη πρακτική στα έργα οδοποιίας με την προϋπόθεση ότι θα παρεμβάλλονται στοιχεία όπλισης στις στρώσεις των εδαφικών υλικών προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα της μηχανικής συμπεριφοράς όπως είναι η οριακή ισορροπία και οι παραμορφώσεις. Η οριακή ισορροπία αναφέρεται στην κατάσταση εκείνη κατά την οποία η οπλισμένη εδαφική κατασκευή βρίσκεται λίγο πριν την αστοχία. Η αστοχία αυτή μπορεί να επέλθει από εξόλκευση ή από την διάρρηξη των οπλισμένων στρώσεων ή ακόμη και από την ολίσθηση της οπλισμένης ζώνης κατά μήκος της διεπιφάνειας του γεωπλέγματος εδάφους. Για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος εξόλκευσης και διάρρηξης των οπλισμένων ζωνών, λαμβάνεται περιστροφικός μηχανισμός αστοχίας κατά τον οποίο πιθανές επιφάνειες αστοχίας ξεκινούν από τον πόδα του πρανού και φτάνουν έως το αντιστηριζόμενο έδαφος. Ο συνυπολογισμός της επίδρασης του γεωπλέγματος στην ευστάθεια του πρανού είναι μια απλή διαδικασία, κατά την οποία η εφελκυστική δύναμη του υλικού γεωπλέγματος μπαίνει απευθείας στις εξισώσεις οριακής ισορροπίας. Άλλα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν σε οδικά επιχώματα μεγάλου ύψους είναι η επάρκεια και η καταλληλότητα των υλικών, η ορθή επιλογή του εξοπλισμού διάστρωσης και διαμόρφωσης των στρώσεων, ο καθορισμός της διαδικασίας και η επιλογή του εξοπλισμού συμπύκνωσης, ο καθορισμός μεθόδου ελέγχου συμπύκνωσης, η πρόβλεψη συνιζήσεων και καθιζήσεων, ο έλεγχος ευστάθειας έναντι ολίσθησης των πρανών και του υπεδάφους, η επιλογή και ο σχεδιασμός των διατάξεων αποστράγγισης και τέλος η επένδυση πρανών. Στις εφαρμογές της οπλισμένης γης συμπεριλαμβάνει και ο οπλισμός των πρανών οδικών επιχωμάτων (reinforced slopes).

Στην Ελλάδα κατασκευάζονται επιχώματα ύψους 50m - 60m για να εξυπηρετήσουν οδούς ταχείας κυκλοφορίας ενώ σε άλλες χώρες υπάρχουν και με ύψος 100m. Για να παρέχει η οδός ένα υψηλό επίπεδο λειτουργικότητας από πλευράς κυκλοφοριακής άνεσης και οδικής ασφάλειας, πρέπει τα οδικά επιχώματα να διατηρούνται άθικτα στο πέρασμα του χρόνου ώστε να μην παραμορφώνεται το οδόστρωμα. Στις επιχωματώσεις περιλαμβάνονται οι εργασίες διάστρωσης των εδαφικών υλικών για την κατασκευή επιχωμάτων, επαναπλήρωσης όπισθεν των τοίχων αντιστήριξης, κατασκευής των μεταβατικών επιχωμάτων, επίχωσης των πτερυγοτόιχων και οι εργασίες εδαφοπλήρωσης γραμμικών στραγγιστηρίων και τάφρων.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Με τον όρο οπλισμένα επιχώματα εννοούμε όλα τα επιχώματα του Πολιτικού Μηχανικού (engineering fills), τα οποία περιλαμβάνουν οποιονδήποτε τύπο οπλισμού

είτε στο σύνολο του ύψους αυτών είτε τοπικά στην βάση ή στην στέψη. Διακρίνονται στα :

- οπλισμένα επιχώματα με απότομες έως και κατακόρυφες κλίσεις πρανών, η ευστάθεια των οποίων δεν θα μπορούσε να εξασφαλισθεί χωρίς οπλισμό. Πρόκειται δηλαδή για οπλισμένα επιχώματα αντιστήριξης (retaining structures)

- επιχώματα ήπιας κλίσης πρανών που περιλαμβάνουν όπλιση είτε στην θεμελίωση αυτών είτε στην στέψη για λόγους πχ ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους ή και αντιμετώπισης διαφορετικών καθιζήσεων σε ειδικές περιπτώσεις.

Γίνεται περαιτέρω διάκριση των οπλισμένων επιχωμάτων αντιστήριξης σε σχέση με τις κλίσεις των πρανών τους, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο EN 14475-2006. Η κατηγορία που μας ενδιαφέρει εν προκειμένω είναι αυτή των οπλισμένων επιχωμάτων με τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Επιπρόσθετα αν η κλίση της παρειάς είναι μεγαλύτερη από 70 μοίρες τότε η κατασκευή θεωρείται οπλισμένος τοίχος αντιστήριξης.

Η μέθοδος κατασκευής των οδικών οπλισμένων επιχωμάτων ή αλλιώς οπλισμένη γη, είναι όμοια με τα κοινά επιχώματα όσον αφορά τα υλικά και την διάστρωση τους, την συμπύκνωση και τους τελικού ποιοτικούς ελέγχους, με μόνη διαφορά την παρεμβολή των φύλλων ενίσχυσης που αναλαμβάνουν τον ρόλο του οπλισμού. Λόγω των δυνατοτήτων ανοχής σε διαφορετικές καθιζήσεις χρησιμοποιούνται σε πολλά είδη έργων κυρίως όμως σε έργα οδοποιίας όταν το εύρος κατάληψης της οδού είναι περιορισμένο (δηλαδή κοντινή γειτονία με απότομα πρανή ή με ποτάμια, δίπλα από περιοχές τοποθετημένων απαλλοτριώσεων ή και υψηλού κόστους χρήσεις γης). Οι εφαρμογές των οπλισμένων επιχωμάτων αποτελούν λύση για τη διέλευση αυτοκινητοδρόμων καθώς και για περιπτώσεις που επικρατούν δυσμενείς γεωτεχνικές συνθήκες.



Εικόνα 5.25 Απεικόνιση οπλισμένων επιχωμάτων με γεωσυνθετικά υλικά για καλύτερο οπλισμό

5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗΣ ΓΗΣ

Για να κατασκευαστεί οπλισμένη γη χρειάζεται μια συγκεκριμένη τεχνική η οποία περιλαμβάνει την παρεμβολή, σε οριζόντιες στρώσεις με πυκνότητα ανά 2-3m καθ' ύψος συνήθως χωρίς αναδίπλωση και ανάλογα με το πως είναι η διατομή, γεωφασμάτων ή γεωπλεγμάτων (όλκιμα ή εύκαμπτα στοιχεία όπλισης - extensible) ή άλλων συνθετικών στοιχείων όπως τα χαλύβδινα πλέγματα και οι μεταλλικοί ράβδοι (άκαμπτα στοιχεία όπλισης - inextensible) στην επιφάνεια των συνεκτικών εδαφικών υλικών που έχουν μεγάλη παραμορφωσιμότητα με σκοπό την ενίσχυσή τους. Για την κατασκευή των οπλισμένων επιχωμάτων, η χρήση των μονοαξονικών γεωπλεγμάτων (πολυαιθυλένιο HDPE ή PE) πλεονεκτεί σε σχέση με τα υπόλοιπα γεωσυνθετικά υλικά όπως για παράδειγμα τα γεωφάσματα που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα. Τα γεωσυνθετικά προσφέρουν μεγάλη αύξηση στην κλίση του πρανούς σε τιμές που κυμαίνονται από 1/1,5 έως και 1/2 (πιο απότομες κλίσεις) ή και εντελώς κατακόρυφες κλίσεις 90 μοιρών ενώ παράλληλα μειώνονται τα υλικά. Τα οπλισμένα πρανή προσφέρουν στα έργα αύξηση του πλάτους του οδοστρώματος που εξυπηρετεί στην διαπλάτυνση των οδών σε επίχωμα.



Εικόνα 5.26 Τοποθέτηση οπλισμένης γης

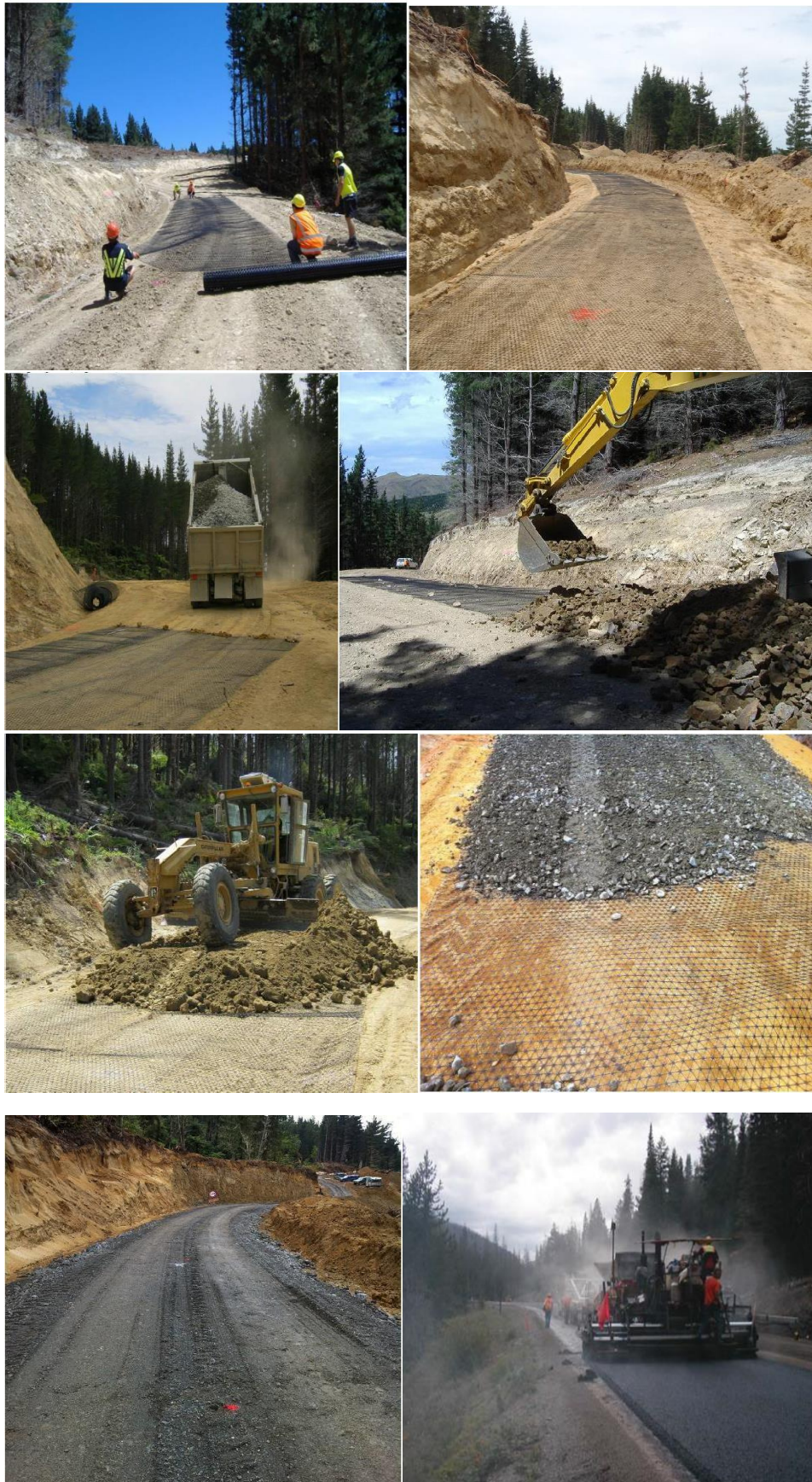
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η διαδικασία τοποθέτησης των φύλλων ξεκινάει αφού γίνει πρώτα η διάστρωση και η συμπύκνωση του υλικού επίχωσης. Τα γεωσυνθετικά υλικά διαστρώνονται κάθετα ως προς τον άξονα της οδού ενώ αντίθετα αν υπάρχει αντοχή στις δύο διευθύνσεις, διαστρώνονται με την κύρια διεύθυνση κάθετα προς τον άξονα της οδού. Το επόμενο βήμα είναι η επικάλυψη των γεωσυνθετικών υλικών που είναι 20 με 30 εκατοστά και στη συνέχεια η στερέωση με μεταλλικές ράβδους μήκους 50 εκατοστών εκτός κι αν προβλέπεται η αναδίπλωση λόγω κατασκευαστικών δυσκολιών δεν το προτιμούμε. Η μέθοδος της αναδίπλωσης είναι αποτελεσματική και εφαρμόζεται μόνο σε γεωφάσματα και σε ορισμένα χαμηλής αντοχής εύκαμπτα γεωπλέγματα. Είναι μια εύκαμπτη επιφανειακή επικάλυψη των όψεων των διαμορφωμένων πρανών υπό γωνία 90 μοιρών ως προς την οριζόντια. Το μήκος της αναδίπλωσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 μέτρο σε οριζόντια επιφάνεια αλλά μπορεί να υπολογιστεί και από την μέθοδο της οριακής ισορροπίας. Σε περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται γεωπλέγματα χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή γιατί απαιτείται η διατήρηση μικρής τάνυσης των στρώσεων έως την επίχωση τους με τα εδαφικά υλικά.

Η πρώτη στρώση γεωσυνθετικού οπλισμού τοποθετείται στη βάση του επιχώματος και οι επόμενες τοποθετούνται σε ίσες αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών στρώσεων ενώ αυξάνεται το ύψος του επιχώματος. Πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση της ροπής ευστάθειας του πρανούς με απότομη κλίση καθώς η οριζόντια δύναμη που ασκείται στο επίπεδο του γεωφάσματος, έχει ίσο μέτρο προς την τιμή της αντοχής σε εφελκυσμό του γεωφάσματος. Όταν έχουμε απότομες κλίσεις υπάρχει η πιθανότητα επιφανειακής αστοχίας μεταξύ των ενισχυμένων στρώσεων και είναι πολύ πιθανό να χρειαστεί επιπλέον στρώση δευτερεύοντος οπλισμού. Αυτός ο δευτερεύων οπλισμός τοποθετείται με καθ' ύψος αποστάσεις 30 με 60 εκατοστών με μήκος 2 μέτρα όταν η γωνία του πρανούς οπλισμένου επιχώματος είναι 45 μοιρών που έχει σκοπό την επιφανειακή ευστάθεια και την προστασία έναντι της διάβρωσης. Τα γεωσυνθετικά υλικά αναδιπλώνονται και πραγματοποιείται η αγκύρωση τους με την αμέσως επόμενη στρώση. Αν έχουμε κατακόρυφα πρανή οπλισμένου επιχώματος 90 μοιρών απαιτείται η αναδίπλωση του γεωσυνθετικού υλικού και μετέπειτα η διαμόρφωση της επιφάνειας του πρανούς από τα κατακόρυφα μέτωπα των στρώσεων. Όταν έχουμε συμπίεστά χαλαρά εδαφικά στρώματα μεγάλου πάχους όπως είναι τα βουρκώδη από μαλακή άργιλο, τα ιλυώδη, τα τυρφώδη, τα οργανικής σύστασης εδάφη και γενικά όσα παρουσιάζουν αδύναμα μηχανικά χαρακτηριστικά και χαμηλή φέρουσα ικανότητα καθώς και αντοχή απαιτείται η διάστρωση μιας αποστραγγιστικής ή εξυγιαντικής στρώσης σε κατάλληλο βάθος και με πάχος τουλάχιστον 0,50 μέτρα η οποία να αποτελείται από κροκάλες, χονδρά θραυστά και άλλου λίθους που σκοπό έχουν την αποφυγή αστοχίας του επιχώματος η οποία μπορεί να προκληθεί από την θραύση του υπεδάφους. Στον πυθμένα της εξυγιαντικής στρώσης τοποθετείται μια πρώτη στρώση υφαντού γεωφάσματος και έπειτα η στρώση αυτή καλύπτεται από ενισχυμένο γεωφάσμα ώστε να αποτελέσει την βάση του επιχώματος. Τα γεωσυνθετικά που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να αποτελούνται από πολυεστέρα υψηλού μέτρου ελαστικότητας που παρέχει υψηλή εφελκυστική

αντοχή, μικρή επιμήκυνση και παραμόρφωση ερπυσμού με σκοπό την εξασφάλιση ανάπτυξης υψηλής τριβής ανάμεσα στο υπεδάφος και στο επίχωμα ενώ ταυτόχρονα απαιτείται η ύπαρξη επαρκούς υδατοπερατότητας ώστε να επιτυγχάνεται στερεοποίηση του υπεδάφους και να μειώνεται η πίεση του νερού των πόρων. Αυτή η μέθοδος ενίσχυσης της θεμελίωσης συμβάλει θετικά ακόμα και αν η έδραση του επιχώματος γίνεται επί φυσικού πρανούς.

Για την βελτίωση της ευστάθειας, την βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς και την μείωση πιθανότητας ολίσθησης ενός ψηλού επιχώματος απαραίτητη είναι η κατασκευή επικλίσεων σε χαμηλότερες στρώσεις με παρεμβολή γεωφάσματος ή γεωπλέγματος στην παρειά και στο πυθμένα των βαθμίδων αγκύρωσης η οποία μπορεί να συνδυασθεί παράλληλα με την παρεμβολή θραυστού υλικού για την κατασκευή στραγγιστικής στρώσης από την στιγμή που το υλικό επίχωσης αποτελείται από λεπτόκοκκα συνεκτικά υλικά τα οποία είναι μικρής διαπερατότητας και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα διείσδυσης όμβριων.



Εικόνα 5.27 Φάσεις Κατασκευής σε ασθενές έδαφος

5.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα βήματα της διαστασιολόγησης των οπλισμένων επιχώματων σύμφωνα με τους Φικίρη και Μαυρομμάτη είναι τα εξής :

1. Καθορισμός της γεωμετρίας του προβλήματος.
2. Επιλογή των γεωτεχνικών παραμέτρων των υλικών επίχωσης και του εδάφους θεμελίωσης.
3. Επιλογή συνδυασμών φόρτισης και καθεστώτος υπογείων υδάτων.
4. Έλεγχος εσωτερικής ευστάθειας.
5. Υπολογισμός μέγιστης απαιτούμενης δύναμης.
6. Υπολογισμός μήκους οπλισμού στη βάση του επιχώματος.
7. Υπολογισμός εφελκυστικής αντοχής σχεδιασμού οπλισμών και εκτίμηση απαιτούμενου αριθμού στρώσεων.
8. Υπολογισμός βέλτιστης πυκνότητας και βάθους τοποθέτησης οπλισμών.
9. Επιλογή τελικής διάταξης και αριθμού οπλισμών.
10. Υπολογισμός μήκους εξόλκευσης L.
11. Έλεγχος εξωτερικής / συνολικής ευστάθειας.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

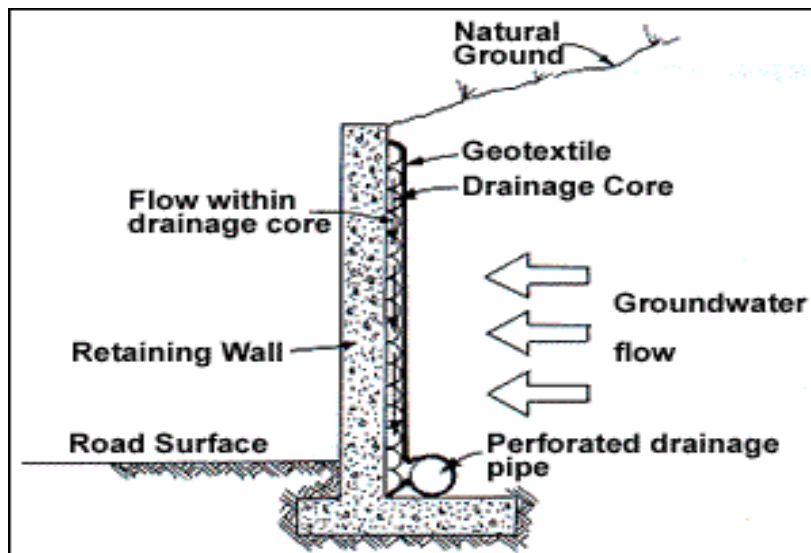
Η όπλιση του εδάφους με γεωσυνθετικά υλικά έχει φανεί ανταγωνιστική διότι παρέχουν την δυνατότητα υλοποίησης τεχνικά ανέφικτων χωρίς αυτά λύσεων. Διαθέτουν μεγάλη ακαμψία και έτσι μπορούν να τοποθετούνται γρήγορα και να προσφέρουν μικρό κόστος κατασκευής λόγω της μείωσης της έκτασης των απαιτούμενων απαλλοτριώσεων και την μείωση των υλικών κατασκευής. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην όπλιση των πρανών και προσφέρουν βελτίωση στην ευστάθεια του επιχώματος αντί τη περιστροφικής ολίσθησης, στην ενίσχυση της παρειάς με σκοπό την ευστάθεια έναντι επιφανειακής και τοπικής αστοχίας, στην ενίσχυση του σώματος επιχώματος που αποσκοπεί στην ενίσχυση της επιφάνειας έδρασης του επιχώματος με σκοπό την μείωση της παραμορφωσιμότητας και των καθιζήσεων όπως και την αύξηση της ευστάθειας ή ακόμη και την όπλιση του υλικού επίχωσης των τοίχων αντιστήριξης, στην αποστράγγιση.

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

Τα γεωσυνθετικά φύλλα που επιστρώνονται πριν τα υλικά επίχωσης απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην υποστούν ζημιά ή τυχόν να καταστραφούν κατά την μετέπειτα κατασκευή του επιχώματος. Με την διέλευση των οχημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για την διάστρωση και την συμπύκνωση των υλικών επίχωσης υπάρχει πιθανότητα να σχισθούν, να τα αναδιπλώσουν και να δημιουργήσουν άλλες βλάβες. Όλα τα παραπάνω μπορούν να επιλυθούν με την επιλογή και χρήση μηχανημάτων ελαφρύ τύπου και η κίνηση τους να περιοριστεί με προσοχή με πάχος τουλάχιστον 20 cm, μεταλλικά αιχμηρά αντικείμενα ή και σιδηρού οπλισμού. Αν δεν έχουν καταστραφεί ολοκληρωτικά τα γεωσυνθετικά υλικά τότε μπορούν να επανατοποθετηθούν. Μέχρι να γίνει η τοποθέτηση, όμως, τα ρολά των γεωσυνθετικών υλικών καλό θα ήταν να αποφευχθεί η παρατεταμένη έκθεση τους στον ήλιο και να φυλαχθούν στο προστατευτικό περίβλημα εφόσον δεν χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία για την προστασία τους από την υπεριώδη ακτινοβολία. Η άμεση έκθεση τους στην υπεριώδη ακτινοβολία προκαλεί μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων τους λόγω της ευαισθησίας των πρώτων υλών τους. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο και για να εξασφαλισθεί η ποιότητα του, μετά την επίστρωση, το γεώφασμα πρέπει να καλύπτεται άμεσα με εδαφικό υλικό για να μην προκληθεί αποδόμηση των συστατικών του, ακόμα και αν κατά την παραγωγή του έχει χρησιμοποιηθεί σταθεροποιητής με σκοπό την μείωση επίδρασης της υπεριώδους ακτινοβολίας. Στην περίπτωση κατασκευής των οδικών επιχωμάτων, τα γεωσυνθετικά υλικά που έχουν τον ρόλο του πρωτεύοντος οπλισμού πρέπει να καλύπτονται με το εδαφικό υλικό επίχωσης μέσα σε 48 ώρες με εδαφικό υλικό.

5.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΤΟΙΧΟΥΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τα σύγχρονα έργα αντιστήριξης (earth-retaining structure) είναι κατασκευές οι οποίες απαραίτητα χρησιμοποιούνται σε οδικές χαράξεις που διασχίζουν χαλαρά εδάφη και σε περιπτώσεις που η φυσική κλίση του πρανούς είναι αδύνατη λόγω περιορισμένου χώρου έδρασης ή είναι αδύνατη η διαμόρφωση τους με την γεωτεχνικά κατάλληλη κλίση. Προσφέρουν ευστάθεια των εδαφικών μαζών καθώς εμποδίζουν προς τα κατάντη τις οριζόντιες μετακινήσεις που αναπτύσσονται στο κάθετο επίπεδο του άξονα της οδού, επομένως προσφέρουν προστασία των κατάντη κατασκευών από ολισθήσεις των οδικών επιχωμάτων αλλά και προστασία της οδού από κατολισθήσεις πρανών ορυγμάτων. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και σε θέσεις επανεπίχωσης οχετών ή γεφυρών. Σε αυτή την κατηγορία έργων κατατάσσονται επίσης τα οπλισμένα επιχώματα, οι τοίχοι οπλισμένης γης και ειδικότερα τα ακρόβαθρα γεφυρών, οι πτερυγότοιχοι και οι τοίχοι ανεπίστροφής τεχνικών έργων.



Εικόνα 5.28 Τοίχος αντιστήριξης με γεώφασμα

Ανάλογα με το είδος της κατασκευής αλλά και τον τρόπο που επιτυγχάνεται η ευστάθεια, τα έργα αντιστήριξης διακρίνονται σε:

α) τοίχους βαρύτητας ,όπου συμπεριλαμβάνονται τα οπλισμένα επιχώματα κατακόρυφων πρανών , οι τοίχοι άοπλου σκυροδέματος, οι τοίχοι από κυβόλιθους ή πλίνθους, οι σπονδυλωτοί τοίχοι

β) τοίχους ημιβαρύτητας όπου συμπεριλαμβάνονται οι τοίχοι αντιστήριξης ή τοίχοι-πρόβολοι από έγχυτο σκυρόδεμα ή προκατασκευασμένα στοιχεία διατομής L ή T

γ) αντηριδωτούς τοίχους

δ) τοίχους Βερολίνου και

ε) ειδικά έργα αντιστήριξης με σπάνια εφαρμογή στην οδοποιία όπως τα διαφράγματα, οι πασσαλοσανίδες, οι κιβωτιόσχημοι τοίχοι (timber crib walls).

Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης

Στις βασικές χωματουργικές εργασίες που εκτελούνται για την κατασκευή ενός τοίχου αντιστήριξης συμπεριλαμβάνονται οι ειδικές εκσκαφές για την διαμόρφωση της στάθμης θεμελίωσης του τεχνικού έργου, οι επιφανειακές εκσκαφές ανάντη του πρανούς, οι επιχωματώσεις και η συμπύκνωση του εδάφους όπισθεν του τοίχου και τέλος η φυτοκάλυψη και η επένδυση της επιφάνειας του εδάφους. Οι τοίχοι αντιστήριξης μεγάλου ύψους και κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σε περίπτωση που τα υλικά επανεπίχωσης παρουσιάζουν χαμηλά μηχανικά χαρακτηριστικά πραγματοποιείται παρεμβολή γεωφασμάτων ή γεωπλεγμάτων με στόχο την μείωση των ενεργητικών ωθήσεων που ασκούνται στον τοίχο και λειτουργούν ως πρόβολοι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των διατομών μεγάλων διαστάσεων από οπλισμένο σκυρόδεμα και τελικά οι τοίχοι αντιστήριξης να διαθέτουν πιο μικρή διατομή σκυροδέματος και έτσι να πλεονεκτούν από οικονομικής και τεχνικής πλευράς σε σχέση με τους τοίχους βαρύτητας διότι απαιτούνται λιγότερα υλικά για την κατασκευή τους. Η αντοχή σχεδιασμού του γεωσυνθετικού υλικού στην κατώτερη στρώση αλλά και κάθε άλλου στοιχείου

όπλισης και πρέπει να αντισταθμίζεται με τη δύναμη της ενεργητικής ώθησης του στρώματος επιχώματος που περιβάλλει το γεωσυνθετικό. Επιπρόσθετα, τα γεωυφάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά σαν περίβλημα για τα υλικά φίλτρου του τοίχου αντιστήριξης με σκοπό να αποτραπεί η εισχώρηση του λεπτόκοκκου υλικού καθώς και την κατείσδυση της άμμου στον φιλτροσωλήνα.

Ωστόσο, υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό των οπλισμένων κατασκευών με την χρήση των γεωφασμάτων οι οποίοι είναι :

- 1) η ανισοτροπία στις μηχανικές ιδιότητες του γεωυφάσματος
- 2) η συνεργασία μεταξύ των γειτονικών φύλλων και
- 3) οι φθορές του γεωυφάσματος που δημιουργούνται κατά την διαδικασία κατασκευής του έργου.

Επομένως γίνεται γνωστό πως ο σχεδιασμός των οπλισμένων κατασκευών με γεωσυνθετικά υλικά απαιτούν γνώσεις των χαρακτηριστικών του μηχανισμού αλληλεπίδρασης της διεπιφάνειας του εδάφους και του γεωσυνθετικού υλικού, αυτές οι γνώσεις όμως αποκτώνται με την εκτέλεση δοκιμών άμεσης διάτμησης και εξόλκευσης με σκοπό τον περιορισμό της φθοράς καθώς και την εξασφάλιση της λειτουργικότητας του υλικού. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία τοποθέτησης των γεωσυνθετικών αλλά και οι γενικότερες συνθήκες στην επιφάνεια της τοποθέτησης πρέπει να είναι ευνοϊκές και οι ιδιότητες των γεωφασμάτων να είναι τέτοιες που θα διευκολύνουν στην τοποθέτησή τους.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό που βασίζεται στην μεθοδολογία του σχεδιασμού των οπλισμένων κατασκευών είναι η γνώση της μηχανικής συμπεριφοράς του σύνθετου υλικού (όπως για παράδειγμα έδαφος και γεωύφασμα) αλλά και άλλων συστατικών του όπως η μηχανική συμπεριφορά : α) της διατμητικής αντοχής του εδάφους, β) της αντοχής σε εφελκυσμό του γεωυφάσματος και τέλος γ) η φαινόμενη γωνία τριβής και συνάφεια μεταξύ εδάφους και γεωυφάσματος. Η μηχανική συμπεριφορά των εδαφών που είναι ενισχυμένα με γεωυφάσματα διερευνάται συνήθως με την εκτέλεση δοκιμών τριαξονικής φόρτισης. Η αλληλεπίδραση στην επιφάνεια επαφής άμμου και γεωυφάσματος περιγράφεται με διγραμμικές περιβάλλουσες αστοχίας που παρουσιάζουν μηδαμινή συνάφεια και σταθερή γωνία τριβής. Καταλήγουμε στο γεγονός ότι η άμμος με το γεωύφασμα συνεργάζονται καλύτερα και επηρεάζεται από τον τύπο του γεωυφάσματος που έχει ως αποτέλεσμα την υψηλότερη επίδραση της ενίσχυσης της αντοχής. Αν όμως υπάρχει συνεκτικό έδαφος μεταξύ με το γεωύφασμα τότε η αλληλεπίδραση τους εξαρτάται από την τιμή της ορθής τάσης. Ο προσανατολισμός του γεωυφάσματος ως προς τους άξονες της κατασκευής πρέπει να προκαθορίζεται κατά την μελέτη και όσο το δυνατόν να ταυτίζονται οι διευθύνσεις μέγιστης αντοχής και καταπόνησης του γεωυφάσματος κατά την διάρκεια της κατασκευής. Αυτό συμβαίνει διότι πολλά από τα γεωσυνθετικά υλικά και πιο συγκεκριμένα τα υφαντά γεωυφάσματα παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε εφελκυσμό (φορτίο θραύσης, επιμήκυνση στην αστοχία) μεταξύ της διεύθυνσης παραγωγής και της εγκάρσιας προς αυτήν. Δύο γειτονικά φύλλα γεωσυνθετικού υλικού μπορούν να συνεργαστούν με συρραφή ή με την επικάλυψη των άκρων τους. Η αντοχή της συρραφής αποτελεί το όριο θραύσης των γεωφασμάτων.

5.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗΣ ΓΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΥΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τα πλεονεκτήματα είναι :

- α) οικονομία υλικών,
- β) ευκολία κατασκευής,
- γ) ταχύτητα περάτωσης του έργου,
- δ) εύκαμπτη κατασκευή με μεγάλες ανοχές στις οριζόντιες και κατακόρυφες μετατοπίσεις,
- ε) είναι κατάλληλο συγκριτικά με την σεισμική φόρτιση,
- στ) αποστράγγιση,
- ζ) σημαντικό ποσοστό λεπτόκοκκων υλικών που μπορεί να περιέχει στο υλικό της επίχωσης,
- η) κατά την διάρκεια της κατασκευής δεν απαιτείται στήριξη του επιχώματος και
- θ) ικανοποιητικές απαιτήσεις σχεδιασμού.

Τα μειονεκτήματα είναι :

- α) πιθανή διάβρωση σε περίπτωση τοποθέτησης μεταλλικού οπλισμού,
- β) πιθανή μείωση της αντοχής των γεωσυνθετικών υλικών αν φθαρούν κατά την τοποθέτησή τους, γ) πιθανή μείωση της αντοχής των γεωσυνθετικών λόγω των ερπυστικών παραμορφώσεων,
- δ) όπου κατασκευάζονται οπλισμένα επιχώματα θα χρειαζόταν μεγαλύτερου πλάτους εκσκαφή (κυρίως σε περιοχές ορυγμάτων),
- ε) περιορισμός περαιτέρω εκσκαφής πίσω από το οπλισμένο επίχωμα και
- ζ) με τα σημερινά δεδομένα αποτελεί αρκετά συντηρητική μέθοδος σχεδιασμού.

6. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

Κάποιες φορές το έδαφος θεμελίωσης τυχάνει να είναι να είναι πολύ μαλακό, υγρό, με στρώσεις λεπτόκοκκου ή κορεσμένου υλικού και να μην επιτρέπεται η περαίωση της κατασκευής λόγω της χαμηλής διατμητικής αντοχής και της υψηλής συμπιεστότητας που έχει. Τέτοια εδάφη συναντώνται πιο πολύ σε παράκτιες περιοχές, στις εκβολές των ποταμών ή και σε ελώδεις εκτάσεις (περιοχές που μαζεύουν λιμνάζοντα νερά). Επειδή η κατάσταση του εδάφους παίζει τον πρωταρχικό ρόλο σε ένα έργο, μπορεί να επιτευχθεί η σταθεροποίηση του με πολλές λύσεις μια εκ των οποίων είναι τα γεωσυνθετικά υλικά. Τα γεωσυνθετικά υλικά προσφέρουν απλή, αποτελεσματική, γρήγορη και οικονομική λύση με σκοπό την μηχανική σταθεροποίηση της ασθενούς και ανομοιογενούς υπόβασης της οδού ώστε να μπορεί να παραλαμβάνει κυκλοφοριακά φορτία κατά την διάρκεια της κατασκευής του αλλά και την περίοδο της λειτουργίας του. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με χρησιμοποίηση δύσκαμπτων διαζονικών στρώσεων γεωπλεγμάτων πάνω στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς προηγουμένως να έχει προηγηθεί εκσκαφή ή κάποια άλλη διεργασία που θα μπορεί να αναταράξει το εδαφικό υλικό είτε με την κατασκευή αναχωμάτων ή επιχωμάτων τα οποία δέχονται επιφορτίσει στην επιφάνεια τους και παράλληλα την χρήση γεωφασμάτων υψηλής σχετικά αντοχής σε εφελκυσμό προκειμένου να μην παραμορφωθούν και προκαλέσουν αστοχία στο ανάχωμα ή στο επίχωμα. Τα δύσκαμπτα διαζονικά γεωπλέγματα αποτελούνται από κόμβους και βαθιές νευρώσεις μεγωνιώδεις πλευρές πάχους 2 mm και λειτουργούν σαν ένα μονολιθικό και δύσκαμπτο σώμα, κατασκευάζονται από φύλλα πολυπροπυλενίου με τη μέθοδο της εξώθησης ώστε να δημιουργηθεί η διάτρητη επιφάνεια.

6.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ / ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ

Για την κατασκευή των αναχωμάτων ή των επιχωμάτων απαιτείται η τοποθέτηση του γεωφάσματος σε όλη την επιφάνεια του συνεκτικού εδάφους ώστε να καλυφθεί πλήρως η επιφάνεια έδρασης του αναχώματος. Μετέπειτα πάνω από το γεωφάσμα πραγματοποιείται η διάστρωση εδαφικού υλικού τέτοιας διαβάθμισης που να αναλαμβάνει και τον ρόλο του οριζόντιου στραγγιστηρίου, ενώ τα κατακόρυφα στραγγιστήρια τοποθετούνται ύστερα μέχρι τον πυθμένα της στρώσης του μαλακού εδάφους. Τελικά, ακολουθεί η κύρια κατασκευή του επιχώματος ή του αναχώματος με κατάλληλο με συνεκτικό υλικό.

Αντίστοιχα, η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας για αυτού του είδους τα εδάφη μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση επάλληλων οριζόντιων στρώσεων εδάφους και γεωφάσματος που αναλαμβάνει τον ρόλο του οπλισμού, κάτω από τα στοιχεία της επιφανειακής θεμελίωσης όπως για παράδειγμα τα πέδιλα, τους πεδιλοδοκούς κ.τλ. Μερικές φορές παρατηρείται αύξηση της φέρουσας ικανότητας με την μέθοδο αυτή σε τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 25-30%. Τα γεωφάσματα βέβαια, για να λειτουργούν σωστά, πρέπει να παρουσιάζουν σημαντική επιμήκυνση ώστε να επιτρέπεται στο εσωτερικό τους η ανάπτυξη των αντίστοιχων εφελκυστικών τάσεων και αυτό σημαίνει πως απαιτείται ανάπτυξη καθιζήσεων του θεμελίου. Αυτός ο παράγοντας όμως μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά όσον αφορά την λειτουργία της κατασκευής που εδράζεται στο οπλισμένο έδαφος.

6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΑΞΟΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑ

Οι πρώτες εφαρμογές της μεθόδου αυτής έγιναν το 1970 από την εταιρεία Tensar που παρήγαγε πρώτη τα διαξονικά πλέγματα και έχει αποδειχθεί ότι η αποτελεσματικότητα της χρήσης της μεθόδου στην σταθεροποίηση των εδαφών εξαρτάται από το σχήμα και την σύσταση του γεωπλέγματος στην δυσκαμψία των νευρώσεων και των κόμβων και όχι στην εφελκυστική του αντοχή. Οι παραδοσιακοί μέθοδοι σταθεροποίησης των ασθενών εδαφών έχουν αντικατασταθεί με σύγχρονες, σε όλο τον κόσμο έχουν ολοκληρωθεί αμέτρητα έργα με τεράστια επιτυχία όπως για παράδειγμα στην Πολωνία το 1996 όπου λόγω του χρονοδιαγράμματος, η σταθεροποίηση της ασθενούς υπόβασης μιας οδού πρόσβασης που αποτελούνταν από μαλακή άργιλο. Η χρήση της τσιμεντοκονίας ήταν αδύνατη σε δυσμενείς συνθήκες (κατά τη διάρκεια του χειμώνα με βροχή και χιόνι) επομένως επιλέχθηκε να τοποθετηθεί 200 mm άμμου πάνω στο ασθενές έδαφος για προστασία έναντι του πάγου, έπειτα απευθείας τοποθετήθηκαν τα διαξονικά γεωπλέγματα και τέλος συμπυκνώθηκαν. Η οδός αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την διέλευση μεγάλων οχημάτων μεταφοράς υλικών ώστε να ξεκινήσει η κατασκευή της βιομηχανικής ζώνης ενώ μετά το πέρας των εργασιών υποδομής η οδός διαστρώθηκε με άσφαλτο και χρησιμοποιείται έως και σήμερα. Τα μη ασφαλτοστρωμένα οδοστρώματα πρέπει να συντηρούνται περιοδικά διότι κατά την κίνηση των οχημάτων δημιουργούνται φθορές όπως για παράδειγμα οι αυλακώσεις.

Παρόμοια περίπτωση είναι αυτή του 1987 στην Νέα Ορλεάνη όπου σε υγρό, βαλτώδες και λεπτόκοκκο έδαφος έπρεπε να κατασκευαστεί οδός πρόσβασης λόγω των αντιπλημμυρικών έργων που γίνονται στην περιοχή. Καθώς το έδαφος δεν μπορούσε να συγκρατήσει ούτε το ανθρώπινο βάρος αλλά έπρεπε από το σημείο αυτό να διέλθουν βαριά οχήματα και τόνοι υλικών και έτσι τοποθετήθηκαν απευθείας τα διαξονικά γεωπλέγματα πάνω στην ασθενή υπόβαση και ακολούθησε διάστρωση χονδρόκοκκου υλικού από την εκβάθυνση του Μισισιπή. Αφού μπήκαν τα διαξονικά γεωπλέγματα ακολούθησε η χειρωνακτική και η μηχανική συμπίκνωση του κοκκώδους υλικού με σημαντική μείωση του κόστους κατασκευής.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η κατασκευή προσωρινών οδών πρόσβασης πάνω σε βάλτο βάθους 9-14 mm στην Αγγλία το 2001, με σκοπό την δημιουργία της νότιας εισόδου σήραγγας μιας καινούργιας σιδηροδρομικής αρτηρίας υψηλής ταχύτητας η οποία θα διέρχεται κάτω από τον ποταμό Τάμεση. Λόγω του ότι έπρεπε να διέλθουν βαριά οχήματα τόνων και τα υλικά κατασκευής τοποθετήθηκαν διαξονικά γεωπλέγματα με μεγάλες βροχίδες πάνω στο Βάλτο (Large aperture) τα οποία στο κάτω μέρος τους είχαν θερμοκολλημένο μη υφαντό γεωφάσμα ώστε να αποτρέπεται η εισχώρηση του λεπτόκοκκου υλικού στο γεωσύνθετο αδρανές – γεώπλεγμα. Διαστρώνεται και συμπυκνώνεται με χονδρόκοκκο σκυρόδεμα καλής διαβάθμισης που προερχόταν από γειτονικό σημείο κατεδάφισης και τοποθετήθηκε ξανά γεώπλεγμα με μικρότερες βροχίδες χωρίς θερμοκολλημένο γεωφάσμα ενώ στο

τέλος διαστρώθηκε με μια ακόμη στρώση αδρανούς με μέγιστο κόκκο. Το μέγεθος της βροχίδας επιλέχθηκε για λόγους ευκολίας και οικονομίας αφού τα αδρανή που χρησιμοποιήθηκαν για το έργο δεν χρειαζόταν να έχουν μεγάλο κόστος εφόσον πρόκειται για προσωρινή κατασκευή.

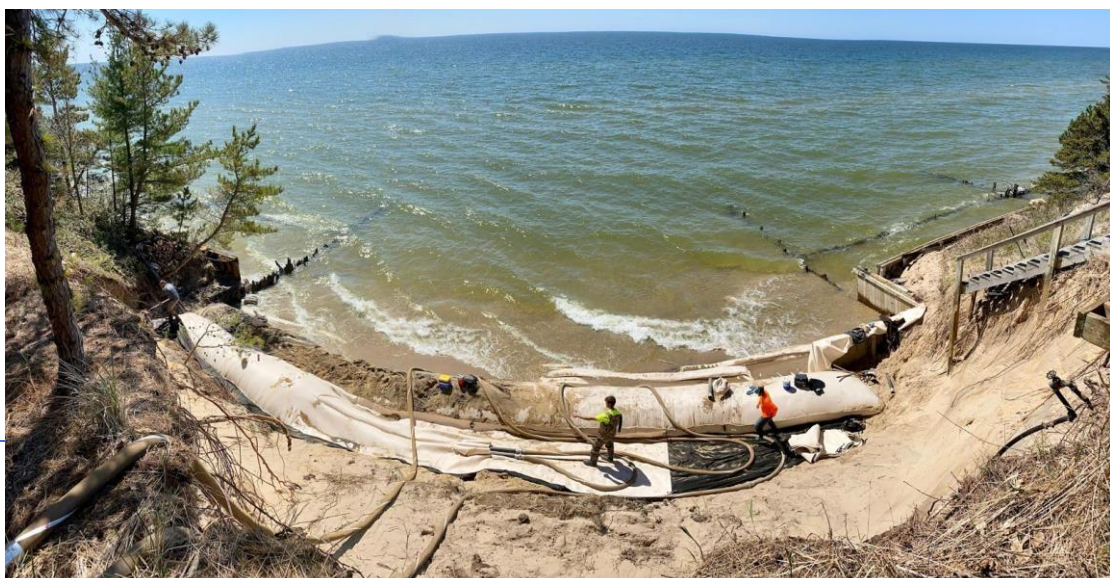
6.3 ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Ένα άλλο μεγάλο κεφάλαιο που βρίσκουν εφαρμογή τα γεωυφάσματα είναι αυτό της αντιδιαβρωτικής προστασίας.

Οι λόγοι εφαρμογής έργων πρόβλεψης αντιδιαβρωτικής προστασίας οφείλονται είτε σε περιοριστικούς λόγους που επιβάλλουν οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις σε κάθε έργο (όπως για παράδειγμα την αποφυγή της μόλυνσης των υδάτων από εδαφικά υλικά που παρασύρονται από την αρχική τους θέση), άλλοτε στην απαίτηση διατήρησης του διαμορφωμένου τοπογραφικού ανάγλυφου σε μια περιοχή, άλλοτε στη διατήρηση της λειτουργικότητας της αποχέτευσης / αποστράγγισης οδών και άλλοτε στην προστασία ιδιωτικής ή δημόσιας περιουσίας σε διαβρώσιμες ακτές που έχουν ως φυσικό επακόλουθο σε πολλές περιπτώσεις κατολισθήσεις. Τονίζεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η φυσική βλάστηση παρέχει επαρκή αντιδιαβρωτική προστασία και έτσι προστίθενται πρόσθετα μέτρα προστασίας στα πρόσφατα κατασκευασμένα πρανή, σε φυσικές ή τεχνητές διαδρομές ροής υδάτων με περιστασιακά υψηλής ταχύτητας παροχές (για παράδειγμα σε όχθες ποταμών, χειμάρρων, σε τάφρους, σε αντιπλημμυρικά αναχώματα, σε υπερχειλιστές φραγμάτων κ.τ.λ.) ή σε περιοχές εκτεθειμένες σε πλημμύρες ή σε κυματισμούς όπως στις ακτογραμμές. Μεταξύ άλλων τεχνικών δυνατοτήτων, τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται γεωσυνθετικά υλικά σε έργα αντιδιαβρωτικής προστασίας που βρίσκουν εφαρμογή σε τέτοιο βαθμό που η χρησιμοποίησή τους αποτελεί πλέον την βέλτιστη, αποδεκτή τεχνική λύση.

Σύμφωνα με τον Gourc, οι μηχανισμοί διάβρωσης του εδάφους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- α) διάβρωση πρανών λόγω βροχοπτώσεων και της επιφανειακής απορροής των υδάτων αυτών
- β) διάβρωση τάφρων, χειμάρρων, ποταμών λόγω της ροής των υδάτων
- γ) διάβρωση της ακτογραμμής λόγω κυμάτων και δ) αιολική διάβρωση.



Εικόνα 6.29 Τοποθέτηση γεωσακών ύστερα από πτώση της ακτογραμμής



Εικόνα 6.30 Γεώσακοι για την προστασία της ακτογραμμής

Η βασικότερη αιτία διάβρωσης των πρανών είναι η βροχόπτωση καθώς κατά τη στιγμή πρόσκρουσης των σταγόνων της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους μεταφέρεται στιγμιαία ενέργεια στους εδαφικούς κόκκους. Η ενέργεια αυτή καταστρέφει την δομή των κόκκων οι οποίοι αποκολλώνται και έπειτα μετακινούνται από την αρχική τους θέση.

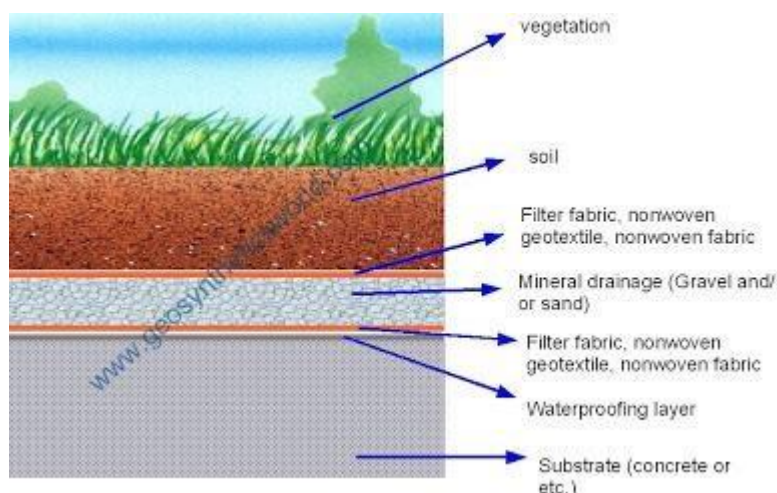
Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν καινοτόμοι και νέοι μέθοδοι αντιδιαβρωτικής προστασίας των έργων, με τη χρήση κυρίως των γεωσυνθετικών υλικών. Αναπτύσσονται συνεχώς τα τελευταία χρόνια με τέτοιο ρυθμό ο οποίος μπορεί να οδηγήσει στην πλήρη αντικατάσταση των παλαιότερων μεθόδων. Οι πιο βασικοί λόγοι στους οποίους οφείλεται η ανάπτυξη τους είναι : α) οι οικονομικές επιπτώσεις που επιφέρει η διάβρωση των εδαφών, β) οι αυστηροί περιβαλλοντικοί όροι που διέπουν ένα έργο όσο και στην κατασκευή του τόσο και στην λειτουργία του, γ) το μέγεθος του έργου και δ) οι υψηλές απαιτήσεις του έργου. Τα γεωσυνθετικά αδιαμφισβήτητα όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια έχουν πλεονεκτήματα όσο αφορά τις ιδιότητες και την κατασκευαστική τους ευκολία.

Τα γεωσυνθετικά που χρησιμοποιούνται για την αντιδιαβρωτική προστασία διαχωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες εκ των οποίων η πρώτη είναι γεωσυνθετικά με περιορισμένο χρόνο ζωής(Temporary Erosion and Revegetation Materials -

TERMs) ενώ η δεύτερη αφορά τα γεωσυνθετικά με μακροχρόνια λειτουργία (Permanent Erosion and Revegetation Materials - PERMs). Τα γεωσυνθετικά υλικά περιορισμένου χρόνου ζωής έχουν ως στόχο την αντιδιαβρωτική προστασία του εδάφους μέχρι να αναπτυχθεί η βλάστηση σε ικανοποιητικό βαθμό ώστε να παρέχει από μόνη της την προστασία κατά της διάβρωσης. Αντίθετα, τα γεωσυνθετικά μακροχρόνιας λειτουργίας μπορούν να παρέχουν την προστασία που χρειαζόμαστε κατά της διάβρωσης εφόσον συνδυαστούν με βλάστηση (Biotechnical related) ή με βαριά μέτρα προστασίας (hard-armor related) όπως είναι τα συρματοκιβώτια, οι λιθορριπές σε πρανή καναλιών. Η αγκύρωση των γεωσυνθετικών υλικών στον πόδα αλλά και στο φρύδι των πρανών απαιτείται για την συγκράτησή τους. Στην επιφάνεια των πρανών απαιτείται επίσης συγκράτηση των γεωσυνθετικών υλικών συνήθως είτε με τη χρήση ειδικών χαλύβδινων αγκυριών είτε διχάλων

6.4 ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Τα γεωσυνθετικά υλικά αποτελούν και περιβαλλοντικά αποδεκτές λύσεις λόγω της δυνατότητας ανάπτυξης της βλάστησης στις εμφανείς παρειές του οπλισμένου επιχώματος. Όταν η κλίση του πρανούς είναι ήπια απαιτείται η τελική κάλυψη - επένδυση των πρανών με στρώμα μανδύα φυτικής γης όπου θα γίνει η φύτευση και η ανάπτυξη της βλάστησης. Ενώ στις ισχυρές κλίσεις πρανών επιχωμάτων απαιτείται παρεμβολή γεωφασμάτων, γεωκυψελών με πλήρωση φυτικής γης, φυτικών γεωπλεγμάτων σε συνδυασμό με υδροσπορά ώστε να επιτευχθεί η τελική επένδυση. Αυτή η διαδικασία αποτελεί την κλασική μέθοδο επένδυσης γεωκατασκευών οδοποιίας.



Εικόνα 6.31 Τομή εδάφους με υπάρχουσα βλάστηση (πηγή: <http://www.geosyntheticworld.com/>)

Σύμφωνα με τον Carroll (1991), οι μόνιμοι τρισδιάστατοι γεωσυνθετικοί τάπητες ανοικτής δομής ή πλέγματα αλλά και οι τρισδιάστατες γεωσυνθετικές κυψέλες κατατάσσονται στην κατηγορία των μόνιμων αντιδιαβρωτικών μέτρων που μπορούν να συνδυαστούν με βλάστηση με σκοπό την εξασφάλιση της απαιτούμενης προστασίας έναντι της διάβρωσης. Σε αυτή την κατηγορία μπαίνουν και τα συστήματα επικάλυψης με μη βιοδιασπώμενο επιμήκες νήμα από γεωσυνθετικό υλικό. Οι τρισδιάστατοι γεωσυνθετικοί τάπητες ή τα γεωσυνθετικά πλέγματα, αποτελούνται από συνθετικές ίνες πλαστικοποιημένου PVC που έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία ώστε να έχουν ανθεκτικότητα α) στην υπεριώδη ακτινοβολία και β) στις χημικές προσβολές του εδάφους.

Τα τρισδιάστατα γεωσυνθετικά πλέγματα (ή τάπητες) τοποθετούνται συνήθως στα πρανή με την αγκύρωση τους σε τάφρους ανάντη αλλά και σε ειδικές περιπτώσεις στα κατόντη. Η αγκύρωση τους πραγματοποιείται πάνω σε κάρναβο όπου με διχάλα ή αγκύρια μικρού μήκους διαμορφώνονται οι ενδιάμεσες στηρίξεις. Μια πιο ανθεκτική λύση για προστασία κατά της διάβρωσης είναι η χρήση των τρισδιάστατων γεωκυψελών. Πρόκειται για λωρίδες που αποτελούνται από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας ή πολυεστέρα. Το σχήμα τους μοιάζει με ακορντεόν και αυτό δίνει την δυνατότητα να μεταφέρονται εύκολα στο πεδίο του έργου συρρικνωμένες και έπειτα επιμηκύνονται με την τοποθέτησή τους. Μετά την επιμήκυσή τους παίρνουν την μορφή κερήθρας μελισσών.

6.5 ΤΑ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΒΑΡΙΑ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Τα βαριά μέτρα προστασίας αποτελούν λύση είτε σε περιπτώσεις που η ανάπτυξη της βλάστησης καθίσταται αδύνατη είτε όταν απαιτούνται υψηλά αντιδιαβρωτικά μέτρα προστασίας. Πρόκειται για μέτρα υψηλού κόστους:

- Τρισδιάστατες γεωσυνθετικές κυψέλες επενδυμένες με σκυρόδεμα
- Χαλικορριπές ή λιθορριπές
- Συρματοκιβώτια
- Μόνιμη επένδυση με οπλισμένο ή άοπλο σκυρόδεμα η έγχυση του οποίου συνδυάζεται συχνά μέσω ή εντός γεωσυνθετικών υλικών.

Τα γεωσυνθετικά υλικά συμβάλλουν θετικά σε πολλές από αυτές τις διατάξεις παρόλο που δεν αποτελούν το κυρίως αντιδιαβρωτικό μέσο, καθώς παρέχουν εξίσου σημαντικές και απαραίτητες δευτερεύουσες λειτουργίες στην ευστάθεια όλου του συστήματος. Για το λόγο αυτό και χάρη στα πολλά πλεονεκτήματά τους, τα γεωσυνθετικά υλικά χρησιμοποιούνται σε τέτοιες κατασκευές από το 1960.

ΑΠΟΔΟΣΗ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑ

Παρότι η χρήση γεωσυνθετικών υλικών πρωτοεφαρμόστηκε με επιτυχή αποτελέσματα προ περίπου 45 ετών, τα τελευταία χρόνια ο τομέας εφαρμογής τους έχει παρουσιάσει ραγδαία ανάπτυξη, με νέα υλικά να κάνουν την εμφάνιση τους κάθε τόσο. Έχοντας ως πλεονέκτημα την πληθώρα των ιδιοτήτων τους, τα γεωσυνθετικά υλικά έτυχαν ευρείας αποδοχής από τον τεχνικό κόσμο παρέχοντας υψηλού επιπέδου αποτελεσματικότητα σε συνδυασμό με ανταγωνιστικό κόστος. Η αποτελεσματικότητα των λύσεων με γεωσυνθετικά υλικά συνίσταται τόσο στη σωστή επιλογή του καταλληλότερου διαθέσιμου στο εμπόριο προϊόντος όσο και στη σχολαστική - τοποθέτηση, κατασκευή των έργων και εν συνεχεία συντήρησή τους. Τα διαθέσιμα υλικά αντιδιαβρωτικής προστασίας διακρίνονται στα προσωρινά, που στόχο έχουν την ανάλυση της εδαφικής διάβρωσης έως την ανάπτυξη της βλάστησης και στα μόνιμα, που καλούνται να λειτουργήσουν άλλοτε σε συνδυασμό με την βλάστηση, άλλοτε από μόνα τους και άλλοτε υποβοηθώντας άλλα μέτρα. Ο βαθμός αποτελεσματικότητας των αντιδιαβρωτικών μέτρων με χρήση των γεωσυνθετικών υλικών είναι γενικά υψηλός της τάξεως του 60% σε σχέση με τη διάβρωση ενός απροστάτευτου πρανού.

Οι εφαρμογές γεωσυνθετικών υλικών για την αντιδιαβρωτική προστασία εδαφών εξακολουθεί να αποτελεί ένα αντικείμενο πρόκλησης για την ανάπτυξη νέων καινοτομιών. Μεταξύ των καινοτομιών αυτών συγκαταλέγονται και τα συστήματα των γεωσωλήνων που αποτελούν οικονομικές, εύκαμπτες, ευέλικτες, φιλικές προς το περιβάλλον και ταχείας κατασκευής λύσεις με μικρές απαιτήσεις σε ότι αφορά στις ιδιότητες των υλικών πλήρωσής τους.

7. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Στον Ελλαδικό χώρο έχει γίνει χρήση των γεωσυνθετικών υλικών σε διάφορα τεχνικά έργα όπως για παράδειγμα οδοποιίας, κατασκευής Χ.Υ.Τ.Α. όπως και σε έργα κατασκευής κτιρίων. Στα σιδηροδρομικά έργα τα γεωφάσματα χρησιμοποιούνται εκτεταμένα. Τοποθετούνται κάτω από τη στρώση διαμόρφωσης και διευκολύνουν την ορθή τοποθέτηση της εσχάρας στην υποδομή. Το γεωφάσμα τοποθετείται στην κορυφή της στρώσης διαμόρφωσης για να αποτρέψει την εισχώρηση λεπτόκοκκου υλικού μέσα στην προστατευτική στρώση. Επίσης προσαρμόζεται στην εγκάρσια κλίση (3/5 %) της στέψης της στρώσης διαμόρφωσης.



Εικόνα 7.32 Χρήση γεωφάσματος σε σιδηροδρομικά έργα

Συχνά χρειάζεται να γίνει ενίσχυση με οπλισμό προκειμένου να βελτιωθεί το έδαφος κι έτσι γίνεται η εισαγωγή των γεωφασμάτων, γεωπλεγμάτων, χαλύβδινων ράβδων και ηλώσεων ή με την εισαγωγή ριζοπασσάλων. Τα γεωφάσματα και τα γεωπλέγματα λειτουργούν ως οπλισμός μέσω του μηχανισμού διάτμησης και του μηχανισμού αγκύρωσής τους στο περιβάλλον έδαφος. Τα γεωφάσματα χρησιμοποιούνται συνήθως σε :

- Έργα δικτύων μεταφορών (δρόμους, αεροδρόμια, σιδηροδρομικές γραμμές) στα οποία λειτουργούν ως διαχωριστικά ή και ως φίλτρα σε περιοχές που αντιμετωπίζουν κινδύνους από υπόγεια νερά.
- Ως βασικά υλικά στη σχεδίαση και στην κατασκευή μιας ποικιλίας θαλάσσιων και υδραυλικών μηχανικών κατασκευών όπως σε επικαλύψεις, υφάλους και έξαλλους κυματοθραύστες, σωληνοειδείς κατασκευές και κατασκευές απόθεσης οργανικά και χημικά βεβαρυμμένης λάσπης.

- Ως υλικά στην ενίσχυση κατασκευών όπως σε τοίχους αντιστήριξης, πρανή και αναχώματα στις οποίες παρέχουν ελαστική αντίσταση στο έδαφος, ενισχύοντας τα χαρακτηριστικά του.

Η σταθεροποίηση εδαφών με τη χρήση δύσκαμπτων διαξονικών γεωπλεγμάτων αποτελεί μια σύγχρονη, γρήγορη και οικονομική μέθοδο η οποία λαμβάνει χώρα ολοκληρωτικά στην επιφάνεια του ασθενούς εδάφους, χωρίς να απαιτείται η εκσκαφή ή οποιαδήποτε άλλη αναταραχή του υφιστάμενου "ασθενούς" εδαφικού υλικού. Στρώσεις διαξονικών γεωπλεγμάτων τοποθετούνται απευθείας στην επιφάνεια του ασθενούς εδάφους και έπειτα καλύπτονται με στρώσεις συμπυκνωμένου κοκκώδους υλικού κατάλληλου μεγέθους και καλής διαβάθμισης.

Σε μία άλλη μέθοδο που γίνεται χρήση των γεωσυνθετικών υλικών είναι τα οπλισμένα επιχώματα. Τα οπλισμένα επιχώματα είναι μια ειδική τεχνική κατασκευής επιχωμάτων που εφαρμόζονται σε περιπτώσεις περιορισμένου εύρους κατάληψης της οδού και συνήθως σε επιχώματα μεγάλου ύψους. Τα οπλισμένα επιχώματα ονομάζονται γεοκατασκευές στις οποίες τα υλικά επίχωσης ενισχύονται με παρεμβολή μεταλλικών κυρίως συνθετικών στοιχείων.

Σήμερα η ενίσχυση των επιχωμάτων γίνεται πρωτίστως με γεωφάσματα και γεωπλέγματα. Η εφαρμογή της αρχής της οπλισμένης γης στην κατασκευή των επιχωμάτων καλύπτει ένα ευρύ πεδίο, ωστόσο, αναφέρονται συνήθως ως οπλισμένα επιχώματα οι γεοκατασκευές με πρανή που έχουν ενισχυθεί με συνθετικά ή μεταλλικά στοιχεία. Με τα οπλισμένα επιχώματα μπορούμε να έχουμε αύξηση της κλίσης των πρανών και να φτάσει τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1/1,5 και 1/2 μπορεί να έχουμε ακόμη και κατακόρυφο πρανές με γωνία 90 μοιρών. Επίσης, με τα



οπλισμένα επιχώματα μπορεί να έχουμε μείωση των παραμόρφωσεων των καθιζήσεων και γενικότερα να έχουμε μια καλύτερη ευστάθεια.

Εικόνα 7.33 Τοποθέτηση των μη υφαντών γεωφασμάτων σε ηφαιστιογενή χώρο (πηγή φωτογραφίας: <https://www.fibralco.gr/nisyros-project/>)

Υπάρχουν, όμως, ακριβή παραδείγματα που έχουν γίνει στην δική μας χώρα όπως ένα παράδειγμα είναι αυτό στη Νίσυρο όπου έγινε χρήση μη υφαντού γεωφάσματος σε ηφαιστιογενές έδαφος. Πάντα υπό την επίβλεψη και την καθοδήγηση των ειδικών γεωλόγων και ηφαιστειολόγων, επιβεβαίωσαν ότι το ηφαίστειο είναι ακόμη ενεργό και έτσι έπρεπε να ελέγξουν ποιο είδος γεωφάσματος θα τους διευκόλυνε στην τοποθέτηση και έτσι κατέληξαν στο μη υφαντό. Τα κριτήρια ήταν τόσο για το πάχος όσο και για την αντοχή του υλικού σε έδαφος με μεγάλο ποσοστό σε θειάφι. Έπειτα από διερεύνηση επέλεξαν την ποιότητα MULTI στα 600 gr/m² με ειδική παραγγελία για τις συγκεκριμένες διαστάσεις. Βέβαια, η συγκεκριμένη τοποθέτηση έγινε με σκοπό να γίνονται συναυλίες όπως θα φανεί και στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 7.34 Ο ηφαιστειογενής χώρος της Νίσυρου που θα γίνει η τοποθέτηση του μη υφαντού γεωφάσματος (πηγή φωτογραφίας: <https://www.fibralco.gr/nisyros-project/>)

Ένα άλλο παράδειγμα που έχει γίνει χρήση γεωφασμάτων είναι αυτό της Μυκόνου. Ολοκληρώθηκε ένα σημαντικό έργο με επιτυχία στο Χ.Υ.Τ.Α. του Δήμου Μυκόνου περιλαμβάνοντας εργασίες προμήθειας και τοποθέτησης γεωσυνθετικού αργιλικού φραγμού (GCL) τραχείας και από τις δύο πλευρές γεωμεμβράνης (HDPE) σε κατεστραμμένα τμήματα της λεκάνης απόθεσης απορριμμάτων του Χ.Υ.Τ.Α. και η τοποθέτηση 500τμ ήδη υπάρχοντων γεωφασμάτων και 500τμ ήδη υπάρχοντων αποστραγγιστικών μεμβρανών στα τμήματα αυτά. Οι εργασίες αποκατάστασης των κατεστραμμένων τμημάτων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του έργου και τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους.

Πρόκειται για ένα αναγκαίο έργο που επιδιορθώνει τις υποδομές του έργου, οι οποίες είχαν καταστραφεί λόγω πυρκαγιάς.

Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες εργασίες :

- Καθαρισμός των καναλιών ομβρίων από φερτά υλικά

- Εκσκαφή περιμετρικά του κυττάρου για εμφάνιση αγκυρώσεων
- Προμήθεια & τοποθέτηση γεωσυνθετικού αργιλικού φραγμού (GCL) τραχείας και από τις δύο πλευρές γεωμεμβράνης (HDPE)
- Τοποθέτηση γεωφασμάτων και αποστραγγιστικών μεμβρανών
- Συγκόλληση μεμβρανών
- Αγκύρωση μεμβρανών



Εικόνα 7.35 Τοποθέτηση γεωφάσματος σε Χ.Υ.Τ.Α Μυκόνου (πηγή: https://www.epoli.gr/topothesisi-membranwn-ston-xyta-mykonoy-a-106306.html?category_id=51)

Στην Κίρκη της Αλεξανδρούπολης υπήρχαν διάφορα γεωτεχνικά προβλήματα που αφορούν τις διαβρώσεις. Υπάρχουν, όμως, τεχνικές που μπορούν να βελτιώσουν τις γεωτεχνικές συνθήκες της Κίρκης. Για την αποφυγή διαρροών ρύπων αλλά και για την προστασία των τελμάτων και των αναχωμάτων από τη διάβρωση, μπορεί να γίνει χρήση γεωσυνθετικών υλικών. Τα γεωσυνθετικά υλικά θα πρέπει να επικαλύψουν τα τέλματα και τα αναχώματα σε όλη την έκτασή τους, μέχρι και τη βάση τους. Επίσης, οι στρώσεις τους θα πρέπει να περιέχουν τα σωστά γεωσυνθετικά υλικά από κάτω προς τα πάνω για την επιτυχή εφαρμογή τους. Τα υλικά αυτά περιγράφονται παρακάτω :

- Στρώση γεωφάσματος : Τα γεωφάσματα παρουσιάζουν μεγάλες αντοχές σε εφελκυσμό και διάτρηση. Επιπλέον, χαρακτηρίζονται από ουδέτερη χημική συμπεριφορά και σταθερότητα σε περιβάλλοντα με διαφορετική οξύτητα. Παρόλα αυτά παρουσιάζουν περατότητα και φθορά όταν εκτίθενται για μεγάλο χρονικό διάστημα στον ήλιο. Συνεπώς, η χρήση του μπορεί να

συμβάλλει στην μείωση των διαφορικών καθιζήσεων στα χαλαρά και υδαρά υλικά των τελμάτων και να προστατεύσει την υπερκείμενη γεωμεμβράνη από διάτρηση.

- Στρώση χοντλής γεωμεμβράνης : Οι γεωμεμβράνες γενικά χρησιμοποιούνται ως αδιαπερατά διαφράγματα. Συνήθως κατασκευάζονται από πολυμερή υλικά και ανάλογα με τη σύστασή τους παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις στις ιδιότητές τους. Στην περίπτωση των τελμάτων και των αναχωμάτων απέναντι στη διάβρωση. Σημαντικό είναι να τονιστεί πως τα γεωφάσματα και οι γεωμεμβράνες θα πρέπει να αγκυρωθούν στην ανάντι περίμετρο των τελμάτων έτσι ώστε να μην υπάρχουν υποσκαφές από τα νερά που ρέουν επιφανειακά
- Στρώση από γεωκυψέλες : Οι γεωκυψέλες είναι τρισδιάστατα γεωσυνθετικά υλικά τα οποία σχηματίζουν κυψέλες ικανές να πληρωθούν από υλικά εδάφους αδρανών και σκυροδέματος. Ύστερα από την στρώση τους στα τέλματα και στα αναχώματα, μπορούν να γεμίσουν με εδαφικά υλικά προκειμένου να εγκατασταθεί χλοοτάπητας. Το αποτέλεσμα της στρώσης με γεωκυψέλες, θα είναι αντιδιαβρωτική προστασία του εδαφικού μανδύα.
- Αφού διαστρωθούν τα γεωσυνθετικά υλικά με τη σειρά όπως αναφέρθηκαν παραπάνω μπορεί να γίνει φύτευση χλοοτάπητα πάνω στα τέλματα με εδαφικό μανδύα εντός των γεωκυψελών. Με αυτή την τεχνική, μπορεί να επιτευχθεί περιβαλλοντική αποκατάσταση του τοπίου. Παρόλα αυτά, πρέπει να ληφθεί μέριμνα έτσι ώστε τα φυτά που επρόκειτο να φυτευτούν να μην έχουν βαθύτερο ριζικό σύστημα από το πάχος του εδαφικού μανδύα, τότε μπορεί να προκληθεί αστοχία στο ανάχωμα και φθορές από διάβρωση.
- Προκειμένου να διαστρωθούν τα γεωσυνθετικά υλικά είναι απαραίτητο να διαμορφωθεί η κλίση των τελμάτων. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την συλλογή των υλικών που έχουν ήδη διαρρεύσει από τα τέλματα και επαναχρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό.

Στο λιμάνι του Βόλου χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν γεωφάσματα και πιο συγκεκριμένα στον κυματοθραύστη. Οι κυματοθραύστες είναι έργα παράλληλα στην ακτή χωρίς σημείο επαφής με αυτήν. Έχουν αποστολή την προστασία από κυματισμούς των θαλάσσιων εκτάσεων πίσω από αυτούς για τον λιμενισμό σκαφών. Εφαρμόζονται όμως και σαν έργα προστασίας διαβρωμένων ακτών. Είναι γενικά ακριβές δομές, το κόστος των οποίων αυξάνει εντυπωσιακά με το βάθος ύδατος. Για να παρουσιάζουν "αδιαφάνεια " στους κυματισμούς απαιτείται ο πυρήνας τους να είναι από λεπτόκοκκο υλικό όπως άμμο ή χαλίκια. Για να εξασφαλίζεται όμως και η σταθερότητα έναντι κινδύνου αποπλύσεως του υλικού μιας στρώσεως μέσα από τα κενά της επόμενης στρώσεως από χονδρότερο υλικό, είναι απαραίτητη η σωστή κοκκομετρική διαβάθμιση των στρώσεων(αρχές κατασκευής φίλτρων). Για τους πιο πάνω λόγους, το κύριο μέλημα στη διαμόρφωση των διατομών τους είναι η σωστή

στρωμάτωση και η εξασφάλιση της επιφανειακής στρώσεως θωρακίσεως (από δυο τουλάχιστον στρώσεις ογκολίθων) από τη δράση των κυματισμών. Σημαντικό, επίσης, θέμα είναι και η εξασφάλιση του "ποδός" του έργου, ιδίως προς την πλευρά της ανοιχτής θάλασσας από τις τοπικές υποσκαφές, που τείνουν να προκαλέσουν οι κυματισμοί και τα τοπικώς ενισχυόμενα ρεύματα (φαινόμενο scouring), με τάπητες λιθορριπών, με γεωφάσματα και λιθορριπές αντιστηρίξεως.

Μια άλλη αξιοσημείωτη αναφορά σε έργο της χώρα μας είναι αυτή της κατολίσθησης στο Δήμο Ζαχάρωσ του Νομού Ηλείας. Τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας και αποκατάστασης για την αντιμετώπιση των κατολισθήσεων στο Νομό Ηλείας είναι τα εξής :

- Επιφανειακά αποστραγγιστικά μέτρα (επενδεδυμένες τάφροι παροχέτευσης και εγκάρσια στραγγιστήρια)
- Υπόγεια αποστραγγιστικά μέτρα (στραγγιστικές τάφροι και στραγγιστικές κουβέρτες)
- Κατασκευή τοίχων αντιστήριξης (τσιμεντένιοι τοίχοι ή από συρματοκιβώτια)
- Βελτιώσεις εδάφους (βλάστηση, γεωφάσματα και γεωπλέγματα)
- Μείωση της μέσης κλίσης των πρανών (διαμόρφωση ενιαίας κλίσης ή διαμόρφωση αναβαθμών)
- Φράχτες συγκράτησης σε βραχώδη πρανή με απότομες κλίσεις και
- Μετακίνηση πληθυσμού όπου χρειάζεται

Ένα ακόμη έργο που χρησιμοποιήθηκαν τα γεωφάσματα είναι αυτό του αυτοκινητόδρομου της ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ και πιο συγκεκριμένα έγινε διερεύνηση των συνθηκών ευστάθειας μέσω της διενέργειας παραμετρικών αναλύσεων στα επιχώματα της οδού. Οι παραμετρικές αναλύσεις έγιναν για να υπολογιστούν οι παραμορφώσεις και οι συντελεστές ασφαλείας για συνδυασμούς μηχανικών παραμέτρων με τη χρήση μεθόδων ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία. Τα γεωσυνθετικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν είναι τα υψηλής αντοχής υφαντά πολυεστερικά γεωφάσματα.

Τα γεωσυνθετικά υλικά έχουν πολλές χρήσεις σε έργα οδοποιίας αλλά και σε έργα κατασκευής Χ.Υ.Τ.Α. Ένα τέτοιο έργο είναι και αυτό στο Νομό Πέλλας για την διαχείριση των απορριμμάτων στην ελληνική περιφέρεια. Στο συγκεκριμένο έργο έγινε διαμόρφωση του πυθμένα, των πρανών και αναχωμάτων Χ.Υ.Τ.Α. Πιο συγκεκριμένα για τη στεγανοποίηση του πυθμένα και των πρανών του Χ.Υ.Τ.Α. οι εργασίες που έγιναν περιλάμβαναν την κατασκευή τεχνητού γεωλογικού φραγμού, την τοποθέτηση γεωμεμβράνης πολυαιθυλενίου HDPE και στρώσεων προστασίας όπως στρώση άμμου και γεωφάσματα. Για την κατασκευή του αργλικού φραγμού επί της διαμορφωμένης επιφάνειας του πυθμένα και των πρανών του Χ.Υ.Τ.Α. κατασκευάστηκε σε τρεις αλληπάλληλες στρώσεις πάχους 0,15 - 0,25 μέτρα , η στρώση συμπυκνωμένης αργίλου ελάχιστου συνολικού πάχους 0,5 μέτρα. Η γεωμεμβράνη που χρησιμοποιήθηκε είναι συνθετική από υψηλής πυκνότητας

πολυαιθυλένιο HDPE, θα είναι λεία όμως τόσο για τον πυθμένα όσο και για τα πρανή του Χ.Υ.Τ.Α. Η τοποθέτηση της γεωμεμβράνης γίνεται στην επιφάνεια του γεωτεχνικού γεωλογικού φραγμού μετά από λείανση και οπτικό έλεγχο. Για την συγκράτηση της μεμβράνης (για να μην ολισθήσουν από το βάρος τους ή το βάρος των στραγγιστηρίων και των απορριμμάτων κατασκευάστηκε τάφος αγκύρωσης. Το γεωύφασμα που τοποθετήθηκε για την προστασία της γεωμεμβράνης είναι μη υφαντό από πολυπροπυλένιο.

Παράδειγμα αποτελεί η χρήση των γεωσυνθετικών υλικών στον αυτοκινητόδρομο Μαλιακός και Κλειδίου σε συγκεκριμένες χιλιομετρικές θέσεις οι οποίες είναι ΧΘ1: 257+450 και ΧΘ2 : 257+520. Υπήρχε ένα πρόβλημα στον αυτοκινητόδρομο στην χιλιομετρική θέση 257+500 , πάνω από 70 μέτρα από τις επιμήκειες ρωγμές στο νότιο τμήμα του αυτοκινητόδρομου Μαλιακός - Κλειδί.

Σκοπός της μελέτης ήταν να προτείνει λύσεις και να σχεδιάσει τα απαιτούμενα μέτρα σταθεροποίησης και τι διορθωτικά έργα θα μπορούσαν να γίνουν στο επίχωμα προκειμένου να ανοίξει το τμήμα εκείνο του αυτοκινητόδρομου.

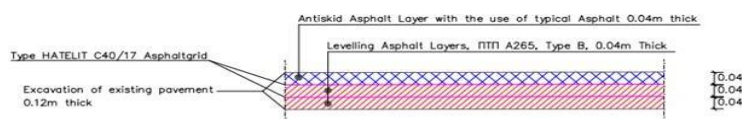
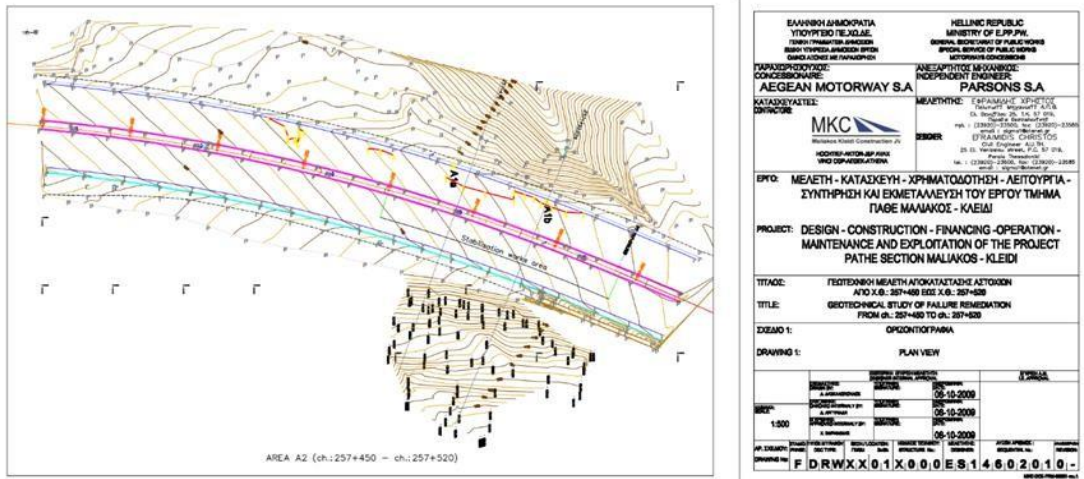


Figure 1: Typical Pavement Section

Εικόνα 7.36 Τυπική διατομή του τμήματος στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ Μαλιακός & Κλειδί

Ο αυτοκινητόδρομος διασχίζει την κοιλάδα και το ανάχωμα βρίσκεται στην έξοδο ενός μεγάλου χειμάρρου που ενώνεται σχεδόν κάθετα με την κοιλάδα. Από γεωλογικής δομής η περιοχή περιλαμβάνεται από αποθέματα Pleistocenage που είναι επικαλυπτόμενα με σπασμένα θραύσματα πετρωμάτων με βάση των πετρωμάτων. Το υπόστρωμα της περιοχής ανήκει στα Πελογειανά όρη που αποτελούνται από σχιστόλιθο και chert (είναι ιζηματογενές πέτρωμα και αποτελείται από μικροκρυστάλλους χαλαζία και τη μεταλλική μορφή του διοξειδίου του πυριτίου) τα οποία είναι επικαλυμμένα με ένα λεπτό στρώμα ασβεστόλιθου. Ο σχιστόλιθος και το ιζηματογενές πέτρωμα (chert) χρονολογούνται κατά την Ιουρασική περιοχή και περιέχουν μια ποικιλία άλλων βράχων όπως σχιστόλιθο, ψαμμίτη, greywacke (μια ποικιλία ψαμμίτη σκούρου χρώματος), χαλαζίτη και από chert (ιζηματογενές πέτρωμα) σχηματίζουν όλα μαζί ένα κράμα που εξηγείται καλύτερα ως melange. Ο ασβεστόλιθος έχει τεράστια κλίση με γκρι λευκό χρώμα και βυθίζεται δυτικά με γωνία 300 κατά μέσο όρο.

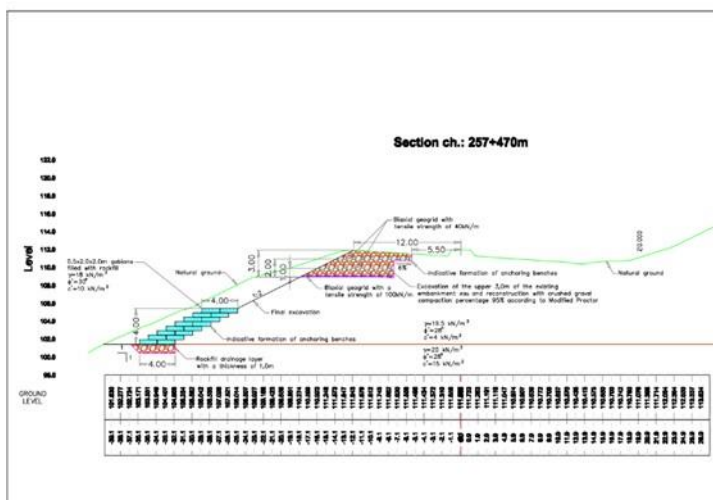


Εικόνα 7.37 Απόσπασμα από την μελέτη της εταιρείας για την ΧΘ1 και ΧΘ2

Βάση των γεωλογικών αναφορών είναι πιθανό να υπάρχουν υπόγεια ύδατα που ρέουν μέσω των γεωλογικών σχηματισμών. Τα υπόγεια ύδατα που ρέουν σχετίζονται άμεσα με :

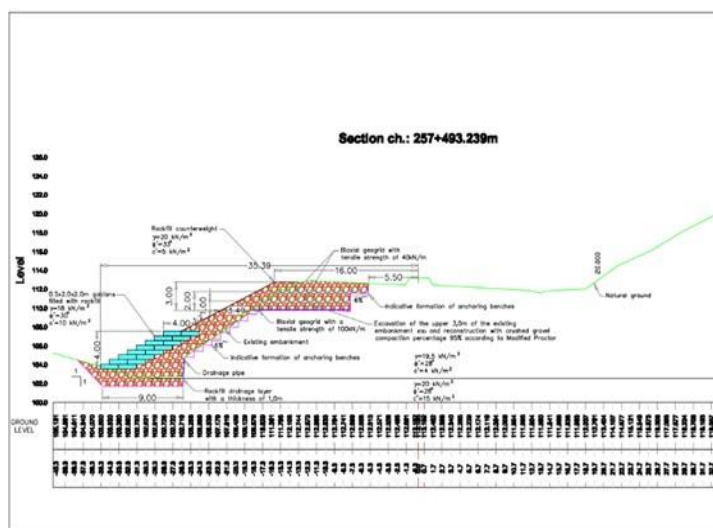
- α) το πορώδες του σχηματισμού,
- β) την παρουσία τυχόν χειμάρρων και
- γ) ο καρστικός ασβεστόλιθος (όταν λέμε καρστικό εννοούμε την διάλυση των διαλυτών πετρωμάτων) που εκτείνεται προς τα επάνω, ακουμπά την κορυφή του λιγότερου διαπερατού έως του αδιαπέρατου σχιστόλιθου και του chest. Ο συνδυασμός των υπόγειων υδάτων, με τη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής αλλά και των γεωλογικών αναφορών που υπάρχουν δεν βοηθούν τόσο τον αυτοκινητόδρομο στην συγκεκριμένη χλιομετρική θέση.

Σύμφωνα με την γεωτεχνική έκθεση και τα προτεινόμενα μέτρα σταθεροποίησης η αποτυχία του αναχώματος προκύπτει από τα υπόγεια ύδατα που διαπερνούν το ανάχωμα και λόγω της απότομης κλίσης του. Επιπλέον για να αποφευχθεί περαιτέρω φθορά στο ανάχωμα το μέτρο σταθεροποίησης που προτείνεται είναι η τοποθέτηση γεωπλεγμάτων. Πιο συγκεκριμένα έγινε πρόταση να τοποθετηθούν δύο μονοαξονικά κάτω από το οδόστρωμα για να μειωθεί η αντοχή των βάσεων στηρίγματος του οδοστρώματος και να διατηρηθεί έτσι το επιθυμητό βάθος της βάσης των πεζοδρομίων. Ένα τρίτο διαξονικό γεώπλεγμα θα τοποθετηθεί σε βάθος 3 μέτρων κάτω από το πρώτο προκειμένου να καταναμηθούν τα φορτία σε όλη την ευρύτερη περιοχή του οδοστρώματος, αυξάνοντας έτσι την ικανότητα φόρτωσης του βαθύτερου στρώματος του εδάφους.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ Π.Ε.Χ.Δ.Ε. ΓΕΝ. ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΕΓΚΛ. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΑΜΟΣΧ. ΕΡΓΩΝ ΣΕΚΤ. ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	HELLING REPUBLIC MINISTRY OF E.P.P.W. GENERAL SECRETARIAT OF PUBLIC WORKS SPECIAL SERVICE OF PUBLIC WORKS HIGHWAYS CONSTRUCTION																
ΠΑΡΑΡΤΗΡΗΣΗ CONCESSIONAIRE: AEGEAN MOTORWAY S.A.	ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ INDEPENDENT ENGINEER: PARSONS S.A.																
ΚΑΤΑΔΕΙΧΤΕΣ CONTRACTOR: MKC Μεταφορές Κωνσταντίνου Κ. Κωνσταντίνου	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ DESIGNER: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ																
ΕΡΓΟ: ΜΕΛΕΤΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΤΜΗΜΑ ΠΑΘΕ ΜΑΛΙΑΚΟΣ - ΚΛΕΙΔΙ																	
PROJECT: DESIGN - CONSTRUCTION - FINANCING - OPERATION - MAINTENANCE AND EXPLOITATION OF THE PROJECT PATHE SECTION MALIAKOS - KLEIDI																	
ΤΙΤΛΟΣ: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΟΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΑΣΤΟΧΩΝ ΑΠΟ Χ.Θ.: 257+450 ΕΩΣ Χ.Θ.: 257+520																	
TITLE: GEOTECHNICAL STUDY OF FAILURE REMEDIATION FROM ch.: 257+450 TO ch.: 257+520																	
ΣΧΕΔΙΟ 2.1: ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΤΗ Χ.Θ.: 257+470m																	
DRAWING 2.1: TYPICAL CROSS SECTION AT ch.: 257+470m																	
<table border="1"> <tr> <th>ΑΡΙΘΜΟΣ</th> <th>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</th> <th>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</th> <th>ΣΥΜΒΑΣΗ</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> </table>		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ	1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ														
1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
<table border="1"> <tr> <th>ΑΡΙΘΜΟΣ</th> <th>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</th> <th>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</th> <th>ΣΥΜΒΑΣΗ</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> </table>		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ	1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ														
1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
<table border="1"> <tr> <th>ΑΡΙΘΜΟΣ</th> <th>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</th> <th>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</th> <th>ΣΥΜΒΑΣΗ</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> </table>		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ	1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ														
1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
<table border="1"> <tr> <th>ΑΡΙΘΜΟΣ</th> <th>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</th> <th>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</th> <th>ΣΥΜΒΑΣΗ</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> </table>		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ	1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ														
1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														

Εικόνα 7.38 Τυπική διατομή στη ΧΘ: 257 + 470m



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ Π.Ε.Χ.Δ.Ε. ΓΕΝ. ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΕΓΚΛ. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΑΜΟΣΧ. ΕΡΓΩΝ ΣΕΚΤ. ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	HELLING REPUBLIC MINISTRY OF E.P.P.W. GENERAL SECRETARIAT OF PUBLIC WORKS SPECIAL SERVICE OF PUBLIC WORKS HIGHWAYS CONSTRUCTION																
ΠΑΡΑΡΤΗΡΗΣΗ CONCESSIONAIRE: AEGEAN MOTORWAY S.A.	ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ INDEPENDENT ENGINEER: PARSONS S.A.																
ΚΑΤΑΔΕΙΧΤΕΣ CONTRACTOR: MKC Μεταφορές Κωνσταντίνου Κ. Κωνσταντίνου	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ DESIGNER: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ																
ΕΡΓΟ: ΜΕΛΕΤΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΤΜΗΜΑ ΠΑΘΕ ΜΑΛΙΑΚΟΣ - ΚΛΕΙΔΙ																	
PROJECT: DESIGN - CONSTRUCTION - FINANCING - OPERATION - MAINTENANCE AND EXPLOITATION OF THE PROJECT PATHE SECTION MALIAKOS - KLEIDI																	
ΤΙΤΛΟΣ: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΟΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΑΣΤΟΧΩΝ ΑΠΟ Χ.Θ.: 257+450 ΕΩΣ Χ.Θ.: 257+520																	
TITLE: GEOTECHNICAL STUDY OF FAILURE REMEDIATION FROM ch.: 257+450 TO ch.: 257+520																	
ΣΧΕΔΙΟ 2.2: ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΤΗ Χ.Θ.: 257+493,239m																	
DRAWING 2.2: TYPICAL CROSS SECTION AT ch.: 257+493,239m																	
<table border="1"> <tr> <th>ΑΡΙΘΜΟΣ</th> <th>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</th> <th>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</th> <th>ΣΥΜΒΑΣΗ</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> </table>		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ	1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ														
1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
<table border="1"> <tr> <th>ΑΡΙΘΜΟΣ</th> <th>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</th> <th>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</th> <th>ΣΥΜΒΑΣΗ</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> </table>		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ	1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ														
1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
<table border="1"> <tr> <th>ΑΡΙΘΜΟΣ</th> <th>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</th> <th>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</th> <th>ΣΥΜΒΑΣΗ</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> </table>		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ	1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ														
1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
<table border="1"> <tr> <th>ΑΡΙΘΜΟΣ</th> <th>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</th> <th>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</th> <th>ΣΥΜΒΑΣΗ</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ</td> <td>05-10-2009</td> <td>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ</td> </tr> </table>		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ	1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΜΒΑΣΗ														
1	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
2	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														
3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΡΗΣΤΩΝ	05-10-2009	ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ														

Εικόνα 7.39 Τυπική διατομή στη ΧΘ: 257 + 493,239m

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η διαδικασία κατασκευής για την άμεση γειννίαση του οχετού εκκένωσης περιγράφεται και παρακάτω αλλά είναι σύμφωνη με την τυπική διατομή του σχεδίου 2.2 της εικόνας 7.38 Δηλαδή :

- Καθαρισμός της βλάστησης από την κατάντη πλευρά του επιχώματος
- Εκκαθάριση του οχετού εκκένωσης
- Κατασκευή του στρώματος θεμελίωσης του βραχίονα και του τοίχου gabion (ο τοίχος gabion είναι ο τοίχος που περιβάλλεται από συρματοπλέγμα και είναι γεμάτος με βράχους, σκυρόδεμα ή μερικές φορές με άμμο και χώμα για την χρήση σε έργα κατασκευή δρόμων, στρατιωτικές εφαρμογές και

διαμόρφωση τοπίου). Αυτό το στρώμα αποτελείται από rockfill (που συνήθως ορίζεται ως χονδρόκοκκο υλικό αποστράγγισης που συνήθως προέρχονται από βράχους του λατομείου).

- Επέκταση του οχετού κατά 4 μέτρα για την φιλοξενία της κατασκευής του βραχίονα.
- Κατασκευή gabion τοίχου και του βραχίονα. Η τοποθέτηση του υλικού πλήρωσης πραγματοποιείται πριν από την τοποθέτηση και τη συναρμολόγηση των συρματοκιβωτίων, φτάνοντας το ύψος του προτεινόμενου τοιχώματος του συρματοκιβωτίου (4 μέτρα). Το υλικό πλήρωσης αποτελείται από υλικό rockfill που έχει θραύσματα βράχου στην κλίμακα των 5 με 20 κιλών. Κατασκευάζονται πάγκοι αγκύρωσης και ύστερα τοποθετούνται τα γεωυφάσματα. Στη συνέχεια, γίνεται και η τοποθέτηση του υλικού πλήρωσης που ανέρχεται στα 3 μέτρα από την κορυφή του αναχώματος.
- Μετά την κατασκευή του βραχίονα και του gabion τοίχου είναι ασφαλές να αρχίσει η διαδικασία εκσκαφής 3 μέτρα από την κορυφή όπως φαίνεται στο παραπάνω σχέδιο της διατομής 2.2 . Στην βάση της εκσκαφής τοποθετείται ένα διαξονικό γεωπλέγμα 100 kN/m εφελκυστικής αντοχής που έχουν παραμορφώσεις περίπου 6 % , προκειμένου να αποφευχθούν περαιτέρω καθιζήσεις.
- Τέλος, το στρώμα του οδοστρώματος κατασκευάζεται σύμφωνα με την τυπική διατομή οδοστρώματος (εικόνα 1). Η ακολουθία κατασκευής συνοψίζεται παρακάτω :
 - 1) Κατασκευή επίπεδου ασφάλτου ΠΤΠ 265, τύπου Β σε βάθος 4 μέτρα
 - 2) Τοποθέτηση πλέγματος που εξυπηρετεί στην ενίσχυση της ασφάλτου HATELITE C40/17
 - 3) Κατασκευή δεύτερου επιπέδου στρώσης ασφάλτου ΠΤΠ Α265, τύπου Β σε βάθος 4 μέτρων
 - 4) Τοποθέτηση δεύτερου πλέγματος για την ενίσχυση του τύπου της ασφάλτου τύπου HATELITE C40/17
 - 5) Κατασκευή στρώματος ασφάλτου κατά της ολίσθησης με χρήση ασφάλτου βάθους 4 μέτρων.

Η τοποθέτηση του διαξονικού γεωπλέγματος στη βάση του πεζοδρομίου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φέρουσας ικανότητας με ποσοστό ίσο ή περίπου με 40 %. Σε αυτό οφείλεται η αλληλοσύνδεση μεταξύ των κόκκων του υλικού με την ενίσχυση και την αύξηση της γωνίας του φορτίου. Η αύξηση της γωνίας εξάπλωσης φορτίου κυμαίνεται από 15 μοιρών , η οποία είναι αξιολογήσιμη και επιβεβαιωμένη με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία. Λόγω της αύξησης της γωνίας διάδοσης του φορτίου και της κατανομής του φορτίου στην ευρύτερη περιοχή, μειώνεται η αξία της άμεσης και των ολοκληρωμένων προϊόντων τους. Επιπρόσθετα, είναι φανερό ότι για τους ίδιους λόγους έχουν μειωθεί οι τιμές των προϊόντων και των καθιζήσεων. Τα φυσικά, χημικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των γεωδικτών παρουσιάζονται παρακάτω :

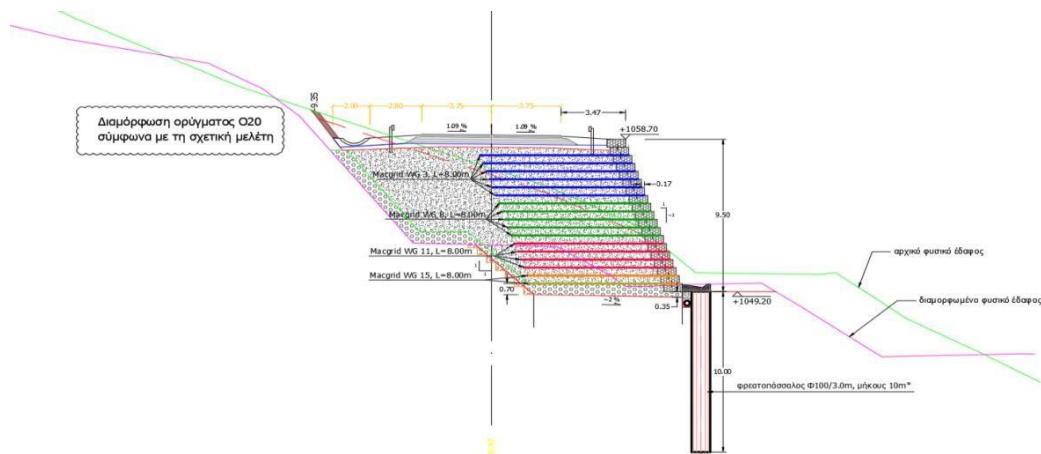
- Το γεωδίκτυο θα πρέπει να μην επηρεάζει στο ελάχιστο το pH που κυμαίνεται από 3 έως 9.

- Επιπλέον, δεν θα έπρεπε να επηρεάζεται (δηλαδή τις βιολογικές επιδράσεις) από την χημική σύσταση του αναχώματος όσο από τις μηχανικές ιδιότητες που ικανοποιούν μακροπρόθεσμες και βραχυπρόθεσμες συνθήκες.
- Το χρησιμοποιούμενο γεωδίκτυο πρέπει να είναι ανθεκτικό και να μην επηρεάζεται από την υπεριώδη ακτινοβολία UV (βασικά μέτρα προστασίας συνήθως κατά την περίοδο όπου τα γεωδίκτυα είναι εκτεθειμένα στο ηλιακό φως).

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά της ενίσχυσης των γεωδικτύων είναι τα ακόλουθα :

- Η χαρακτηριστική τιμή της ελαστικής παραμόρφωσης σε θερμοκρασία θα πρέπει να είναι κάτω των 20 βαθμών Κελσίου στο ονομαστικό όριο αρραγής (rupture) και δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή του 6 %.

Το τελευταίο παράδειγμα που αφορά τον Ελλαδικό χώρο και θα αναφερθούμε είναι το έργο οδοποιίας στον Κάθετο άξονα 70 της Εγνατίας Οδού και πιο ειδικά στο τμήμα «Μελίβοια – Ελληνοβουλγαρικά σύνορα και το υπότμημα «Δημάριο – Ελληνοβουλγαρικά σύνορα». Ειδικότερα αφορά μελέτη οπλισμένων επιχωμάτων που αφορούν την Ε5 (ΧΘ 13+639 – ΧΘ 13+715) και ΤΣ2 (ΧΘ 13+884 – ΧΘ 14+400).



Εικόνα 7.40 Διαμόρφωση ορύγματος σύμφωνα με την μελέτη

Η ακολουθία των εργασιών κατασκευής των οπλισμένων επιχωμάτων όπως φαίνεται στα σχέδια παραπάνω και παρακάτω συνοπτικά είναι η ακόλουθη:

1. Εκσκαφές μέχρι τη στάθμη κατασκευής των φρεατοπιασάλων, όπως δείχνεται στα σχέδια των μηκοτομών, ακολουθώντας τη γεωμετρία (κλίσεις και πλάτος) των προσωρινών πρανών εκσκαφής που δείχνονται στα σχέδια των διατομών.
2. Κατασκευή φρεατοπιασάλων.
3. Ολοκλήρωση των εκσκαφών μέχρι τη στάθμη θεμελίωσης των επιχωμάτων (εγκάρσια κλίση εκσκαφής 2% για την αποστράγγιση των υπόγειων υδάτων) και του σκάμματος του αγωγού αποστράγγισης.

4. Συμπύκνωση επιμελώς της εκσκαφής σε πυκνότητα τουλάχιστον ίση με το 90% της μέγιστης πυκνότητας κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης (Proctor modified, πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13286-2).
5. Διάστρωση και συμπύκνωση της αποστραγγιστικής-εξυγιαντικής στρώσης αρχικά σε πάχος περίπου 0,35 μέτρα και τοποθέτηση αγωγού αποστράγγισης και πλήρωση σκάμματος.
6. Συναρμολόγηση με χρήση ειδικών συνδετήρων (δαχτυλίδια) και τοποθέτηση της κάτω σειράς των συρματοκιβωτίων. Πλήρωση με λίθους διαστάσεων 10-2° εκατοστών και ολοκλήρωση της κατασκευής της αποστραγγιστικής – εξυγιαντικής στρώσης μέχρι τη στέψη του κάτω συρματοκιβωτίου. Κατασκευή συλλεκτήριας τάφρου ποδός.
7. Διάστρωση της κάτω στρώσης γεωπλεγμάτων με την κύρια διεύθυνση κάθετα στην όψη του, ξεκινώντας το φύλλο του γεωπλέγματος από την όψη του συρματοκιβωτίου και στερεώνοντας το σε αυτό με κατακόρυφους ράβδους Φ12, μήκους 0,40 μέτρα.
8. Συναρμολόγηση με χρήση ειδικών συνδετήρων (δαχτυλίδια) και τοποθέτηση της δεύτερης σειράς συρματοκιβωτίων και πλήρωση με λίθους.
9. Τοποθέτηση γεωφάσματος πίσω από την κάτω σειρά συρματοκιβωτίων σύμφωνα με τη λεπτομέρεια στο σχέδιο της τυπικής διατομής.
10. Διάστρωση υλικού επίχωσης και συμπύκνωσή του σε δύο στρώσεις πάχους 0,25 μέτρα η καθεμία. Η συμπύκνωση θα είναι σε πυκνότητα τουλάχιστον ίση με το 95% της μέγιστης πυκνότητας κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωση (Proctor modified, πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13286-2).
11. Επανάληψη των βημάτων 7 έως 10 μέχρι να φθάσουμε στην στάθμη της στέψης του οπλισμένου επιχώματος.
12. Εγκατάσταση τοπογραφικών μαρτύρων (ανακλαστήρων) παρακολούθησης στις θέσεις που δείχνονται στα σχέδια των μηκοτομών.

ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ

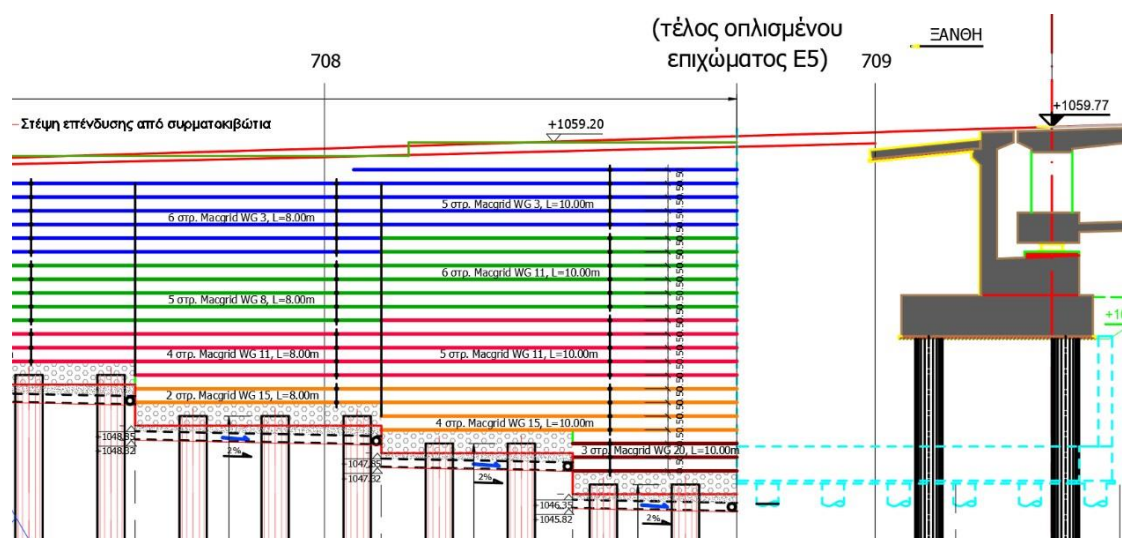
Το υλικό της αποστραγγιστικής στρώσης θα είναι από χονδρόκοκκα κοκκώδη υλικά με ποσοστό λεπτόκοκκων λιγότερο του 2% και με μέγιστη διάσταση κόκκου 25 χιλιοστά, σύμφωνα με την προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-08-03-02-00:2009. Η διάστρωση θα γίνει σε στρώσεις πάχους 0,25 – 0,50 μέτρα και ο βαθμός συμπύκνωσης θα είναι κατ' ελάχιστο 95% κατά ΑΑΣΗΤΟ Τ180-D. Θα τοποθετείται μετά την αφαίρεση των ακατάλληλων υλικών σε βάθος 0,40 μέτρα (εκτός αν κατάλληλα υλικά συναντηθούν και σε μεγαλύτερο έδαφος) και επιπλέον εκσκαφής για τη δημιουργία κατάλληλων αναβαθμών επί του φυσικού εδάφους σύμφωνα με τις

προδιαγραφές. Η οροφή της στρώσης θα βρίσκεται 0,30 εκατοστά πάνω από τη στάθμη του φυσικού εδάφους, Συνεπώς το ελάχιστο πάχος της στρώσης αυτής θα είναι τουλάχιστον 0,70 μέτρα.

ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΧΩΣΗΣ

Το υλικό των οπλισμένων επιχωμάτων θα είναι αμμοχαλικώδες κατηγορίας A1 κατά AASHTO (ΕΛΟΤ ΤΠ1501-02-07-04-00:2009) με μέγιστη διάσταση κόκκου τα 7,5 εκατοστά ώστε να μην φθείρονται τα γεωπλέγματα κατά τη διάστρωση και συμπύκνωσή του και με ποσοστό λεπτόκοκκων (No 200) 0 με 15%. Οι παράμετροι αντοχής θα έχουν τιμές κατ' ελάχιστο $\phi' = 37$ μοίρες, $c' = 0$ kPa. Το pH του υλικού θα είναι μεταξύ 4 και 9 ώστε να μην υπάρχει χημική προσβολή στα χρησιμοποιούμενα γεωπλέγματα. Η διάστρωση θα γίνεται σε στρώσεις πάχους 0,25 μέτρα και ο βαθμός συμπύκνωσης θα είναι μεγαλύτερος του 95% κατά ASSHTO T180-D.

Το παραπάνω υλικό μπορεί να προέρχεται από τις εκσκαφές (βραχώδων – γαιωδών) ορυγμάτων της περιοχής μετά από κατάλληλη επεξεργασία ώστε να καλύπτονται οι προαναφερόμενες προδιαγραφές.



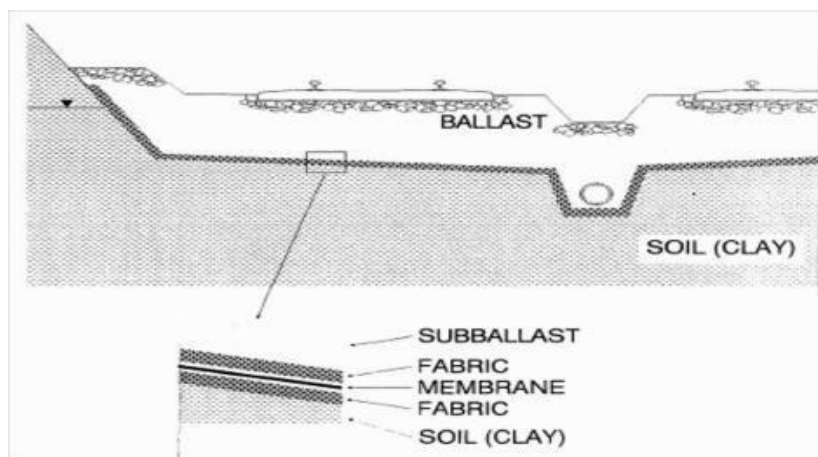
Εικόνα 7.41 Τοποθέτηση των συρματοκιβωτίων

ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΑ

Τα γεωπλέγματα που θα χρησιμοποιηθούν (τύπου MACGRID WG) είναι κατασκευασμένα από υψηλής πυκνότητας και υψηλής αντοχής πολυεστερικές ίνες με πολυμερική επικάλυψη. Πρόκειται για μονοαξονικά πλέγματα, με την αντοχή τους στην κύρια διεύθυνση (MD) μεγαλύτερη από την αντοχή τους στη δευτερεύουσα διεύθυνση (εγκάρσια)(CMD). Τοποθετούνται σε φύλλα, χειρωνακτικά ή με χρήση ελαφρών ελαστικοφόρων οχημάτων με την κύρια διεύθυνση (ξετύλιγμα ρολού γεωπλέγματος) κάθετα στην όψη του τοίχου και αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των φύλλων 30 εκατοστών. Οι κατακόρυφες αποστάσεις αυτών θα είναι 0,50 μέτρα. Κάθε φύλλο θα ξεκινά από την όψη των συρματοκιβωτίων έτσι ώστε να στερεώνεται

ανάμεσα σε δύο διαδοχικές στρώσεις συρματοκιβωτίων με τη χρήση κατακόρυφης ράβδου σύνδεσης μήκους 0,40 μέτρων. Στην πίσω πλευρά των συρματοκιβωτίων θα τοποθετείται γεώφασμα διαχωρισμού, μη υφαντό βάρους 280 gr/m², μήκους 1,0 m, ώστε να μην διαρρέει κατά την συμπύκνωση το υλικό επίχωσης εντός των κενών των λίθων των συρματοκιβωτίων. Μετά την διάστρωση και στερέωση με τα στοιχεία όψης (συρματοκιβώτια), κάθε φύλλο θα τανύεται ελαφρώς ώστε να μην περιλαμβάνει «κυματισμούς» και θα στερεώνεται μέσω ράβδου διαμέσου των οπών του στο πίσω άκρο του (και ενδεχομένως και στο μέσο του εάν είναι μεγάλου μήκους) με αγκύρια τύπου i-rip (τζινέτια).

Η διαδικασία τοποθέτησης του οπλισμού και διάστρωσης της επόμενης στρώσης υλικού επίχωσης θα γίνεται με τρόπο ώστε τα χρησιμοποιούμενα μηχανήματα να μην κυκλοφορούν στον ήδη τοποθετημένο οπλισμό πριν διαστρωθεί πάνω σε αυτόν η στρώση επίχωσης. Επειδή τα γεωπλέγματα είναι ευαίσθητα στην υπερϊώδη ακτινοβολία (UV), βασικό στοιχείο προφύλαξης κατά την κατασκευή είναι να είναι αποθηκευμένα σε σκιερό μέρος και να μην μένουν παρατεταμένα εκτεθειμένα σε ηλιακό φως κατά τη διάστρωση τους. Στην περίπτωση κατασκευής της σιδηροδρομικής γραμμής σε όρυγμα όπου παρουσιάζεται πολύ υψηλή στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα και το έρμα και το υπόστρωμα του έρματος εκτείνονται κάτω από την στάθμη του νερού, εμποδίζει την διείσδυση του νερού προς την υπόβαση. Η γεωμεμβράνη τοποθετείται στην επιφάνεια της υπόβασης, μεταξύ δυο στρώσεων άμμου πάχους 50 mm - 100 mm έτσι ώστε να αποφευχθεί ο τραυματισμός της από τα μόρια του έρματος. Για την αποστράγγιση του νερού που φτάνει στην επιφάνεια της γεωμεμβράνης από την επιδομή απαιτεί κατάλληλη διάταξη με τη χρήση κατάλληλου συστήματος αποστράγγισης, που συνήθως αποτελείται από διάτρητο σωλήνα στραγγιστηρίου, ο οποίος περιβάλλεται από κοκκώδες υλικό φίλτρου, εντός υπόγειας τάφρου. Επίσης εμποδίζει την τριχοειδή ανύψωση του υπόγειου νερού. Σε αυτή την περίπτωση η γεωμεμβράνη πρέπει να τοποθετηθεί σε βάθος τέτοιο ώστε να βρίσκεται πάνω από στάθμη του υπόγειου ορίζοντα. Αυτή η εφαρμογή είναι πρακτική μόνον όταν ένα επίχωμα -που είναι ευαίσθητο στον παγετό- είναι κατασκευασμένο πάνω από μια περιοχή υπόγειου νερού, που βρίσκεται σε μικρό βάθος. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται προστασία της γεωμεμβράνης.



Εικόνα 7.42 Τοποθέτηση γεωμεμβράνης σε διατομή σιδηροδρομικής γραμμής σε όρυγμα

8. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΧΩΡΕΣ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ

Τα τελευταία χρόνια η χρήση των γεωσυνθετικών υλικών είναι πιο διαδεδομένη λόγω των πλεονεκτημάτων τους τόσο στον Ελλαδικό χώρο όσο και σε χώρες του εξωτερικού. Έχουν την ίδια χρήση σε έργα οδοποιίας, κατασκευής κτιρίων, σε Χ.Υ.Τ.Α. Για παράδειγμα, έχει γίνει χρήση στην Αίγυπτο προκειμένου να υπάρξει ανάπτυξη στο έδαφος και στους υδάτινους πόρους της με την χρήση αποστραγγιστικού γεωφάσματος. Πιο συγκεκριμένα, η αποστράγγιση, η διήθηση, ο διαχωρισμός και η ενίσχυση είναι οι βασικές λειτουργίες των προϊόντων γεωφάσματος. Τα γεωφάσματα έχουν μοναδικές ιδιότητες που μπορούν να παρέχουν αποτελεσματικές λύσεις σε πολλά προβλήματα στον πολιτικό μηχανικό. Για εφαρμογές αποστράγγισης, η διήθηση συσσωρεύεται όταν ένα υγρό διέρχεται μέσω του επιπέδου ενός γεωφάσματος διατηρώντας ταυτόχρονα σωματίδια εδάφους στην ανοδική πλευρά του υφάσματος, παρέχοντας ένα σύστημα φίλτρων εδάφους παρόμοιο με την παραδοσιακή διαβαθμισμένη αδρανή δομή. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι στην Αίγυπτο αντιμετωπίζεται τεράστιο πρόβλημα λόγω της επικινδυνότητας της μιτιγκατίνης που προκαλούν ακατάλληλες εφαρμογές της σύγχρονης τεχνολογίας κλωστουφαντουργικών προϊόντων σε μεγάλα αιγυπτιακά έργα. Τοπικά συνθετικά γεωφάσματα, κατασκευασμένα με διαφορετικές παραμέτρους μη υφασμένων δομών, που χρησιμοποιούνται συνήθως για έργα αποχέτευσης στην Αίγυπτο.

Τα γεωφάσματα έχουν αντικαταστήσει διαβαθμισμένα φίλτρα εδάφους για αποστράγγιση σχεδόν όλων των κατασκευών, συμπεριλαμβανομένων των υπόγειων υδάτων, των συστημάτων αναχίτισης, των πεζοδρομίων, των θεμελίων, των φραγμάτων και των τοίχων. Σε σύγκριση με τα συμβατικά φίλτρα εδάφους, τα γεωφάσματα προσφέρουν πλεονεκτήματα παρέχοντας ένα συνεχές φίλτρο, μειωμένη εκσκαφή, μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και απλοποιημένη κατασκευή υψηλότερης ποιότητας και σημαντική μείωση του κόστους των υλικών. Τα γεωφάσματα έχουν αντικαταστήσει διαβαθμισμένα κοκκώδη φίλτρα που χρησιμοποιούνται κάτω από άλλα υλικά θωράκισης. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν κανάλια αποστράγγισης, ακτές και συστήματα προστασίας από γέφυρες και αποβάθρες. Χωρίς φίλτρο γεωφάσματος, η δράση των κυμάτων και η κίνηση του νερού διαβρώνουν το έδαφος του υποβάθρου. Η υποβάθμιση αυτή του υπεδάφους αναιρεί το πλεονέκτημα της προαναφερθείσας θωράκισης, με αποτέλεσμα την εκτεταμένη επισκευή και αντικατάσταση. Η επιλογή των γεωφασμάτων για μόνιμο έλεγχο της διάβρωσης είναι παρόμοια με την αποστράγγιση κάτω από την επιφάνεια. Ωστόσο, οι μόνιμες εφαρμογές ελέγχου της διάβρωσης απαιτούν συνήθως ιδιότητες υψηλότερης αντοχής σε γεωφάσματα. Το

γεωφάσμα πρέπει να επιβιώσει από την τοποθέτηση πιθανών πολύ μεγάλης γωνιακής αντιπαράθεσης και να είναι σε θέση να αντέξει σε σοβαρή κυματική δράση.

Η διήθηση είναι βασική λειτουργία σε όλες σχεδόν τις εφαρμογές αποστράγγισης και η χρήση κατάλληλου γεωφάσματος στην αποστράγγιση είναι πολύ αποτελεσματική τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά. Η συμπερίληψη ενός υφασμένου γεωφάσματος σε οποιοδήποτε σύστημα αποστράγγισης προσθέτει μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού κόστους της αποχέτευσης αλλά ενισχύει σημαντικά και την απόδοση και το προσδόκιμο όριο ζωής του συστήματος.

Στόχος ωστόσο είναι να μελετηθούν οι παράμετροι μεταξύ των υφαντών γεωφασμάτων και της ικανότητας της αποστράγγισης τους για την βιώσιμη ανάπτυξη του εδάφους και των υδάτινων πόρων στην Αίγυπτο.

Τα γεωφάσματα έχουν χρησιμοποιηθεί στην υδραυλική μηχανική. Κυρίως χρησιμοποιούνται τέσσερις διαφορετικοί τύποι : Μηχανικά ενωμένα μη υφαντά, θερμικά μη υφαντά, υφασμένα και πιο πρόσφατα πλεκτά. Για την πλειονότητα των έργων, πρωταρχικός στόχος τους είναι να ενεργούν ως προστασία από τη διάβρωση, ως εναλλακτική λύση. Η βάση τέτοιων κριτηρίων είναι η γνώση και ποιο γεωφάσμα θα δράσει καλύτερα σε σχέση με το έργο. Κυρίως υπάρχουν πέντε στάδια που επηρεάζουν την απόδοση της αποχέτευσης :

1. Σχεδιασμός και κατασκευή του υφαντού γεωφάσματος, δηλαδή παράμετροι σχεδιασμού και παραγωγής.
2. Παράμετροι περιτυλίγματος, δηλαδή νήματα περιτυλίγματος για τον σωλήνα αποστράγγισης και γενικότερα ο μηχανισμός του περιτυλίγματος.
3. Συνθήκες μεταφοράς, χειρισμού και αποθήκευσης, δηλαδή επίδραση μεταφοράς, χειρισμού και αποθήκευσης στις υπαίθριες κλιματολογικές αιγυπτιακές παραμέτρους, ιδιαίτερα επίδραση της ενσωμάτωσης της υπερϊόδους ακτινοβολίας με υψηλή θερμοκρασία και υγρασία.
4. Κατά την διάρκεια εκσκαφής και μετά του εδάφους για την εισαγωγή σωλήνων αποστράγγισης τυλιγμένους με γεωφάσματα.
5. Μετά την ολοκλήρωση του αποχετευτικού συστήματος.

Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες για την αποκάλυψη συμπεριφοράς του συστήματος αποστράγγισης του εδάφους- νερού με τη χρήση διαφορετικών υλικών γεωφάσματος. Λόγω της σύστασης και της μορφολογίας του εδάφους στην Αίγυπτο έχουν προταθεί διαφορετικά κριτήρια για την αξιολόγηση συγκεκριμένων τύπων εδαφών. Αυτά τα κριτήρια περιλαμβάνουν :

- περιεκτικότητα σε πηλό < 30 % (πηλός/λάσπη < 0,50)
- δείκτης πλαστικότητας (PI) < 6,0
- συντελεστής ομοιομορφίας (Cu) < 5,0

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δείγματα (N1,N2,N3) από μη υφαντό πολυπροπυλένιο με διάτρηση βελόνας. Ανάλογα με την παραλλαγή των δομικών παραμέτρων, επηρεάζονται σημαντικά οι κύριες φυσικές ιδιότητες που περιλαμβάνουν τη διαδικασία αποστράγγισης των γεωφασμάτων. Για τον προσδιορισμό των περισσότερων δομικών παραμέτρων, χρησιμοποιήθηκε μια σχετικά νέα οπτική τεχνική ονομαζόμενη "Σύστημα υπολογιστών ανάλυσης εικόνας". Οι μετρήσεις που πήραν ήταν η μάζα ανά μονάδα επιφάνειας, το πάχος και η κατανομή μεγέθους πόρων. Χρησιμοποιώντας τις τυπικές μεθόδους του A.S.T.M. Πέντε δείγματα υφαντών γεωφάσματος χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μέτρηση.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

Τα μη υφαντά δείγματα γεωφασμάτων N1,N2, και N3 που παράγονται με τεχνική διάτρησης με βελόνες εμφανίζουν υψηλότερη απόδοση αποστράγγισης (λιγότερη απόφραξη και υψηλότερη υδραυλική ποιότητα και μεγαλύτερη αντοχή στην παραμόρφωση), σε σύγκριση με άλλα δείγματα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η σχετική κίνηση των ινών εντός της δομής των (N1,N2 και N3) είναι μεγαλύτερη από εκείνη, η οποία, με τη σειρά της, επιτρέπει στις ίνες να γλιστρήσουν στις επιφάνειες επαφής τους και να συμπεριφέρονται μεταξύ τους καλύτερα στο χώρο αποχέτευσης. Τα δείγματα N1,N2 και N3 είναι πιο ανθεκτικά και έχουν σταθερές διαστάσεις μετά την κατασκευή τους ειδικά ως προς την πλευρά διασύνδεσης των σωλήνων αποστράγγισης.

Τα συνδεδεμένα στοιχεία μεταξύ των υφαντών γεωφασμάτων είναι μεμονωμένες ίνες, κλώνοι ινών ή νήματα σύδεσης. Η χρήση του Thermalboded είναι ένα παράδειγμα μη υφαντού γεωφάσματος και αποτελούνται από ίνες στα σημεία διασταύρωσης. Τα συνδεδεμένα νήματα χρησιμοποιούνται ως συνδεδετικό στοιχείο στην παραγωγή μη υφαντών γεωφασμάτων στα οποία ο ιστός ενισχύεται από υφαντά συγκόλλησης βελονών.

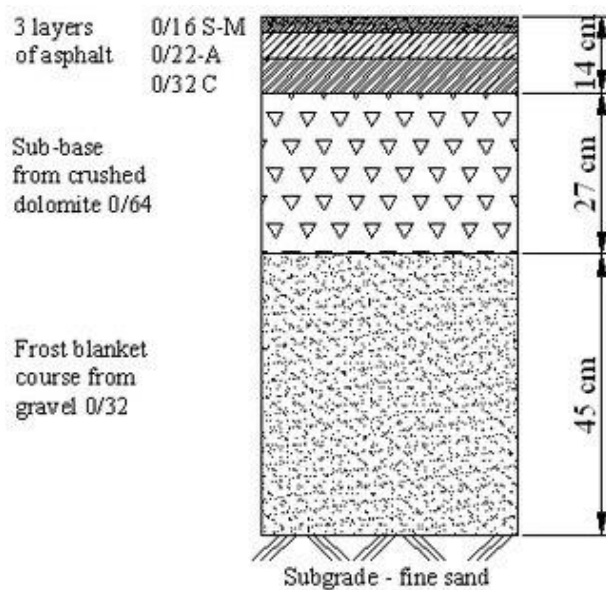
Για τα Αιγυπτιακά έργα λόγω του ότι έχουν αδύναμα εδάφη (λεπτή υφή εδάφους) είναι κατάλληλα γεωφάσματα που η υφή της επιφάνειάς τους είναι τόσο χονδροειδής για την αποστράγγιση. Συνήθως τα μη υφαντά χονδρά γεωφάσματα τα οποία είναι κατασκευασμένα από ίνες παρουσιάζουν καλύτερη ποιότητα αποστράγγισης από ότι άλλα γεωφάσματα που είναι κατασκευασμένα από συντηγμένες μεμονωμένες ίνες. Γενικά όσο πιο παχύ και ογκώδες είναι το γεωφάσμα τόσο καλύτερη αποστράγγιση εκτελείται. Έτσι η μάζα / περιοχή δεν θα μπορούσε να είναι το μόνο κριτήριο για την πρόβλεψη απόδοσης του γεωφάσματος ενώ η χρήση μάζας ενσωματωμένης όμως με το πάχος της αποτελεί ένα πιο δίκαιο κριτήριο για την αποστράγγιση των γεωφάσματος. Επομένως, χρησιμοποιήθηκαν μη υφαντά και υφαντά γεωφάσματα στο συγκεκριμένο έργο αποστράγγισης στην

περιοχή της Αιγύπτου. Καταλήγουμε στο ότι τα γεωφάσματα βοηθούν και στις εφαρμογές αποστράγγισης φυσικά υπό συγκεκριμένες παραμέτρους του εδάφους.

Στη Λιθουανία έγινε, επίσης, χρήση των γεωσυνθετικών υλικών που στόχο είχε την ενίσχυση της κατασκευής του οδοστρώματος. Την τελευταία δεκαετία στην Λιθουανία χρησιμοποιούν αποκλειστικά γεωσυνθετικά για την κατασκευή οδικών και αστικών δρόμων όπως και στην ανακατασκευή τους. Το 1998 η Lithuanian Road Administration υιοθέτησε τους προσωρινούς κανονισμούς των Using Geotextiles and Geogrids for Road Construction (Χρήση γεωφασμάτων και γεωδικτύων στην κατασκευή δρόμων) που χρησιμοποιούνται ακόμη από κατασκευαστές δρόμων και προμηθευτές των γεωσυνθετικών. Οι κανονισμοί βασίζονται στην Γερμανική εμπειρία και των προδιαγραφών τους για την χρήση τους στους δρόμους. Οι προτάσεις της χρήσης των γεωσυνθετικών για τέτοιου είδους οδόστρωμα είναι προτεινόμενο και με άλλους τρόπους, όπως η χρήση της τροποποιημένης ασφάλτου και του χαλύβδινου δικτύου. Στην Λιθουανία οι περισσότερες έρευνες περί χρήσης των γεωσυνθετικών για την ενίσχυση του οδοστρώματος ξεκίνησαν το 2004.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη έλαβε μέρος στον κεντρικό δρόμο της Δημοκρατίας της Λιθουανίας A1 (Vilnius- Kaunas- Klaipeda). Το υπέδαφος είχε κατασκευαστεί κάτω από υπάρχον έδαφος το οποίο ήταν λεπτή άμμος. Το μπροστινό μέτωπο είχε κατασκευαστεί από υλικό λατομείου 0/32, η υπόβαση του οδοστρώματος είναι θρυμματισμένος δολομίτης 0/64. Η επιφάνεια του οδοστρώματος περιλαμβάνεται από τρία επίπεδα : βάση από άσφαλτο 0/32 - C, πιο κάτω άσφαλτο 0/22 - A και ακόμη πιο κάτω άσφαλτο 0/16 - SM.



Εικόνα 7.43 Μια τυπική διατομή κατασκευής νέου δρόμου

Στην πειραματική διατομή όπου έχει γίνει διαπλάτυνση του οδοστρώματος συλλέχθηκαν δύο υποβοηθητικά τμήματα το καθένα 15 μέτρα μακριά. Σε κάθε υπό-τμήμα έχουν τοποθετηθεί 5 διαφορετικά είδη μη υφαντού γεωφάσματος. Οι 5 λωρίδες γεωφάσματος κατασκευάστηκαν υπό διαφορετικούς παράγοντες. Στο πρώτο τμήμα, η στρώση του γεωφάσματος εγκαθίσταται ανάμεσα από το υπέδαφος και το μπροστινό τμήμα ενώ το δεύτερο ανάμεσα στο μπροστινό τμήμα και την υπόβαση που περιέχει θρυμματισμένο δολομίτη 0/64. Στο πρώτο υπό-τμήμα οι λωρίδες των γεωφασμάτων τοποθετήθηκαν στο υπέδαφος, των οποίων η επιφάνεια δεν είχαν σημαντικές πλέξεις. Πάνω από το γεωφάσμα τοποθετήθηκε ένα άλλο τμήμα περίπου 45 εκατοστών που περιείχε καλής ποιότητας σκύρα (το μεγαλύτερο μέγεθος κόκκου είναι 30-35 εκατοστά). Πάνω από το γεωφάσμα κατασκευάστηκε η υπόβαση από θρυμματισμένο δολομίτη 0/64 με πάχος στρώσης 27 εκατοστών (ο μεγαλύτερος κόκκος του δολομίτη έφτανε τα 60 χιλιοστά). Στα δοκιμαστικά βοηθητικά τμήματα υπήρξαν ζημιές στο γεωφάσμα που αναγνωρίστηκαν: γενική τριβή, κοψίματα και τρύπες. Η γενική τριβή αναγνωρίστηκε αποκλειστικά στο γεωφάσμα του οποίου η μάζα ανά μονάδα ήταν 130 gr/m² και ήταν τοποθετημένη στο πρώτο τμήμα ανάμεσα στο υπέδαφος και την πρώτη στρώση. Οι τρύπες εμφανίστηκαν και αυτές στα πιο δοκιμασμένα γεωφάσματα. Ωστόσο, η πιο συχνή ζημιά που φαίνεται να υπάρχουν σε τέτοιες δοκιμαστικές διατομές είναι το συχνό τρύπημα των γεωφασμάτων. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι όλα τα γεωφάσματα υπέστησαν ζημιές που έχουν προκύψει κατά την διάρκεια της εγκατάστασης των στρώσεων του οδοστρώματος πάνω από το γεωφάσμα χωρίς όμως κάποια σημαντική επίπτωση στην κατασκευή και στον διαχωρισμό των στρώσεων, που είναι η βασική λειτουργία του γεωφάσματος.

Έγινε ξανά μια παρόμοια διαδικασία στην πόλη Vilnius της Λιθουανίας και το πειραματικό τμήμα κατασκευάστηκε το Σεπτέμβρη του 2004. Με σκοπό να αναγνωριστεί η επίδραση της ενίσχυσης στα ρεολογικά (ρεολογία εννοούμε τον επιστημονικό κλάδο της μηχανικής με κύριο αντικείμενο της την μελέτη και την έρευνα ροής της ύλης) χαρακτηριστικά και την καταπόνηση του σκυροδέματος της ασφάλτου, ασφάλτου που είναι ενισχυμένη (γεωσυνθετικά έχουν τοποθετηθεί ανάμεσα στην ασφάλτο και στις υπόλοιπες στρώσεις). Η πειραματική κατασκευή του οδοστρώματος αποτελείται από 4 εκατοστά 0/11 S-M ασφάλτου, 5 εκατοστά 0/16 S-A ασφαλτική στρώση, 6 εκατοστά 0/22 A ασφαλτική στρώση βάσης, 25 εκατοστά στρώση βάσης από σπασμένη πέτρα και 40 εκατοστά μπροστινή στρώση.

Η ασφαλτική στρώση του σκυροδέματος σε όλα τα τμήματα ήταν το ίδιο λεπτά, είχαν το ίδιο σχήμα και την ίδια σύσταση. Το ελαστικό μοντέλο βάσης του δρόμου, οι μπροστινές στρώσεις και το επίχωμα έχουν το ίδιο συνολικό μήκος στην ασφαλτική στρώση του σκυροδέματος. Αυτό το πείραμα έγινε για να δουν τις διαφορές που θα υπήρχαν στη χρήση και στη μη χρήση των γεωσυνθετικών δηλαδή στο τμήμα που δεν υπήρχαν γεωσυνθετικά το βάθος των αυλακώσεων ήταν λιγότερες από το τμήμα που

είχε γίνει τοποθέτηση των γεωσυνθετικών. Ωστόσο, μετά από την δεύτερη μέτρηση η επιρροή των γεωσυνθετικών είχαν αναγνωριστεί. Η σχέση ανάμεσα στο αυξανόμενο βάθος των αυλακώσεων και του μοντέλου της ελαστικότητας της ασφάλτου δεν σημειώθηκε. Μετά από έρευνα η ζημιά των γεωφασμάτων από τα οχήματα έχει χαρακτηριστεί από :

- την λειτουργία του διαχωρισμού παρουσιάστηκε τέλεια σε όλα τα τμήματα αλλά η διάτρηση των γεωφάσματος δεν διαδόθηκε σταδιακά στην περιοχή των γεωφασμάτων.
- το πιο ζημιωμένο γεωφάσμα εκσκάφθηκε από την κατασκευή του οδοστρώματος χωρίς στρώση ασφάλτου στην οποία υπόβαση υπήρχε δολομίτης.
- λιγότερη ζημιά παρατηρήθηκε στο γεωφάσμα που εκσκάφθηκε από την κατασκευή του οδοστρώματος χωρίς στρώση ασφάλτου στην οποία, όμως, υπόβαση υπήρχε δολομίτης.
- σε άλλα εκσκαμμένα γεωφάσματα το ποσοστό της ζημιάς ήταν λιγότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα

Επιπρόσθετα παράδειγμα χρήσης μη υφαντών γεωφασμάτων αποτελεί αυτό του αεροδρομίου και του αυτοκινητοδρόμου στην Κίνα (2010) περίπου 25 μέτρων που θα συνδέεται με το κέντρο του Χονγκ Κονγκ.



Εικόνα 7.44 Μέρος κατά τη διάρκεια της διάστρωσης των γεωφασμάτων στο αεροδρόμιο της Κίνας



Εικόνα 7.45 Απεικόνιση του αεροδρομίου

Σε αυτά τα έργα είναι επιτακτική η εφαρμογή των γεωυφάσματος διότι εξυπηρετούν αρκετές λειτουργίες στο συγκεκριμένο έδαφος όπως για παράδειγμα: την αποφυγή ανάμιξης των διαφορετικών υλικών του οδοστρώματος, μείωση του κινδύνου της καθίζησης όπως και την εκπλήρωση του γεωυφάσματος ως φίλτρο. Για την σωστή τοποθέτηση τους σωστό θα ήταν να τρυπηθούν τα μη υφαντά γιατί η επιφάνεια του εδάφους είναι πολύ τραχιά. Για την επιλογή του συγκεκριμένου είδους γεωυφάσματος έχουν ληφθεί υπόψιν οι τεχνικές προδιαγραφές και οι ικανότητες τους στην διαδικασία φιλτραρίσματος. Πριν την τοποθέτηση τους όμως γίνονται οι απαραίτητες δοκιμές στο εργαστήριο για να δουν αν θα ικανοποιήσουν τα κριτήρια που προβλέπονται για το συγκεκριμένο έργο.

Μια επιπλέον αναφορά σε έργο ήταν στην Αμερική που έγινε χρήση των γεωυφασμάτων το 1972. Αποτέλεσε δοκιμή γιατί ήταν μέρος της αξιολόγησης της νεοεμφανιζόμενης βιομηχανίας γεωυφασμάτων. Σκοπός του έργου ήταν να βρεθεί ποιο γεωσυνθετικό υλικό από όλα θα μπορούσε να βοηθήσει περισσότερο στο συγκεκριμένο έργο και φυσικά να ταιριάζει με τις λ λειτουργίες. Το 1972, τα μη υφαντά γεωυφάσματα "Cambrelle" από την ICI και "Bidim" από το Rhone - Ponlenc χρησιμοποιούνταν στην Ευρώπη σε εφαρμογές οδικής υποστήριξης σε μαλακά εδάφη και εργοτάξια. Σήμερα αυτά τα διαπερατά διαχωριστικά υλικά είναι κοινώς γνωστά

ως γεωφάσματα. Στο πλαίσιο αυτού αξιολογήθηκαν αρκετά υφάσματα κάτω από οδοστρώματα σε τέσσερις διαφορετικές τοποθεσίες:

- Ένας αγροτικός δρόμος στο Ντελαγουέρ,
- Ένας τοπικός σχολικός δρόμος στο Ντελαγουέρ,
- Ένας αγροτικός δρόμος στο Ουισκόνσιν, και
- Ένας ιδιωτικός δρόμος στη Σμύρνη, Ντελαγουέρ

Ως αποτέλεσμα, ένα πολυπροπυλένιο 4-oz / yd² θερμικώς συνδεδεμένο ύφασμα επιλέχθηκε ως το προτιμώμενο γεωφάσμα, το Tygar 3401. Ήταν το πιο διαδεδομένο γεωφάσμα γιατί ήταν γνωστό για την ανθεκτικότητά του και έτσι αυξανόταν συνέχεια και η ζήτησή του. Η πηγή των περισσότερων ιστορικών πληροφοριών είναι η πρωτότυπη έκθεση αξιολόγησης δοκιμών και οι συζητήσεις με τον συγγραφέα του, Dick Hutchins. Ο Hutchins ήταν παρών όταν εγκαταστάθηκαν τα γεωφάσματα στον δρόμο της Σμύρνα πριν από 20 χρόνια και ήταν επίσης παρών τον Ιούνιο του 1992, όταν η τοποθεσία επανεξετάστηκε και έγινε εκταφή των δειγμάτων.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, η εταιρεία DuPont πραγματοποίησε διάφορες δοκιμές σε γεωφάσματα των οποίων οι ίνες έχουν συγκολληθεί θερμικά, για να προσδιορίσουν την ικανότητά τους και να βελτιώσουν την απόδοση του οδοστρώματος. Το τμήμα δοκιμής Smyrna χρησιμοποίησε ένα αγρόκτημα του Ντελαγουέρ στο οποίο υπήρχε δρόμος πάνω από έδαφος του οποίου η σύσταση αποτελούταν από αμμώδες πηλό, με φέρουσα ικανότητα 1 CBR(California Bearing Ratio) όταν είναι βρεγμένο (6 CBR όταν στεγνώνει). Αυτός ο δρόμος έχει χρησιμοποιηθεί ενεργά τα τελευταία 20 χρόνια. Ο αρχικός σχεδιασμός του δρόμου με τη χρήση γεωφασμάτων ως ενίσχυση του σχεδιασμού αυτού, αποτελεί ένα από τα πρώτα του είδους του στις Ηνωμένες Πολιτείες. Σε αντίθεση με τα άλλα τμήματα δοκιμών που διαχειρίζεται η DuPont, ο δρόμος της Smyrna ελέγχθηκε πλήρως από τους σχεδιαστές. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής ο δρόμος της Smyrna δεν ήταν υπό επισκευή. Το πρόγραμμα δοκιμών DuPont επικεντρώθηκε στην παροχή χρήσιμων πληροφοριών για την πρόβλεψη της απόδοσης πιθανών τύπων γεωφασμάτων που βρίσκονται κάτω από τη βάση του οδοστρώματος. Η δοκιμή Smyrna χρησιμοποίησε ένα τμήμα δρόμου 3.7(x)3.10m που ήταν σκόπιμα υπο-σχεδιασμένο. Χρησιμοποιώντας παραπάνω φορτία τροχών 40kN το έδαφος με χαμηλό φορτίο απαιτεί βάση χαλικιού 38 cm ωστόσο χρησιμοποιήθηκαν μόνο 15 εκατοστά βάσης χαλικιού (40 τοις εκατό του σχεδιασμού).

Σκοπός ήταν να επιβραδύνουν ή να επιταχύνουν την αστοχία έτσι ώστε οι δοκιμές των γεωφασμάτων να μπορέσουν να αξιολογηθούν. Οι δοκιμές διεξήχθησαν σε δύο στάδια :

1. μια ξηρή διαδρομή, στην οποία το φορτωμένο όχημα προχωρά ενώ ο δρόμος είναι

στεγνός, και τότε τα δείγματα ανασκάπτονται

2. και μια υγρή δοκιμή, στην οποία τα φορτωμένα οχήματα πορεύονται μετά από έντονη βροχή, και έπειτα, ομοίως με το πρώτο στάδιο λαμβάνονται δείγματα.

Συνήθεις τεχνικές οδοποιίας χρησιμοποιήθηκαν, και εγκαταστάθηκε ένα τμήμα ελέγχου όπου δεν τοποθετήθηκε κανένα γεωφάσμα κάτω από τη βάση χαλικιού των

15 εκατοστών. Στο στεγνό τμήμα (142 φορτωμένα αυτοκίνητα το διέσχισαν) δεν σημειώθηκε ιδιαίτερα αισθητή διαφορά μεταξύ του τμήματος με το τοποθετημένο γεωύφασμα και το τμήμα ελέγχου. Ύστερα από ισχυρή βροχόπτωση ισχύος 6,5 cm, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος υγρασίας. Τα αποτελέσματα ήταν τα εξής:

- Σημεία αστοχίας εμφανίστηκαν μόνο μετά το πέρασμα 120 οχημάτων στο τμήμα όπου τοποθετήθηκε το γεωύφασμα Tyrag 340,
- Ολική αστοχία σημειώθηκε στο τμήμα αυξημένης υγρασίας μετά το πέρασμα 20 μόνο οχημάτων.

Μετά τη δοκιμή υγρασίας, το Tyrag 3401 ανασκάφηκε. Το ύφασμα διατήρησε την ακεραιότητά του και βγήκε το συμπέρασμα ότι το Tyrag 3401 παρείχε τον καλύτερο διαπερατό διαχωρισμό και την καλύτερη σταθεροποίηση όλων των προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα της οδού Smyrna. Επίσης βγήκε το συμπέρασμα ότι, για βαρέως τύπου κατασκευαστικές καταπονήσεις δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται υφάσματα με βάρος μικρότερο από 135 g/m² λόγω έλλειψης αντοχής.

Τον Ιούνιο του 1992, μια ομάδα ειδικών επέστρεψε στο σημείο του πειράματος για να ορίσουν την κατάσταση της απόδοσης του οδοστρώματος και την κατάσταση του γεωυφάσματος όπως και για να ανακτήσουν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του εικοσαετούς γεωυφάσματος για να το αξιολογήσουν. Κατά την άφιξή τους εντοπίστηκαν τα σημεία των ποικίλων δοκιμών, και ειδικότερα αυτή του Tyrag 3401. Λήφθηκαν ορισμένες φωτογραφίες ώστε να χαρακτηρίσουν τόσο τις γενικές συνθήκες της περιοχής όσο και της συγκεκριμένης δοκιμής. Έγινε η εκταφή των δειγμάτων αλλά επειδή η επιφάνεια του μη ασφαλτωμένου δρόμου ήταν καλά συμπίεσμένη χρειάστηκαν κασμάδες και φτυάρια.

Αργότερα, η ομάδα ξανά επισκέφθηκε την τοποθεσία και με τη χρήση σωληνών Shelby, έλαβε βασικά δείγματα. Αφαιρέθηκαν 4 έως 5 ίντσες γεμίσματος, αφήνοντας περίπου 1 ίντσα. Βασικά δείγματα δυο σταθμών ελέγχου (χωρίς γεωύφασμα) και έξι δείγματα με γεωύφασμα ελήφθησαν με 3 έως 5 εκατοστά γεμίσματος από πάνω και αντίστοιχα 3 έως 5 εκατοστά έδαφος εδράσεως από κάτω. Δεν ήταν δυνατόν να ληφθούν εντελώς αδιατάραχα βασικά δείγματα λόγω της βραχώδης φύσης του γεμίσματος και της ανικανότητας των σωληνών Shelby να κάνει καθαρή τομή στο γεωύφασμα.

Αξιολόγηση των σωληνών Shelby

Ελήφθησαν συνολικά 8 δείγματα με τη χρήση των σωληνών Shelby με υπεδάφος, με γεωύφασμα και γέμισμα από την τοποθεσία. Οι σωλήνες χωρίζονται σε δυο ομάδες: δυο χωρίς γεωύφασμα και έξι με γεωύφασμα. Παρά το γεγονός ότι η ανάλυση συνεχίζεται ακόμη, προκαταρκτικά αποτελέσματα έδειξαν τα παρακάτω:

1. Τα περισσότερα δείγματα ήταν διαταραγμένα διότι οι σωλήνες εισχώρησαν στο έδαφος με δύναμη. Όταν ο σωλήνας άγγιξε το γεωύφασμα, δεν το έκοψε καθαρά. Το γέμισμα και το έδαφος πλησίον του γεωυφάσματος διαταράχτηκαν, καθιστώντας δύσκολη την παρατήρηση της ακριβούς δομής του εδάφους αυτού. Σε κάθε περίπτωση ήταν ξεκάθαρη ο αποτελεσματικός διαχωρισμός του υπεδάφους.
2. Το δείγμα χωρίς γεωύφασμα παρουσίασε σημαντική εσωδιάχυση προκαλώντας τη δημιουργία αυλακώσεων και λακκουβών (κακή απόδοση του οδοστρώματος).

Φυσικά Χαρακτηριστικά

Τα γεωφάσματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για να συγκριθούν τα φυσικά τους χαρακτηριστικά με αυτά του 1972. Ο εφελκυσμός δεν ελέγχθηκε το 1972. Ωστόσο, τα τρέχοντα αποτελέσματα έδειξαν 50 τοις εκατό συγκράτηση αντοχής και συγκράτηση επιμήκυνσης 35% σε σύγκριση με τα ιστορικά δεδομένα του 1972. Οι τιμές διαπερατότητας των ανακτηθέντων εδαφικών εμποτισμένων δειγμάτων γεωφασμάτων υπερβαίνουν το εύρος τιμών των εδαφών που υπάρχουν (αμμώδης πηλός, 0,00005 cm / sec). Συνολικά τα φυσικά χαρακτηριστικά του γεωφάσματος παρέμειναν σταθερά για μια περίοδο 20 ετών σε αυτό το υπό σχεδιασμό οδόστρωμα.

Αποτελέσματα δειγμάτων

Η ανάλυση του δείγματος των μεγεθιμένων ινών πολυπροπυλενίου έδειξε μικρή ή και καθόλου αποδόμηση με την πάροδο του χρόνου. Δεν παρατηρήθηκε ένδειξη φθοράς του πολυμερούς ακόμη και όταν μεγεθυνόταν 3.000 φορές. Μόνο η μηχανική βλάβη στο εξωτερικό στρώμα των επιφανειακών ινών γεωφάσματος ήταν εμφανής. Επιπλέον, η ζημιά ήταν πιο έντονη στην πλευρά γεμίσματος του γεωφάσματος ως αποτέλεσμα της υφής του η οποία ήταν πιο σκληρή από αυτή του υπεδάφους. Η ζημιά ήταν επίσης πιο σοβαρή από τα φυσιολογικά επίπεδα λόγω του υπό σχεδιασμό πάχους του γεμίσματος (15 εκατοστά έναντι 38 εκατοστά που απαιτούνται για τον κανονικό σχεδιασμό) και των υπερφορτωμένων συνθηκών που προκαλούν μεγαλύτερη πίεση στο γεωφάσματα.

Αξιολόγηση Πολυμερούς

Ένας από τους βασικούς στόχους αυτής της μελέτης ήταν να καθοριστεί εάν χρησιμοποιείται η ίδια ποσότητα αντιοξειδωτικών και υπεριώδους σταθεροποιητών σήμερα όσο στην παραγωγή των γεωφασμάτων πριν είκοσι έτη. Κατά την επίτευξη αυτού του στόχου, κατέστη σαφές ότι οι τρέχουσες τεχνικές (χρωματογραφία διαπερατότητας πηκτής γέλης και επαγωγή οξειδωσης) δεν μπορούν να παρέχουν επαρκείς πληροφορίες για σύγκριση. Το πολυπροπυλένιο είναι ένα πολυμερές μακράς αλυσίδας στο οποίο μπορεί να προκληθεί δομική βλάβη με θερμότητα ή φως με την πάροδο του χρόνου από την ανάπτυξη ελεύθερων ριζών. Η παρουσία οξυγόνου είναι θεμελιώδης προϋπόθεση για την εμφάνιση της βλάβης. Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο στα εδάφη είναι αρκετά χαμηλή και συνεχίζει να μειώνεται εκθετικά όσο πιο βαθιά προχωράει κανείς στο έδαφος.

Το πακέτο σταθεροποιητή Tyrap 3401 του 1972 αποτελείται από τα ακόλουθα:

- Το UV 531-απορροφά το υπεριώδες φως και το απελευθερώνει ως ενέργεια. Το σημαντικό μειονέκτημα ήταν ότι θα μπορούσε εύκολα να ξεπλυθεί.
- Οι σταθεροποιητές Dilaurylthiodipropionate (DLTDP) και Toranol CA-Thermal αλληλεπιδρούν με τις ελεύθερες ρίζες, αποσβένοντας τη διαδικασία θερμικής αποδόμησης.

Συμπεράσματα

Η επιτόπια επιθεώρηση και τα δείγματα σωλήνων Shelby υποδεικνύουν ότι το θερμοσυνδεμένο μη υφαντό γεωύφασμα εξακολουθεί να εκτελεί τη λειτουργία που είχε αρχικά προβλεφθεί όταν εγκαταστάθηκε πριν από 20 χρόνια, παρόλο που ήταν ακόμη υπό σχεδιασμό.

Με τους διαθέσιμους και χρησιμοποιούμενους δείκτες, όπως το DSC, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης και τη φυσική δοκιμή, το πολυμερές δεν είχε μετρήσιμη φθορά και η μόνη ζημιά στο γεωύφασμα 3 ήταν μηχανική - κυρίως στην άνω επιφάνεια του νήματος αν και το γεωύφασμα ήταν μόνο 15 εκατοστά κάτω από την επιφάνεια. Συνεχίζεται η περαιτέρω εξέταση του γεωυφάσματος. Για μελλοντικές μελέτες, ο καθαρισμός με υπερήχους των βασικών δειγμάτων είναι αποτελεσματικός στην απομάκρυνση του εδάφους που είναι ενσωματωμένο στη μήτρα γεωυφάσματος, ώστε να επιτρέπεται ακριβέστερη ανάλυση και πιο αποκαλυπτικές φωτομικρογραφίες. Διατομές ιών καθιστούν δυνατή την εμφάνιση οποιουδήποτε σημείου πολυμερούς διάσπασης. Παρόλο που η εγκατάσταση προοριζόταν να είναι προσωρινή και δεν είχε σχεδιαστεί σε μεγάλο βαθμό, γενικά συνέχισε να λειτουργεί αποτελεσματικά.

Για πάνω από 20 χρόνια, ένα γεωτεχνικό ύφασμα έχει επιτελέσει το έργο του διαπερατού διαχωρισμού στη Smyrna, Ντέλαγουερ. Τα θετικά αποτελέσματα του τεστ του 1972 δείχνουν ξεκάθαρα ότι η χρήση ενός γεωυφάσματος αυξάνει δραματικά την απόδοση ενός μη ασφαλτοστρωμένου δρόμου για μεγάλο χρονικό διάστημα.. Συμπεραίνεται ότι η σχετική έλλειψη οξυγόνου στο έδαφος που περιβάλλει το γεωυφάσματα τα τελευταία 20 χρόνια είναι ο κύριος συντελεστής της ασήμαντης υποβάθμισης. Παρόμοια αποτελέσματα δοκιμών φυσικού δείκτη από το 1972 και το 1993 σε συνδυασμό με πιο αποκαλυπτική ανάλυση φωτομικρογραφίας του πολυμερούς επιβεβαιώνουν αυτήν την ασήμαντη αποδόμηση.

Εκτίμηση ζημιών στην κατασκευή ενός μη υφαντού γεωυφάσματος

Ο γεωσυνθετικός σχεδιασμός της τελευταίας δεκαετίας έχει εξελιχθεί στην έννοια "design-by-function". Όταν τα γεωσυνθετικά υλικά ενσωματώνονται ως ενισχυτικά στοιχεία σε έργα διεύρυνσης αυτοκινητόδρομων, ο σχεδιαστής θα χρησιμοποιεί συχνά μια προεπιλεγμένη τιμή για τον μερικό παράγοντα ασφάλειας που σχετίζεται με την ανθεκτικότητα κατασκευής (δηλ. Ζημιά στην εγκατάσταση). Κατασκευάστηκε ένα ταμπλό δοκιμών και πραγματοποιήθηκε ένα πρόγραμμα γεωσυνθετικής δοκιμής για τον προσδιορισμό του πραγματικού μερικού συντελεστή ασφάλειας που σχετίζεται με ζημιά στην εγκατάσταση. Αυτές οι πληροφορίες θα βοηθήσουν τους μελλοντικούς σχεδιαστές, τους προσδιοριστές και τους κατασκευαστές να αναπτύξουν ένα τέτοιο πρόγραμμα δοκιμών και θα ενισχύσουν τη βάση δεδομένων για μελλοντικούς ερευνητές.

Όταν τα γεωσυνθετικά χρησιμοποιούνται ως ενισχυτικά στοιχεία στις γήινες κατασκευές, ο σχεδιαστής πρέπει να εξετάσει την επίδραση των κατασκευαστικών ζημιών, της γήρανσης, της θερμοκρασίας, του ερπυσμού και των περιοριστικών τάσεων στην επιτρεπόμενη αντοχή του σχεδιασμού.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΟΥ

Το έργο Salmon-Lost Trail Pass Highway είναι ένα πειραματικό έργο που ξεκίνησε από το τμήμα FHWA Western Federal Lands Highway για την αξιολόγηση της χρήσης μη υφαντών γεωφασμάτων για την κατασκευή απότομων πλαγιών. Το έργο βρίσκεται στο Εθνικό Δάσος Σολομού του Αϊντάχο και περιλαμβάνει τη διεύρυνση της εθνικής οδού του Αϊντάχο 30. Ένα τμήμα της διεύρυνσης του αυτοκινητόδρομου περιλαμβάνει την κατασκευή μίας μόνιμης κλίσης ενισχυμένης με γεωφάσματα 45 μοιρών, μήκους 72 m, 2 έως 15 ύψος m.



Εικόνα 7.46 Ο Salmon-Lost Trail Pass Highway

Τοποθέτηση Γεωφάσματος

Ένα δείγμα 15,25 m (50ft) x 3,96m (13ft) ενός ενισχυμένου μέτρου μη υφαντού γεωφάσματος υποβλήθηκε από τον κατασκευαστή στην FHWA. Αυτό το γεωφάσμα ορίστηκε ως γεωφάσμα Τύπου ΙΧ εντός των προδιαγραφών του έργου και είναι ένα μη υφαντό γεωφάσμα με βελόνες συνεχούς νήματος 407 g / m² κατασκευασμένο για εφαρμογές ενίσχυσης. Το δείγμα γεωφάσματος διαιρέθηκε σε τρεις ζώνες, η καθεμία διαμέτρου περίπου 2,44 m. Σε κάθε ζώνη, τοποθετήθηκε χώμα με ελαστικό εμπρόσθιο φορτωτή σε χαλαρό βάθος 152 mm, 305 mm και 457 mm. Όλες οι πέτρες και τα λιθόστρωτα μεγαλύτερα από 102 mm αφαιρέθηκαν από τη συμπλήρωση, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του έργου.

Ο σκοπός της δοκιμής γεωφασμάτων ήταν να προσδιοριστεί η επίδραση των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων στην απόλυτη αντοχή, Tu₁₀ του γεωφάσματος στην κατεύθυνση της εφαρμογής φορτίου, δηλαδή την κατεύθυνση της μηχανής. Για να βοηθήσουμε στην ερμηνεία αυτών των πληροφοριών, κρίθηκαν κατάλληλες πρόσθετες δοκιμές. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις επιβίωσης που καθορίστηκαν από τα FHWA και AASHTO, οι τιμές έκρηξης Mullen, αντοχής στη διάτρηση, τραπεζοειδούς σχίσματος και διαπερατότητας νερού αξιολογήθηκαν ως μέρος αυτής της έρευνας.

Ένα πρόγραμμα αξιολόγησης ζημιών στην κατασκευή θα πρέπει να αναπαράγει συνθήκες που ενδέχεται να υπάρχουν κατά την κατασκευή. Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι η αξιολόγηση του υπεδάφους, η τοποθέτηση γεωφάσματος, η

συμπύκνωση, ο προσδιορισμός του πάχους ανύψωσης, η δοκιμή γεωφασμάτων και ο προσδιορισμός του μερικού παράγοντα ασφαλείας. Επειδή δεν είναι δυνατόν να μοντελοποιηθούν με ακρίβεια οι συνθήκες του πεδίου, είναι σημαντικό για τους σχεδιαστές να συμπεριλάβουν έναν ελάχιστο συντελεστή ζημιάς στην εγκατάσταση κατασκευής, FC. Εξετάστηκε ένα πρόγραμμα αξιολόγησης ζημιών από κατασκευές για ένα υψηλής αντοχής μη υφασμένο γεωφάσμα για χρήση στην κατασκευή μιας ενισχυμένης εδαφολογικής δομής. Για μη υφαντά γεωφάσματα που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις εφαρμογές, η αξιολόγηση θα πρέπει να περιλαμβάνει την τελική αξιολόγηση αντοχής (δηλαδή, αντοχή εφελκυσμού ταινίας μεγάλου πλάτους) προς την κατεύθυνση της μεταφοράς τάσης, μαζί με τις βασικές ιδιότητες του δείκτη. Για αυτό το συγκεκριμένο μη υφαντο γεωφάσμα με διάτρηση με βελόνες, οι ιδιότητες του δείκτη που επηρεάζουν βρέθηκαν να περιλαμβάνουν τη διάρρηξη Mullen, την αντίσταση στη διάτρηση και τη διαπερατότητα.

Χρήση μη υφαντού γεωφάσματος στην Οκλαχόμα

Η χρήση χημικών σταθεροποιητών στη συνήθη συντήρηση και η νέα κατασκευή οδικών οδών αντιπροσωπεύει έναν ακριβό τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος της σταθεροποίησης και του διαχωρισμού από τα βασικά υλικά. Το 1984 εγκαταστάθηκε ένα μη υφαντό Supac 8NP σε δευτερεύουσα εθνική οδό SH-131 στην κομητεία Atoka της Οκλαχόμα, για να διερευνηθεί ένα πιο αποδοτικό μέσο διαχωρισμού και σταθεροποίησης. Η απόδοση του δρόμου των τμημάτων δοκιμής γεωφάσματος συγκρίθηκε με τα παραδοσιακά χρησιμοποιούμενα τμήματα ελέγχου υποβάθμισης σταθεροποιημένου ασβέστη 610 mm (24 ιντσών), καθώς τόσο τα γεωφάσματα όσο και το σταθεροποιημένο υπεδάφος καλύφθηκαν από το ίδιο δομικό τμήμα οδοστρώματος. Αξιολογήθηκε επίσης η αντοχή και η απόδοση των γεωφασμάτων μετά τις σκληρές κατασκευές, η τάση που προκαλείται από την κυκλοφορία και τη γήρανση. Η ανθεκτικότητα του γεωφάσματος καθορίζεται αφαιρώντας το ύφασμα από το δρόμο και δοκιμάζοντας τα εκταφθέντα δείγματα. Οι αυτοκινητόδρομοι της Federalaid επιδεινώνονται με ρυθμό 50% ταχύτερα από ότι ξαναχτίζονται. Η χρήση των γεωφασμάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την περιοχή της Οκλαχόμα λόγω του εδάφους και λόγω του ότι είναι επιτακτική η ανάγκη της σταθεροποίησης και του διαχωρισμού. Η ενσωμάτωση ενός γεωφάσματος στο σχεδιασμό οδοστρώματος μπορεί να βελτιώσει την απόδοση και τη διάρκεια ζωής. Τα γεωφάσματα είναι οικονομικά αποδοτικά εναλλακτικές λύσεις για μεθόδους σταθεροποίησης όπως αποσυναρμολόγηση, τοποθέτηση παχιάς δομικής πλήρωσης, σταθεροποίηση ασβέστη ή άλλα ακριβά χειρισμοί χειραγώγησης.

Οι παραδοσιακές λύσεις σε αυτό το πρόβλημα μόλυνσης περιλαμβάνουν τη χρήση μιας καλά διαβαθμισμένης βάσης, η οποία βοηθά στον αποκλεισμό της "μετανάστευσης" των υλικών, αλλά είναι λιγότερο δυνατή και όχι ελεύθερη αποστράγγιση. Μια καλύτερη λύση είναι η τοποθέτηση γεωφασμάτων ως στρώματα διαχωρισμού και σταθεροποίησης μεταξύ του υπεδάφους και της υπερκείμενης βάσης, αποτρέποντας τη μόλυνση της βάσης εξαιτίας της εισβολής υπεδάφους στη βάση. Η χρήση ενός γεωφάσματος για διαχωρισμό και σταθεροποίηση έχει αποδειχθεί τεχνικά αποτελεσματική και είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη εναλλακτική λύση. Η ενσωμάτωση ενός γεωφάσματος θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά τη σταθερότητα του συστήματος του οδοστρώματος ή θα επέτρεπε στο σύστημα να κατασκευαστεί με ένα λεπτότερο δομικό τμήμα και να επιτύχει το ίδιο επίπεδο απόδοσης. Ο σκοπός της μελέτης ήταν να συγκριθεί η σχετική απόδοση των Supac

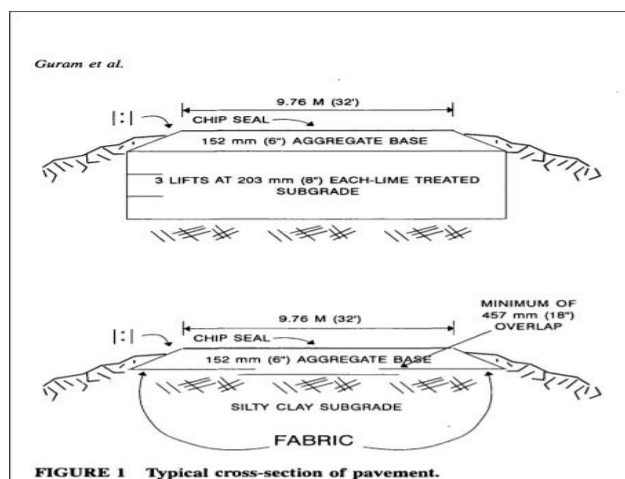
8NP, ένα μη υφαντό διάτρητο γεωφάσμα πολυπροπυλενίου, ονομαστικό βάρος 271 g / m², με ασβέστη και επεξεργασμένο χώμα υπεδάφους.

Τοποθεσία του έργου

Το έργο βρίσκεται στη δευτερεύουσα εθνική οδό SH-131, 0,8 χλμ. ανατολικά της πόλης Wardville, που εκτείνεται ανατολικά έως US-69 στη βόρεια κομητεία Atoka της Οκλαχόμα. Ως μάρτυρες επιλέχθηκαν δύο παραδοσιακά χρησιμοποιούμενες ενότητες με λιπαντικά, ένα σε κάθε άκρο του τμήματος Suprac 8NP. Το τμήμα γεωφάσματος είχε μήκος 183 m από το πλήρες πλάτος του οδοστρώματος. Και τα δύο τμήματα ασβέστη χρησιμοποίησαν ένα στρώμα σταθεροποιημένου με ασβέστη υποβάθρου πάχους 610 mm. Το έργο κατασκευάστηκε από την Honegger Construction Company της Οκλαχόμα Σίτι, Οκλαχόμα, ως μέρος του έργου Τμήμα Μεταφορών της Οκλαχόμα (ODOT) SAP-3 (168).

Τοποθέτηση των γεωφασμάτων

Το Suprac 8NP, είναι ένα μη υφαντό γεωφάσμα, με πλάτος 3,81 m τοποθετήθηκε πάνω από το υπάρχον υπέδαφος. Ένα αρχικό ρολό 3,81μέτρων τοποθετήθηκε κατά μήκος της κεντρικής γραμμής του οδοστρώματος και δύο επιπλέον ρολά επικαλύπτονταν και στις δύο πλευρές. Η επικάλυψη κυμαινόταν από 457 mm έως 610 mm παρέχοντας ένα ελάχιστο πραγματικό πλάτος 9,8 m. Το μήκος του γεωφάσματος 183 μέτρα εγκαταστάθηκε με το χέρι και χρειάστηκε ένα πλήρωμα έξι ατόμων σε λιγότερο από μία ώρα. Η ίδια δομή οδοστρώματος τοποθετήθηκε πάνω από τις κατεργασμένες με ασβέστη περιοχές που καλύπτονται από γεωφάσματα. Έξι ίντσες αδρανούς βάσης, Τύπος A (με βάση την ODOT Standard Specification, 1976, Section 303) τοποθετήθηκαν από ανατρεπόμενα φορτηγά 100 τοις εκατό ανά AASHTO T-180.



Εικόνα 7.47 Τυπική διατομή

Για να προσδιοριστεί η ανθεκτικότητα και η απόδοση του γεωφάσματος, αξιολογήθηκαν τα ακόλουθα δεδομένα:

- αποτελέσματα δειγματοληψίας και δοκιμών εδάφους,
- αποτελέσματα δειγματοληψίας και δοκιμών υφάσματος,

- συνθήκες δρόμου, ποιότητα οδήγησης, ιστορικό συντήρησης οδοστρώματος
- και ανασκόπηση του σχεδιασμού οδοστρώματος που βασίζεται στην εκτροπή δέσμης Benkelman.

Έγιναν παρατηρήσεις σχετικά με τις συνθήκες των εκταφθέντων δειγμάτων γεωφάσματος, υπεδάφους κάτω από το γεωφάσμα και βάσης πάνω από το γεωφάσμα. Σε συνδυασμό, αυτές οι πληροφορίες παρέχουν επαρκείς πληροφορίες για να χαρακτηρίσουν την απόδοση και την ανθεκτικότητα. Το 1986 τα τμήματα που έχουν υποστεί επεξεργασία με ασβέστη υπέστησαν εκτεταμένες ζημιές στις λακκούβες και υποβλήθηκαν σε επισκευές. Αυτό φέρεται να οφείλεται σε βρεγμένο ελατήριο το 1985. Υπήρχε μόνο μία απομονωμένη λακούβα στο γεωστατικό σταθεροποιημένο τμήμα. Το 1988, ασφαλτο σκυροδέματος ODOT τύπου C, τοποθετήθηκε σε ολόκληρο το δρόμο παράλο που το τμήμα του γεωφάσματος δεν είχε σχεδόν καμία δυσφορία σε σχέση με το οδόστρωμα.

Το μη υφαντό από πολυπροπυλένιο γεωφάσμα δεν παρουσίασε απώλεια αντοχής. Αντ' αυτού έδειξε κάποιο κέρδος στις μηχανικές ιδιότητες. Τα μη υφαντά με γεωμετρία πολυπροπυλενίου που είναι διάτρητα διατήρησαν την αρχική τους αντοχή αρκετά αμετάβλητη, ενώ τα θερμικά συνδεδεμένα μη υφασμένα γεωφάσματα έχασαν περίπου το 50% της αρχικής τους αντοχής. Αυτά τα δεδομένα συμφωνούν επίσης με άλλες εργασίες της Phillips Fibers Corporation για την αξιολόγηση του προσδόκιμου ζωής του Supac. Μια άλλη καλή ένδειξη για τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά αντοχής του Supac είναι το ποσοστό επιμήκυνσης. Γενικά στη διαδικασία αποδόμησης το ύφασμα χάνει τις ιδιότητες επιμήκυνσης και την αντοχή του.

Η επισκόπηση των δεδομένων επιμήκυνσης δεν δείχνει καμία αλλαγή στις ιδιότητες του σε σύγκριση με τα αχρησιμοποίητα δείγματα. Για περαιτέρω αξιολόγηση της χημικής αντοχής της ρητίνης πολυπροπυλενίου, η ανάλυση υπερύθρων δείχνει ότι δεν σημειώθηκε οξείδωση του γεωφάσματος. Τα δεδομένα υπέρυθρης ακτινοβολίας δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία αλλαγή στα μοριακά βάρη τριών δειγμάτων που δοκιμάστηκαν και τα υφάσματα που εκταφίστηκαν το 1988 και το 1993.

Παρόλο που το υπέδαφος ήταν από άργιλο, το οποίο είναι γνωστό ότι συγκρατούν υγρασία και είναι επιρρεπή στην άντληση, κανένα από αυτά τα προβλήματα δεν παρατηρήθηκε κάτω από το μη υφαντό τμήμα των γεωφασμάτων. Συγκρίνοντας τις συνολικές συνθήκες του έργου (χωρίς να υπάρχουν λακκούβες στο τμήμα υφάσματος σε σύγκριση με τον έλεγχο που έχει υποστεί επεξεργασία με ασβέστη, τις επιφανειακές συνθήκες όσο και το ίδιο τρέχον PSI) είναι σαφές ότι το τμήμα γεωφάσματος έχει εκτελέσει τη λειτουργία του διαχωρισμού και σταθεροποίησης για τα τελευταία 9 χρόνια. Από μια ανάλυση κύκλου ζωής οδοστρώματος είναι σαφές ότι το τμήμα γεωφάσματος απαιτούσε λιγότερη συντήρηση και θα πρέπει να συνεχίσει να δείχνει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής οδοστρώματος λόγω της μακροπρόθεσμης δημιουργίας ενός στρώματος διαχωρισμού και σταθεροποίησης, σε σύγκριση με το σύστημα σταθεροποιημένο με ασβέστη, θα συνεχίσει να καταρρέει με την πάροδο του χρόνου.

Συμπεράσματα

- Το μη υφαντό με βελόνα Supac BNP που είναι από πολυπροπυλένιο δεν έχασε τις ιδιότητες αντοχής κατά τη διάρκεια των εννέα ετών ζωής.
- Με βάση τα δεδομένα δοκιμής υπερύθρων, δεν υπάρχει χημική αποικοδόμηση ή αλλαγή στο μοριακό βάρος της ρητίνης πολυπροπυλενίου στο γεωφάσματα.
- Το Supac BNP πραγματοποίησε την επιδιωκόμενη λειτουργία διαχωρισμού και σταθεροποίησης.
- Η πραγματική απόδοση οδοστρώματος, με βάση τα δεδομένα PSI και την οπτική επιθεώρηση των τμημάτων ελέγχου και Supac, είναι η ίδια για όλους τους πρακτικούς σκοπούς. Δηλαδή, η βασική απόδοση του τμήματος Supac BNP είναι ισοδύναμη με αυτή του 24-in. Υποβαθμισμένο κατεργασμένο με ασβέστη.
- Υπάρχει μεγάλη ανάγκη να αναπτυχθούν νέες μέθοδοι σχεδιασμού που βασίζονται σε συσκευές μέτρησης εκτροπής δέσμης Benkelman για το σχεδιασμό πεζοδρομίων ενσωματωμένων σε γεωφάσματα.
- Σημαντική εξοικονόμηση τόσο στο κόστος κατασκευής όσο και στο κόστος συντήρησης μπορεί να επιτευχθεί με την ενσωμάτωση ενός γεωφάσματος στο σχεδιασμό δρόμου. Τα γεωφάσματα μειώνουν το κόστος κύκλου ζωής των οδοστρωμάτων.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται κυρίως στη χρήση των γεωσυνθετικών υλικών στα έργα οδοποιίας αλλά και γενικότερα στις εφαρμογές τους στα σύνθετα τεχνητά έργα όπως είναι οι τοίχοι αντιστήριξης οπλισμένης γης όπως και τα προαναφερθέντα στα προηγούμενα κεφάλαια. Με τον ευρύτερο όρο στα γεωσυνθετικά υλικά ανήκουν τα γεωφάσματα, οι γεωμεμβράνες, τα γεωπλέγματα, τα γεωδίκτυα, οι γεωσυνθετικοί αργιλικοί φραγμοί καθώς και τα συνδυασμένα γεωφάσματα. Τα επικρατέστερα πλεονεκτήματα που συνέβαλλαν στο να εξελιχθούν ραγδαία τα τελευταία χρόνια αυτός ο τομέας της επιστήμης σε σχέση με την εφαρμογή τους στα τεχνικά έργα του πολιτικού μηχανικού (ειδικότερα στα έργα οδοποιίας) είναι :

1. Η υλοποίηση τεχνικά ανέφικτων λύσεων χωρίς την χρήση των γεωσυνθετικών υλικών
2. Τα οικονομικά οφέλη που παρέχουν με τη χρησιμοποίησή τους
3. Η βιομηχανοποιημένη παραγωγή τους
4. Διαθέτουν μεγάλο εύρος χρήσης
5. Η απλοποίηση βασικών αρχών της μελέτης στα τεχνικά έργα που χρησιμοποιούνται τα συγκεκριμένα υλικά και
6. Τα κατασκευαστικά πλεονεκτήματα τους.

Το 1970 υπήρχαν 6 με 7 διαθέσιμοι τύποι γεωσυνθετικών υλικών που χρησιμοποιούσαν στα τεχνικά έργα ενώ πια στις μέρες μας χρησιμοποιούνται πάνω από 600 διαφορετικοί τύποι.

Παρά το γεγονός ότι στην αρχή τα γεωσυνθετικά υλικά χρησιμοποιούνταν ως επί το πλείστον για την ενίσχυση της διατμητικής αντοχής των εδαφών εντός των επιχωμάτων ενώ σήμερα έχει διευρυνθεί η εφαρμογή στον τομέα τους. Αποτελεί το βασικό τεχνικό εργαλείο για τους μηχανικούς αφού πια αναφέρονται σε πάνω από 150 διαφορετικές εφαρμογές. Επειδή υπάρχουν ποικίλοι τύποι των γεωσυνθετικών υλικών μπορούν και εξυπηρετούν πολλές λειτουργίες. Ανάλογα με την βασική λειτουργία τους καλούνται να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες :

- Συγκράτηση (containment), για την συγκράτηση των κόκκων του εδάφους ώστε να διατηρηθεί η γεωμετρία του,
- Αποστράγγιση (drainage), για την μεταφορά και την συλλογή υπόγειων υδάτων,
- Προστασία (protection), λειτουργώντας ως στρώσεις ανακουφίζουν τα υποκείμενα εδαφικά στρώματα μειώνοντας έτσι τις καθιζήσεις,
- Όπλιση (reinforcement), ενισχύεται η διατμητική αντοχή του εδάφους κυρίως μέσω της εφελκυστικής αντοχής των γεωσυνθετικών υλικών,
- Διαχωρισμός (separation), αποφεύγεται η ανάμιξη των εδαφικών κόκκων του εδάφους,

- Προστασία επιφανειακής διάβρωσης (superficial erosion control), για την αποφυγή μετακίνησης των εδαφών εξαιτίας της αιολικής διάβρωσης ή της διάβρωσης από την διάβρωση από την επιφανειακή ροή των υδάτων,
- Ζώνες διήθησης και προστασίας ή φιλτραρίσματος (filtration), για την σωστή ροή των υδάτων εντός του εδάφους με την διατήρηση όμως των εδαφικών κόκκων στη θέση τους,
- Τέλος τα γεωσυνθετικά υλικά χρησιμοποιούνται ως λύσεις στεγανοποίησης ή ως φράγματα (barriers) με σκοπό την αποφυγή της εισροής ή της διαφυγής υγρών (υπόγειων υδάτων ή και ρύπων) ή ακόμη και αερίων.

Με την σωστή επιλογή και τον κατάλληλο σχεδιασμό τα γεωσυνθετικά υλικά μπορούν να δώσουν ικανοποιητικές λύσεις, τόσο σε οικονομικό όσο και σε τεχνικό επίπεδο, σε εφαρμογές διαχωρισμού, φίλτρου καθώς και αποστράγγισης. Στα παραπάνω κεφάλαια αναπτύχθηκε η χρήση τους τόσο στον ελλαδικό χώρο όσο και στο εξωτερικό, γίνεται και η σύγκριση μεταξύ των χρήσεων στις διάφορες χώρες. Καταλήγουμε στο γεγονός ότι παρόλο που το υλικό και η χρήση του είναι ίδια η τοποθέτηση και η συμπεριφορά διαφέρει. Η κάθε χώρα φαίνεται να διαφοροποιείται ως προς την τοποθέτηση τους κι αυτό συμβαίνει διότι παρόλο που υπάρχει τεχνολογική εξέλιξη δεν έχουν όλες οι χώρες την ευχέρεια τους και έτσι θα υπάρχει διαφορά μεταξύ των χωρών.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Οδοποιία - Η κατασκευή των οδικών έργων, Αναστάσιος Κ. Μουρατίδης
- Οδοποιία – Η διαχείριση των οδικών έργων, Αναστάσιος Κ. Μουρατίδης
- Γεωφάσματα : μηχανική και υδραυλική :συμπεριφορά – εφαρμογές, Βασίλειος Προφυλλίδης
- Geotextile: From design to applications, Robert M. Koerner
- Geosynthetics in civil engineering, G.P.T.M. van Santvoort

11.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

- <https://www.maccaferri.com/gr/%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%AD%CF%82-%CF%80%CE%AC%CE%BD%CF%89-%CF%83%CE%B5-%CE%BC%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CE%AC-%CE%B5%CE%B4%CE%AC%CF%86%CE%B>
- http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/struct/geomecal/docs/stress-strain1_5.html (ανηγγεμένη παραμόρφωση)
- https://www.yingfanenviro.com/products/geotextile.html?gclid=EAIAIQobChMI-vXKpLqK7gIVibrVCh0b9gFdEAAAYASACEgLrBfD_BwE
- <http://geotechnicsworld.com/wp-content/uploads/2015/02/Typar%20technical%20handbook-%20Geotechnics.pdf>
- <https://docplayer.gr/64837720-Shediasmos-odostromaton-me-hrisi-geosynthetikon-ylikon.html>
- <http://epubs.nsla.nv.gov/statepubs/epubs/31428003077357.pdf>
- <https://www.tensarcorp.com/Systems-and-Products/Tensar-Biaxial-BX-geogrids>
- https://www.formec.org/images/proceedings/2011/formec2011_paper_visser_etal.pdf
- <https://cgpit-bardoli.edu.in/wp-content/uploads/2019/02/Role-of-Geotextile-in-Highway-Stabilization.pdf>
- https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/6519/3/Nimertis_Kouzi%28geo%29.pdf
- <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/13302/P0013302.pdf?sequence=1>
- <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/40829/%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%20%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20-.pdf?sequence=1>
- http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/15453/SDO_DMTA_01034_Medium.pdf?sequence=1
- <http://ikee.lib.auth.gr/record/305865/files/Papagiannopoulos.pdf>
- <https://trid.trb.org/view/994740>
- https://www.researchgate.net/profile/Praveenkumar-Karuppiah/publication/332266523_A_STUDY_ON_EXPORT_PERFORMANCE_OF_COIR_INDUSTRY_IN_INDIA/links/5dcaaec7299bf1a47b318169/A-STUDY-ON-EXPORT-PERFORMANCE-OF-COIR-INDUSTRY-IN-INDIA.pdf
- https://www.researchgate.net/publication/290544228_Use_of_geosynthetics_f_or_the_strengthening_of_road_pavement_structure_in_Lithuania

- https://www.virtualacademia.com/pdf/eng1_13.pdf
- <https://www.slideshare.net/KeerthiKeerthi20/expanded-polystyrene-technology-in-construction>
- <https://www.thracegroup.com/gr/en/technical-fabrics/geosynthetics/>
- <https://www.fibralco.gr/nisyros-project/>
- <https://kepom.wordpress.com/tag/%CF%87%CF%85%CF%84%CE%B1/>
- <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/handle/11615/13302;jsessionid=A90CB2934E9F6F19FF56E17C03A6C8E9>
- <https://docplayer.gr/47603887-Diplomatiki-ergasia-thema-meleti-ton-tehnikogeologikon-geotehnikon-synthikon-stin-katolisthisi-sto-palaiohori-toy-dimoy-zaharos-nomoy-ileias.html>