

ΕΠΑνεΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ • ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ • ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

ΔΡΑΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ:
« ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ »

Έργο: Παραγωγή τροποποιημένης ασφάλτου και αύξηση ποσοστού ανακύκλωσης ασφαλτικού σκυροδέματος χρησιμοποιώντας ανακυκλωμένο ελαστικό (RAP-ELT)

Κωδικός Έργου: Τ1ΕΔΚ-ο1656

Π 5.1 Έκθεση οικονομικής αξιολόγησης της χρήσης τρίμματος ελαστικού σε τροποποιημένη άσφαλτο

Υπεύθυνος Δράσης:



ECOELASTIKA AE
Οικολογική Διαχείριση Ελαστικών
Σωρού 14, 151 25 Μαρούσι
Τηλ: 2106128260 • 2106128370
Fax: 2106128659

Υπεργολάβος:

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



Υποκατάστημα: 4^ο χλμ. Πτολεμαΐδας-Μποδοσακείου Νοσοκομείου (περιοχή Κουρί) • 502 00 Πτολεμαΐδα

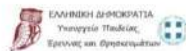
• Τηλ.: 24630-55300 • Fax: 24630-55301

Γραφείο Αθήνας: Αιγιαλείας 52 • 15125 Μαρούσι • Τηλ. 211-1069500 • Fax: 211-1069501

Κεντρικό: 6^ο χλμ. οδού Χαριλάου-Θέρμης • Τ.Θ. 60361 • 570 01 Θέρμη, Θεσσαλονίκη • Τηλ.: 2310-498112 • Fax: 2310-498130

Web : <https://www.cperi.certh.gr/> • E-mail: cperi@certh

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Πίνακας Περιεχομένων

1.	Εισαγωγή.....	5
1.1.	Σκοπός παραδοτέου.....	5
2.	Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (LCCA).....	5
3.	Περιγραφή αντικειμένου μελέτης.....	7
4.	Στάδια ασφαλτόστρωσης.....	9
4.1.	Φρεζάρισμα.....	9
4.2.	Συγκολλητική επάλειψη.....	12
4.3.	Διάστρωση.....	14
5.	Σενάριο 1 : Συμβατική ασφαλτος.....	18
6.	Σενάριο 2 : Τροποποιημένη ασφαλτος.....	22
7.	Σενάριο 3 : Τροποποιημένη ασφαλτος και χρήση 30% RAP.....	25
8.	Σενάριο 4 : Τροποποιημένη ασφαλτος και χρήση 50% RAP.....	28
9.	Συγκεντρωτικά κόστη – Σύγκριση σεναρίων.....	31
10.	Συμπεράσματα.....	35
	Βιβλιογραφία.....	37

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1:	Αποτύπωση βασικής λειτουργίας της φρέζας[4].....	10
Εικόνα 2 :	Διανομέας ασφάλτου εν λειτουργία[5].....	12
Εικόνα 3:	Διάστρωση με διαστρωτήρα (δεξιά) και συμπύκνωση με οδοστρωτήρα διπλού τυμπάνου(αριστερά)[6].....	14
Εικόνα 4 :	Αναλογίες σύστασης ασφαλτομίγματος ανά σενάριο.....	15
Εικόνα 5:	Κόστος τροποποίησης της ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού.....	18

Εικόνα 6: Ποσοστό συμμετοχής κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος παραγωγής του ασφαλτομίγματος του Σεναρίου 1.....	20
Εικόνα 7 : Ποσοστό συμμετοχής κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος παραγωγής του ασφαλτομίγματος του Σεναρίου 2	23
Εικόνα 8: Ποσοστό συμμετοχής κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος παραγωγής του ασφαλτομίγματος του Σεναρίου 3.....	26
Εικόνα 9: Ποσοστό συμμετοχής κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος παραγωγής του ασφαλτομίγματος του Σεναρίου 4	29
Εικόνα 10: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα συνολικού κόστους ανά m ² εργασιών ανά σενάριο.....	32
Εικόνα 11: Ανάλυση κόστους εργασίας διάστρωσης.....	32
Εικόνα 12: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα συμμετοχής κάθε κόστους στο τελικό κόστος ενός τόνου ασφαλτομίγματος ανά σενάριο.....	33
Εικόνα 13 : Ανάλυση κόστους τροποποίησης της ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού ..	34

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας 1 : Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους φρεζαρίσματος επιφάνειας 2000m ²	10
Πίνακας 2: Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους εφαρμογής ασφαλικής συγκολλητικής επάλειψης σε επιφάνειας 2000m ²	13
Πίνακας 3: Υπολογισμός απαιτούμενης ποσότητα ασφαλτομίγματος.....	16
Πίνακας 4: Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου τροποποιημένης ασφάλτου	17
Πίνακας 5: Σενάριο 1 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου ασφαλτομίγματος με συμβατική άσφαλτο	19
Πίνακας 6: Σενάριο 1 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης ασφαλτοτάπητα επιφάνειας 2000m ² με χρήση συμβατικής ασφάλτου.....	21

Πίνακας 7: Σενάριο 2 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη άσφαλτο.....	22
Πίνακας 8: Σενάριο 2 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης ασφαλτοτάπητα επιφάνειας 2000m ² με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου.....	24
Πίνακας 9: Σενάριο 3 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη άσφαλτο και χρήση 30% RAP	25
Πίνακας 10: Σενάριο 3 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης ασφαλτοτάπητα επιφάνειας 2000m ² με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου και 30% RAP.....	27
Πίνακας 11: Σενάριο 4 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη άσφαλτο και χρήση 50% RAP	28
Πίνακας 12: Σενάριο 4 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης ασφαλτοτάπητα επιφάνειας 2000m ² με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου και 50% RAP.....	30
Πίνακας 13: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα κόστους εργασίας ασφαλτόστρωσης ..	31

1. Εισαγωγή

1.1. Σκοπός παραδοτέου

Σκοπός του παραδοτέου είναι η οικονομική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του έργου, αναλύοντας και συγκρίνοντας σενάρια τα οποία περιλαμβάνουν την αξιοποίηση του τρίμματος ελαστικού σε έργα οδοποιίας λαμβάνοντας υπόψη και το όφελος που δημιουργείται από την αύξηση της ανακύκλωσης του RAP. Συνεπώς θα μελετηθούν και θα συγκριθούν διάφορα σενάρια υπό το πρίσμα του συνολικού κόστους κατασκευής. Τα εξεταζόμενα σενάρια θα διαμορφωθούν σύμφωνα με τις προηγούμενες εργασιακές ενότητες λαμβάνοντας υπόψιν ως κύριες παραμέτρους την τροποποίηση της ασφάλτου χρησιμοποιώντας τρίμμα ελαστικών και το ποσοστό χρήση του ανακυκλωμένου του ασφαλτικού σκυροδέματος (RAP). Συγκεκριμένα θα εξετασθούν τα εξής 4 σενάρια:

- 1 Συμβατική ασφαλτος
- 2 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού
- 3 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30%RAP
- 4 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50%RAP

2. Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (LCCA)

Η ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (LCCA) είναι μια μέθοδος αξιολόγησης της οικονομικής απόδοσης ενός προϊόντος ή/και μιας υπηρεσίας. Το συνολικό κόστος του προϊόντος/υπηρεσίας προσδιορίζεται κατά τη διάρκεια μιας LCCA και περιλαμβάνει τα στάδια απόκτησης, της λειτουργίας, της συντήρησης και της απόρριψης. Η μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών και είναι ένας οικονομικός υπολογισμός όλων των δαπανών που διαδίδονται κατά τη διάρκεια ζωής οποιουδήποτε τεχνικού συστήματος [1]. Θεωρείται συνήθως ως το χρηματοοικονομικό εργαλείο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA), της ολιστικής μεθοδολογίας που εφαρμόζεται για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών

επιπτώσεων ενός προϊόντος/συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Η LCA ποσοτικοποιεί την ενέργεια, τη χρήση υλικών και τις περιβαλλοντικές εκλύσεις σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος λαμβάνοντας υπόψη όλα τα στάδια ανάπτυξης του προϊόντος, από την εξόρυξη πρώτων υλών έως την επεξεργασία στο τέλος του κύκλου ζωής των απορριμμάτων. Ομοίως, η LCCA εξετάζει τις φάσεις έρευνας και ανάπτυξης, απόκτησης και επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης, διακοπής λειτουργίας και παροπλισμού (τέλος ζωής) και περιλαμβάνει όλα τα άμεσα, έμμεσα, τακτικά και έκτακτα κόστη (μη επαναλαμβανόμενα) αυτών των φάσεων. Η LCCA εκτός από το κόστος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος/συστήματος που σχετίζεται με την οικονομική πτυχή της μεθόδου και η οποία αποτελεί ένα από τα κύρια ζητούμενα του παρόντος έργου, μπορεί να αντιμετωπίσει περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις όταν περιλαμβάνονται κόστη που καταλογίζονται σε περιβαλλοντικές εξωτερικές επιδράσεις. Συνεπώς με βάση την προσέγγιση που υιοθετήθηκε[2] για να ληφθούν υπόψη οι εξωτερικές επιπτώσεις, το κόστος κύκλου ζωής (LCC) διακρίνεται σε συμβατικό, περιβαλλοντικό ή κοινωνικό. Το συμβατικό LCC ή οικονομικό LCC είναι μια συλλογή όλων των δαπανών που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος και καλύπτονται απευθείας από τον κύριο παραγωγό ή χρήστη στον κύκλο ζωής του προϊόντος. Το περιβαλλοντικό LCC, από την άλλη πλευρά, αξιολογεί το κόστος που σχετίζεται με τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, που καλύπτεται από έναν ή περισσότερους από τους φορείς που εμπλέκονται στον κύκλο ζωής του προϊόντος, και περιλαμβάνει επίσης τις εξωτερικές επιδράσεις που ενδέχεται να εσωτερικευθούν και να αντικατοπτρίζονται σε πραγματικές νομισματικές ροές εντός προβλέψιμου χρονικού πλαισίου. Για το περιβαλλοντικό LCC απαιτείται επίσης μια συμπληρωματική LCA με ισοδύναμα όρια συστήματος και λειτουργικές μονάδες. Τέλος, στο κοινωνικό LCC το πεδίο εφαρμογής επεκτείνεται στο επίπεδο του μακροοικονομικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους για την κοινωνία συνολικά. Στα πλαίσια του έργου και με δεδομένο ότι μελετάται ένα πιλοτικό έργο μικρής κλίμακας του οποίου ο χρόνος κατασκευής ήταν συνολικά 2 ημέρες και ο χρόνος μελέτης μετά την

διάστρωση, 8 μήνες, ενδείκνυται η πραγματοποίηση ενός οικονομικού LCC το οποίο θα δώσει στοιχεία για το συνολικό κόστος ασφαλτόστρωσης του κάθε σεναρίου καθώς και άμεση σύγκριση του κόστους του κάθε είδους ασφαλτομίγματος. Τα παραπάνω αποτελέσματα του οικονομικού LCC είναι σημαντικά καθώς λαμβάνοντας υπόψιν αυτά τα αποτελέσματα μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάλυση για έργα σε μεγάλη κλίμακα.

3. Περιγραφή αντικειμένου μελέτης

Το παρόν πιλοτικό έργο πραγματοποιήθηκε στην βιομηχανική ζώνη του Δήμου Ασπροπύργου, στην περιφέρεια Δυτικής Αττικής. Οι εργασίες ασφαλτόστρωσης διήρκησαν συνολικά 2 ημέρες και κατά την διάρκεια τους πραγματοποιήθηκε διάστρωση δρόμου συνολικού μήκους 500μ. Το μήκος των 450 μέτρων ασφαλτοστρώθηκε με 4 διαφορετικά είδη ασφαλτομίγματος. Πιο συγκεκριμένα διαστρώθηκαν 100μ. με συμβατική άσφαλτο, 150μ. με τροποποιημένη άσφαλτο με τρίμμα ελαστικού (ELT), 100μ με τροποποιημένη άσφαλτο με τρίμμα ελαστικού (ELT) και χρήση 30% ανακυκλωμένου οδοστρώματος (RAP) στο ασφαλτόμιγμα και 150μ. με τροποποιημένη άσφαλτο με τρίμμα ελαστικού (ELT) και χρήση 50% ανακυκλωμένου οδοστρώματος (RAP) στο ασφαλτόμιγμα.



Η υλοποίηση του πιλοτικού έργου διάστρωσης δρόμου στον Ασπρόπυργο Αττικής πραγματοποιήθηκε σε 3 στάδια . Το πρώτο στάδιο περιλάμβανε το φρεζάρισμα δηλαδή την απομάκρυνση του παλαιού ασφαλτοτάπητα, το δεύτερο την εφαρμογή ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης προδιαγραφών ΚΕ-1 και το τρίτο την διάστρωση του νέου οδοστρώματος. Η διάστρωση έγινε με 4 διαφορετικά είδη ασφαλτομίγματος και η χρήση του καθενός περιγράφεται από τα εξής 4 σενάρια:

- 1 Συμβατική ασφαλτος
- 2 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού
- 3 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30%RAP
- 4 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50%RAP

Το 1^ο και 2^ο στάδιο του πιλοτικού είναι κοινό και για τα 4 παραπάνω σενάρια.

Η παρούσα ανάλυση θα επικεντρωθεί συνεπώς στο κόστος υλοποίησης του πιλοτικού και πιο συγκεκριμένα στο κόστος φρεζαρίσματος, το κόστος εφαρμογής ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης και το κόστος διάστρωσης του ασφαλτομίγματος. Για να μελετηθούν τα παραπάνω θα πρέπει να μελετηθούν επίσης τα κόστη των πρώτων υλών, όπως το κόστος τροποποίησης της ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού, καθώς και το κόστος του ασφαλτομίγματος σε κάθε ένα από τα σενάρια. Στην παρούσα μελέτη δεν θα ληφθούν υπόψιν τα κόστη επένδυσης, τα κόστη συντήρησης καθώς και το κόστος για την επεξεργασία του προϊόντος τέλους κύκλου ζωής. Όσον αφορά το κόστος επένδυσης δεν μελετάται καθώς δεν απαιτείται να γίνει κάποια νέα επένδυση από την εταιρία παραγωγής ασφαλτομίγματος. Έχοντας ως δεδομένο ότι το πιλοτικό αφορά εργασία 2 ημερών, η αγορά και εγκατάσταση μονάδας παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου δεν αφορά τεχνικά το παρόν πιλοτικό έργο. Στη προκειμένη περίπτωση η μονάδα παραγωγής ασφαλτομίγματος προμηθεύεται έτοιμη την τροποποιημένη ασφαλτο και στην παρούσα ανάλυση υπολογίζεται το κόστος τροποποίησης της ασφάλτου σε αυτή την περίπτωση. Το κόστος συντήρησης στο πλαίσιο του έργου είναι μηδενικό καθώς στην διάρκεια των 8 μηνών μελέτης δεν προκύπτει γήρανση του οδοστρώματος με συνέπεια να μην πραγματοποιηθούν επισκευές αυτού. Και τέλος, το κόστος της επεξεργασίας των απορριμμάτων δεν υπολογίζεται καθώς το παλαιό οδόστρωμα που απομακρύνεται κατά την διαδικασία του φρεζαρίσματος, ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται υποκαθιστώντας μέρος των αδρανών που απαιτούνται για το νέο ασφαλτόμιγμα.

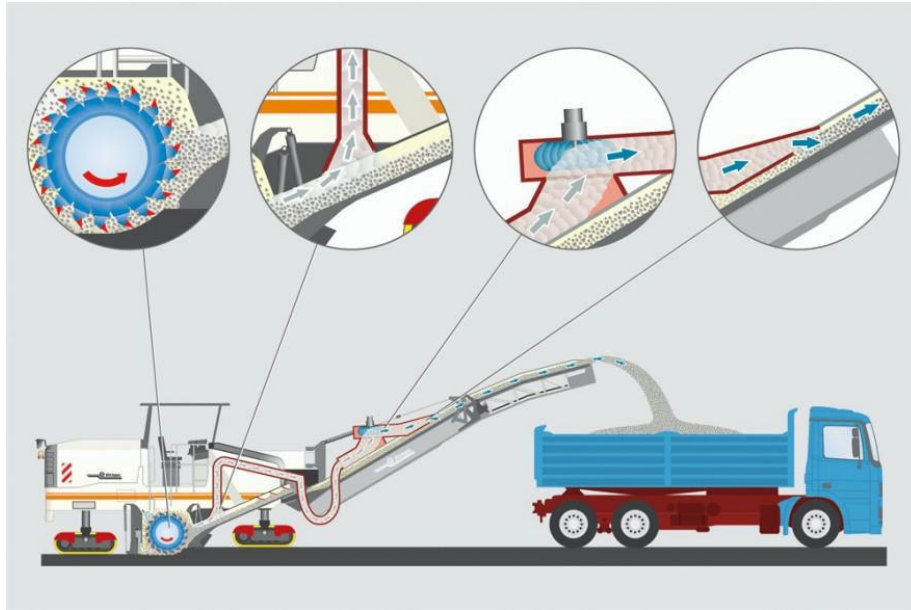
Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η μελέτη αφορά μικρής κλίμακας πιλοτικό έργο, το οποίο υλοποιήθηκε εντός 2 ημερών, η κανονικοποίηση του συστήματος δεν θα πραγματοποιηθεί σε ετήσια βάση αλλά προτιμάται να γίνει σε ημερήσια βάση, όπου μία ημέρα αντιστοιχεί στις εργασίες που απαιτούνται για την διάστρωση οδοστρώματος συνολικής επιφάνειας 2,000 m² και πάχους 50 mm.

Ως λειτουργική μονάδα όπου λειτουργική μονάδα είναι μια ποσοτικοποιημένη περιγραφή της απόδοσης του συστήματος, που ορίζεται από το προϊόν ή την υπηρεσία που παρέχεται από το σύστημα που μελετάται και διαμορφώνεται επιπλέον από τον στόχο της μελέτης θα ορίζεται ο τόνος (tn) καθώς και το τετραγωνικό μέτρο (m²).

4. Στάδια ασφαλτόστρωσης

4.1. Φρεζάρισμα

Όπως περιγράφεται στη σχετική ΕΤΕΠ[3], η απόξεση αφορά την καθαίρεση του υφιστάμενου ασφαλτοτάπητα και επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικού μηχανήματος έργου. Το μηχάνημα αυτό ονομάζεται φρέζα οδοποιίας και φέρει ειδικό σύστημα κοπής με κωνικούς κοπτήρες προσαρμοσμένους σε κυλινδρικό τύμπανο. Επιπλέον, η φρέζα είναι αυτοκινούμενη και φέρει ταινία μεταφόρτωσης του καθαιρεμένου ασφαλτοτάπητα (RAP), ούτως ώστε ταυτόχρονα με την κοπή, να πραγματοποιείται και η απομάκρυνση του RAP. Επιπλέον, διαθέτει και ειδικό σύστημα ελέγχου της παραγόμενης σκόνης μέσω καταιονισμού νερού. Τέλος, κατόπιν της απόξεσης, πραγματοποιείται η καθολική απομάκρυνση μέσω μηχανικού ή απορροφητικού σαρώθρου των υπολειμμάτων της κοπής. Το βάθος κοπής τυποποιείται σε 40mm, 60mm ή 80mm και εξαρτάται από τις ανάγκες της προς συντήρηση οδού. Στην περίπτωση του πιλοτικού το φρεζάρισμα έγινε σε βάθος 40mm.



Εικόνα 1: Αποτύπωση βασικής λειτουργίας της φρέζας[4]

Για την εργασία απόξεσης του παλαιού οδοστρώματος απασχολήθηκε φορητός μηχανολογικό εξοπλισμός και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε φρέζα οδοποιίας, λαστιχοφόρος φορτωτής και αναρροφητικό σάρωθρο. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν ανατρεπόμενα φορτηγά για την μεταφορά του παραγόμενου RAP στην μονάδα παραγωγής του ασφαλτομίγματος και τέλος απασχολήθηκε εργατοτεχνικό προσωπικό, το οποίο περιλαμβάνει τους εργοδηγούς και τους εργατοτεχνίτες.

Ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει όλα τα παραπάνω δεδομένα για τις απαιτήσεις της διαδικασίας φρεζαρίσματος 2,000m² παλαιού ασφαλτοτάπητα σε απόσταση 20km από το παρασκευαστήριο ασφάλτου, καθώς και τα κόστη του καθενός από αυτά.

Πίνακας 1 : Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους φρεζαρίσματος επιφάνειας 2000m²

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα
Ημερήσια απασχόληση φορητού μηχανολογικού εξοπλισμού		
Φρέζα οδοποιίας	1.000,00 €	1

Μικρός λαστιχοφόρος φορτωτής	250,00 €	1
Αναρροφητικό σάρωθρο	350,00 €	1
Ημερήσια απασχόληση ανατρεπομένων φορτηγών		
Αξονικά φορτηγά με ανατρεπόμενη καρότσα	300,00 €	3*
Ημερήσια απασχόληση εργατοτεχνικού προσωπικού		
Εργατοτεχνίτης	100,00 €	1
Εργοδηγός	150,00 €	1
Συνολικό κόστος	2.850,00 €	
Κόστος ανά m²	1,43 €	

* Ο υπολογισμός του αριθμού των φορτηγών έγινε λαμβάνοντας υπόψιν το ωφέλιμο φορτίο του τετραξονικού φορτηγού, το οποίο είναι 20tn και θεωρώντας ότι μπορούν να πραγματοποιηθούν 4 δρομολόγια την ημέρα από το κάθε φορτηγό.

- $4 \times 20 \text{Km} = 80 \text{Km}$, πραγματοποιεί το κάθε φορτηγό σε 1 ημέρα.

Γνωρίζοντας την ποσότητα του ασφαλτομίγματος που θα μεταφερθεί σε κάθε ένα από τα 4 σενάρια (περιγράφεται παρακάτω) και είναι κατά μέσο όρο 233Kg συμπεραίνεται ότι αντίστοιχη ποσότητα ασφαλτομίγματος θα απομακρύνει μέσω του φρεζαρίσματος.

- $232,8 \text{ κιλά} / 80 = 2,91 \approx 3$ φορτηγά.

Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 1 υπολογίστηκε ότι η εργασία απόξεσης 2000m² παλαιού ασφαλτοτάπητα κοστίζει 2.850,00 € και συνεπώς το κόστος ανά m² είναι 1,43€.

4.2. Συγκολλητική επάλειψη

Στην επιφάνεια η οποία έχει φρεζαριστεί κατά το προηγούμενο στάδιο πρέπει να εναποτέθηκε ασφαλτικό γαλάκτωμα προδιαγραφών ΚΕ-1[3], ούτως ώστε να επιτευχθεί πρόσφυση ανάμεσα στην υπάρχουσα επιφάνεια και τον νέο ασφαλτικό τάπητα που πρόκειται να διαστρωθεί. Το ασφαλτικό γαλάκτωμα προδιαγραφών ΚΕ-1 ανήκει στην κατηγορία των όξινων – κατιονικών γαλακτωμάτων ταχείας διασπάσεως και χρησιμοποιείται ως συγκολλητική επάλειψη στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο νέος τάπητας πρόκειται να διαστρωθεί επί αποκεκαλυμμένης ασφαλτικής συνδετικής στρώσης ή ασφαλτικής βάσης. Το ασφαλτικό γαλάκτωμα εφαρμόζεται μέσω ενός διανομέα, γνωστού ως Federal, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη και συνεχής διασπορά του γαλακτώματος σε αναλογία 0,25 – 0,45l/m².

Για τη εργασία εφαρμογής ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης χρησιμοποιήθηκε φορητός μηχανολογικό εξοπλισμός και πιο συγκεκριμένα ένας ασφαλτοδιανομέας Federal, απασχολήθηκε εργατοτεχνικό προσωπικό και καταναλώθηκε η απαιτούμενη ποσότητα ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης ΚΕ-1.



Εικόνα 2 : Διανομέας ασφάλτου εν λειτουργία[5]

Ο Πίνακας 2 περιλαμβάνει όλα τα παραπάνω δεδομένα για τις απαιτήσεις της διαδικασίας εφαρμογής ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης σε 2,000m² φρεζαρισμένης επιφάνειας σε απόσταση 20Κm από το παρασκευαστήριο ασφάλτου, καθώς και τα κόστη του καθενός από αυτά.

Πίνακας 2: Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους εφαρμογής ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης σε επιφάνειας 2000m²

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα
Ημερήσια απασχόληση φορητού μηχανολογικού εξοπλισμού		
Ασφαλτοδιανομέας Federal	300,00 €	1
Ημερήσια απασχόλησή εργατοτεχνικού προσωπικού		
Εργατοτεχνίτης	100,00 €	1
Κόστος προμήθειας ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης κε-1		
Συγκολλητική επάλειψης κε-1	0,50 €	1000
Συνολικό κόστος	900,00 €	
Κόστος ανά m²	0,45 €	

Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 2 υπολογίστηκε ότι η εργασία εφαρμογής ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης σε επιφάνεια 2000m² κοστίζει 900,00 € και συνεπώς το κόστος ανά m² είναι 0,45€.

4.3. Διάστρωση

Μετά το πέρας του απαραίτητου χρόνου διάσπασης του ασφαλτικού γαλακτώματος, πραγματοποιείται η διάστρωση του ασφαλτικού τάπητα. Η εργασία αυτή γίνεται με ειδικό μηχάνημα έργου, το οποίο ονομάζεται διαστρωτήρας ασφάλτου ή finisher/paver. Ο διαστρωτήρας είναι αυτοκινούμενος και φέρει στο οπίσθιο μέρος του πλάκα διάστρωσης (screed), η οποία είναι υπεύθυνη για την ομοιόμορφη εναπόθεση του τάπητα, την προσυμπύκνωση αυτού μέσω κατάλληλου δονητικού συστήματος και την εξομάλυνση των επιφανειακών ανωμαλιών. Η πλάκα διάστρωσης τροφοδοτείται από δύο αλυσιδωτές ταινίες, οι οποίες βρίσκονται στο εμπρόσθιο τμήμα του διαστρωτήρα και μεταφέρουν το ασφαλτόμιγμα από τη σκάφη (hopper) αυτού προς την πλάκα διάστρωσης. Το ασφαλτόμιγμα μεταφέρεται στην ειδική σκάφη με ανατρεπόμενα οχήματα. Μετά τη διάστρωση, και την προσυμπύκνωση που έχει επιτευχθεί από το διαστρωτήρα, ακολουθεί το στάδιο της συμπύκνωσης με χρήση οδοστρωτήρα βάρους 8-12tn. Για να ολοκληρωθεί επιτυχώς η εργασία αυτή, πρέπει η κυλίνδρωση του ασφαλτομίγματος να επιτευχθεί σε 3 στάδια, το αρχικό με θερμοκρασιακό εύρος από 130 - 160°C, το ενδιάμεσο με θερμοκρασιακό εύρος από 120 - 140°C και το τελικό με ελάχιστη θερμοκρασία τους 90°C.

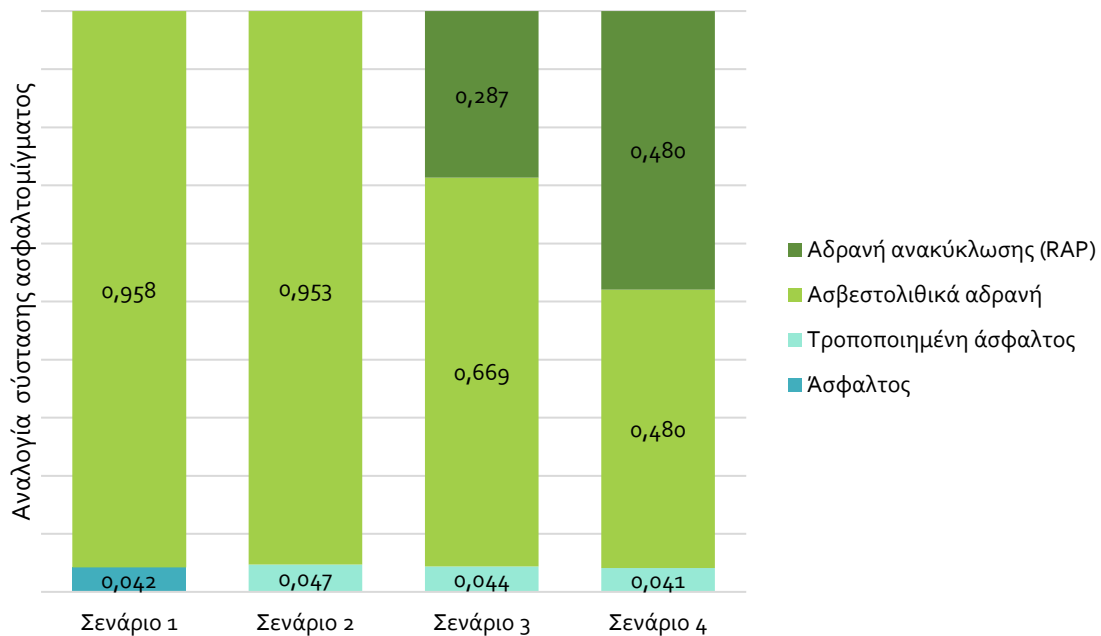


Εικόνα 3: Διάστρωση με διαστρωτήρα (δεξιά) και συμπύκνωση με οδοστρωτήρα διπλού τυμπάνου(αριστερά)[6]

Η διάστρωση του πιλοτικού έργου έγινε με 4 διαφορετικά είδη ασφαλτομίγματος τα οποία αποτελούν και τα 4 εξής σενάρια:

- 1 Συμβατική ασφαλτος
- 2 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού
- 3 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30%RAP
- 4 Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50%RAP

Στην Εικόνα 4 φαίνεται η αναλογία των πρώτων υλών που συμμετέχουν την παραγωγή των 4 διαφορετικών ασφαλτομιγμάτων.



Εικόνα 4 : Αναλογίες σύστασης ασφαλτομίγματος ανά σενάριο

Υπολογισμός απαιτούμενης ποσότητας ασφαλτομίγματος ανά σενάριο

Γνωρίζοντας την φαινόμενη πυκνότητα του καθενός από τα 4 ασφαλτόμιγμα καθώς και την επιφάνειά και το πάχος ασφαλτόστρωσης μπορεί να υπολογιστεί ή απαιτούμενη ποσότητα ασφαλτομίγματος που απαιτείται για την κάλυψη των 2000m² που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια της μίας ημέρας εργασιών.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα δεδομένα για τον παραπάνω υπολογισμό.

Πίνακας 3: Υπολογισμός απαιτούμενης ποσότητα ασφαλτομίγματος

	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Επιφάνεια (m ²)	2000 m ²	2000 m ²	2000 m ²	2000 m ²
Πάχος διάστρωσης (m)	0,05m	0,05m	0,05m	0,05m
Φαινόμενη πυκνότητα ασφαλτομίγματος (Kg/m ³)	2296,00 Kg/m ³	2322,00 Kg/m ³	2339,00 Kg/m ³	2355,00 Kg/m ³
Απαιτούμενη ποσότητα (tn)	229,6 tn	232,2 tn	233,9 tn	235,5 tn

Για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης είναι απαραίτητο δεδομένο το κόστος παραγωγής των 4 ειδών ασφαλτομίγματος, ενώ επιπλέον, για το σενάριο 2,3 και 4 όπου γίνεται χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού θα πρέπει να υπολογιστεί το κόστος της τροποποίησης.

Κόστος τροποποίησης της ασφάλτου

Για την τροποποίηση της ασφάλτου, το τρίμμα ελαστικού μεταφέρθηκε από το εργοστάσιο ανακύκλωσης ελαστικών της RETIRE στην Δράμα στο εργοστάσιο παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου της NETOIL στην Τρίπολη Αρκαδίας. Εφαρμόστηκε η υγρή μέθοδος τροποποίησης και συνεπώς το τρίμμα προστέθηκε σταδιακά στο μείγμα της ασφάλτου σε ποσοστό 5% w/w επί του τελικού μείγματος και

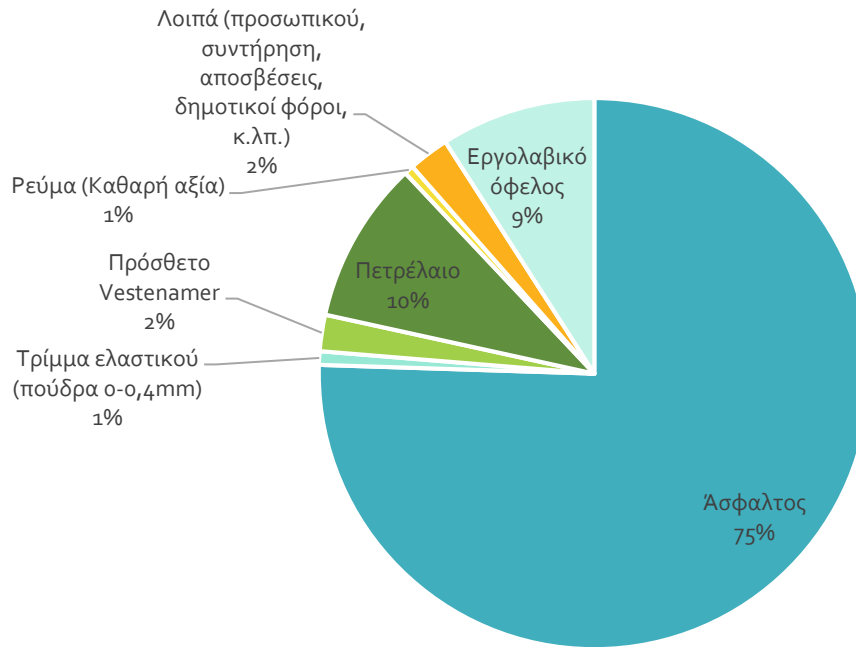
αναδεύτηκε για τουλάχιστον 3 ώρες σε ειδικό θερμαινόμενο αναμίκτη στους 180°C μέχρι να ομογενοποιηθεί.

Ο Πίνακας 4 περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα για την τροποποίηση ενός τόνου ασφάλτου καθώς και τα κόστη και την συνοδεύουν.

Πίνακας 4: Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου τροποποιημένης ασφάλτου

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Άσφαλτος	500,00 €	0,950tn	475,21 €
Τρίμμα ελαστικού (πούδρα 0-0,4mm)	105,00 €	0,048tn	4,99 €
Πρόσθετο Vestenamer	6.500,00 €	0,002tn	13,43 €
Πετρέλαιο	1,00 €	60,00lt	60,00 €
Ρεύμα (Καθαρή αξία)	0,07 €	50,00KWh	3,50 €
Λοιπά (προσωπικού, συντήρηση, αποσβέσεις, δημοτικοί φόροι, κ.λπ.)			15,00 €
Κόστος πρό κέρδους			572,13 €
Εργολαβικό όφελος (~10%)			57,21 €
Κόστος			629,34 €

Στην Εικόνα 5 αναλύεται το ποσοστό συμμετοχής του κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος τροποποίησης της ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού.



Εικόνα 5: Κόστος τροποποίησης της ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού

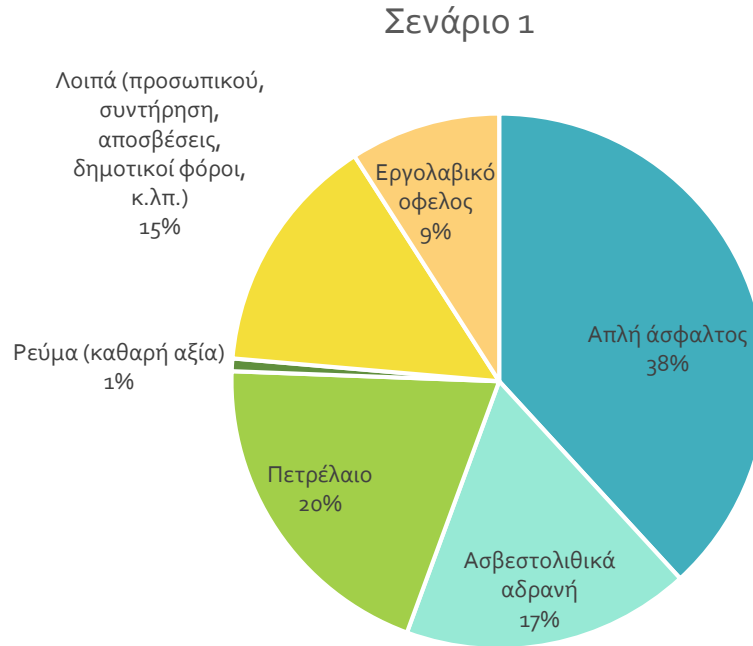
5. Σενάριο 1 : Συμβατική ασφαλτος

Στο Σενάριο 1 χρησιμοποιείται απλή συμβατική ασφαλτος και όχι τροποποιημένη και στα αδρανή δεν χρησιμοποιείται ανακυκλωμένο οδόστρωμα (RAP).

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα δεδομένα για την παραγωγή ενός τόνου συμβατικής ασφάλτου καθώς και τα κόστη αυτών.

Πίνακας 5: Σενάριο 1 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου ασφαλτομίγματος με συμβατική ασφαλτο

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Απλή ασφαλτος	500,00 €	0,042tn	21,00 €
Τροποποιημένη ασφαλτος	629,34 €	-	-
Ασβεστολιθικά αδρανή	10,00 €	0,958tn	9,58 €
Αδρανή ανακύκλωσης (RAP)	- €	-	- €
Πετρέλαιο	1,00 €	11,00lt	11,00 €
Ρεύμα (καθαρή αξία)	0,07 €	6,00kwh	0,42 €
Λοιπά (προσωπικού, συντήρηση, αποσβέσεις, δημοτικοί φόροι, κ.λπ.)			8,00 €
Κόστος πρό κέρδους			50,00 €
Εργολαβικό όφελος (~10%)			5,00 €
Συνολικό κόστος ανά τόνο			55,00 €



Εικόνα 6: Ποσοστό συμμετοχής κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος παραγωγής του ασφαλτομίγματος του Σεναρίου 1

Για τη εργασία διάστρωσης ασφαλτοτάπητα κυκλοφορίας συμπυκνωμένου πάχους 50mm απασχολήθηκε φορητός μηχανολογικό εξοπλισμός και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε διαστρωτήρας ασφαλτομίγματος (finisher) και δύο οδοστρωτήρες, ένας μικρός και ένας μεγάλος. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν ανατρεπόμενα φορτηγά για την μεταφορά του παραγόμενου ασφαλτομίγματος στον τόπο εργασιών και τέλος απασχολήθηκε εργατοτεχνικό προσωπικό, το οποίο περιλαμβάνει τους εργοδηγούς και τους εργατοτεχνίτες.

Ο Πίνακας 6 περιλαμβάνει όλα τα παραπάνω δεδομένα για τις απαιτήσεις της διαδικασίας διάστρωσης ασφαλτοτάπητα 2,000m² σε απόσταση 20Km από το παρασκευαστήριο ασφάλτου, καθώς και τα κόστη του καθενός από αυτά.

Πίνακας 6: Σενάριο 1 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης ασφαλτοτάπητα επιφάνειας 2000m² με χρήση συμβατικής ασφάλτου

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Ημερήσια απασχόληση φορητού μηχανολογικού εξοπλισμού			
Διαστρωτήρας ασφαλτομίγματος (finisher)	500,00 €	1	500,00 €
Οδοστρωτήρας μεγάλος	300,00 €	1	300,00 €
Οδοστρωτήρας μικρός	250,00 €	1	250,00 €
Ημερήσια απασχόληση ανατρεπομένων φορητών			
Αξονικά φορητά με ανατρεπόμενη καρότσα	300,00 €	3	900,00 €
Ημερήσια απασχόληση εργατοτεχνικού προσωπικού			
Εργατοτεχνίτης	100,00 €	5	500,00 €
Εργοδηγός	150,00 €	1	150,00 €
Κόστος προμήθειας ασφαλτομίγματος με συμβατική άσφαλτο			
Ασφαλτόμιγμα	55,00€	229,6	12.628,00 €
Συνολικό κόστος			15.228,00 €
Κόστος ανά m²			7,61 €
Κόστος ανά tn			66,32 €

6. Σενάριο 2 : Τροποποιημένη άσφαλτος

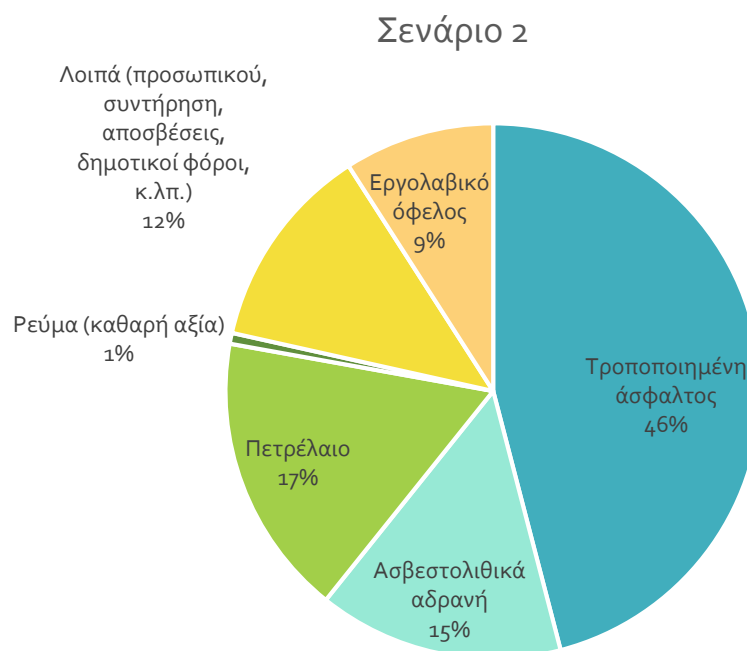
Στο Σενάριο 2 το ασφαλτόμιγμα αποτελείται από τροποποιημένη άσφαλτο και ασβεστολιθικά αδρανή που δεν περιλαμβάνουν την χρήση ανακυκλωμένου οδοστρώματος.

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται τα δεδομένα για την παραγωγή ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένου άσφαλτο με τρίμμα ελαστικού καθώς και τα κόστη αυτών.

Πίνακας 7: Σενάριο 2 /Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη άσφαλτο

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Απλή άσφαλτος	500,00 €	-	
Τροποποιημένη άσφαλτος	629,34 €	0,047tn	29,58 €
Ασβεστολιθικά αδρανή	10,00 €	0,953tn	9,53 €
Αδρανή ανακύκλωσης (RAP)	- €	-	- €
Πετρέλαιο	1,00 €	11,00lt	11,00 €
Ρεύμα (καθαρή αξία)	0,07 €	6,00kwh	0,42 €
Λοιπά (προσωπικού, συντήρηση, αποσβέσεις, δημοτικοί φόροι, κ.λπ.)			8,00 €
Κόστος πρό κέρδους			58,53 €
Εργολαβικό όφελος (~10%)			5,85 €

Συνολικό κόστος ανά τόνο		64,38 €
--------------------------	--	---------



Εικόνα 7 : Ποσοστό συμμετοχής κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος παραγωγής του ασφαλομίγματος του Σεναρίου 2

Η εργασία διάστρωσης ασφαλτοτάπητα κυκλοφορίας συμπυκνωμένου πάχους 50mm είναι ίδια με αυτήν του Σεναρίου 1 .

Ο Πίνακας 8 περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα για τις απαιτήσεις της διαδικασίας διάστρωσης ασφαλτοτάπητα με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου σε επιφάνεια 2,000m² και σε απόσταση 20Km από το παρασκευαστήριο ασφάλτου, καθώς και τα κόστη του καθενός από αυτά.

Πίνακας 8: Σενάριο 2 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης ασφαλτοτάπητα επιφάνειας 2000m² με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Ημερήσια απασχόληση φορητού μηχανολογικού εξοπλισμού			
Διαστρωτήρας ασφαλτομίγματος (finisher)	500,00 €	1	500,00 €
Οδοστρωτήρας μεγάλος	300,00 €	1	300,00 €
Οδοστρωτήρας μικρός	250,00 €	1	250,00 €
Ημερήσια απασχόληση ανατρεπομένων φορτηγών			
Αξονικά φορτηγά με ανατρεπόμενη καρότσα	300,00 €	3	900,00 €
Ημερήσια απασχόληση εργατοτεχνικού προσωπικού			
Εργατοτεχνίτης	100,00 €	5	500,00 €
Εργοδηγός	150,00 €	1	150,00 €
Κόστος προμήθειας ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη ασφαλτο			
Ασφαλτόμιγμα	64,38 €	232,2	14.949,46 €
Συνολικό κόστος			17.549,46 €
Κόστος ανά m²			8,77 €
Κόστος ανά tn			75,58 €

7. Σενάριο 3 : Τροποποιημένη άσφαλτος και χρήση 30% RAP

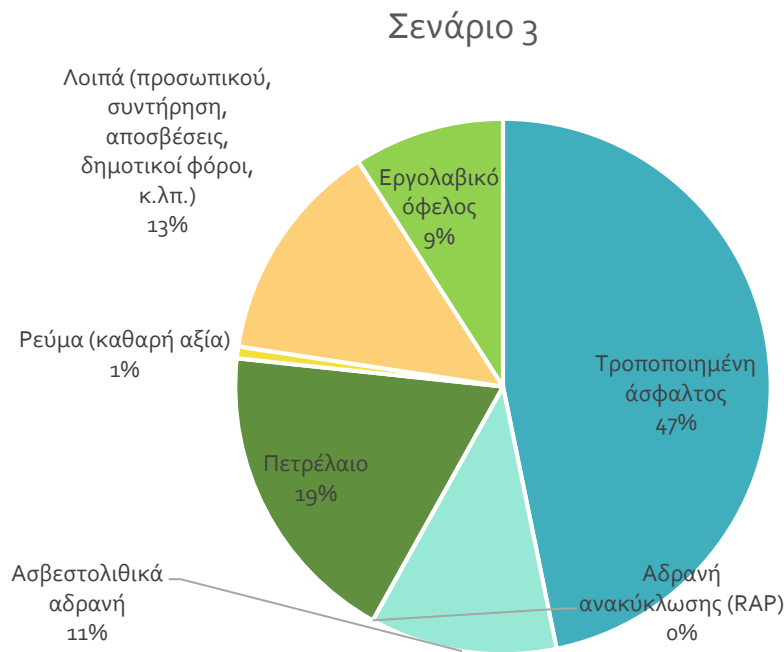
Στο Σενάριο 3 το ασφαλτόμιγμα αποτελείται από τροποποιημένη άσφαλτο και ασβεστολιθικά αδρανή εκ των οποίων το 30% είναι ανακυκλωμένο οδόστρωμα (RAP).

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα δεδομένα για την παραγωγή ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένου άσφαλτο με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30% RAP καθώς και τα κόστη αυτών.

Πίνακας 9: Σενάριο 3 /Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη άσφαλτο και χρήση 30% RAP

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Απλή άσφαλτος	500,00 €	-	-
Τροποποιημένη άσφαλτος	629,34 €	0,044tn	27,69 €
Ασβεστολιθικά αδρανή	10,00 €	0,669tn	6,69 €
Αδρανή ανακύκλωσης (RAP)	- €	0,287	- €
Πετρέλαιο	1,00 €	11,00lt	11,00 €
Ρεύμα (καθαρή αξία)	0,07 €	6,00kwh	0,42 €
Λοιπά (προσωπικού, συντήρηση, αποσβέσεις, δημοτικοί φόροι, κ.λπ.)			8,00 €
Κόστος πρό κέρδους			53,80 €

Εργολαβικό όφελος (~10%)		5,38 €
Συνολικό κόστος ανά τόνο		59,18 €



Εικόνα 8: Ποσοστό συμμετοχής κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος παραγωγής του ασφαλτομίγματος του Σεναρίου 3

Η εργασία διάστρωσης ασφαλτοτάπητα κυκλοφορίας συμπυκνωμένου πάχους 50mm είναι ίδια με αυτήν του Σεναρίου 1 και 2 .

Ο Πίνακας 10 περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα για τις απαιτήσεις της διαδικασίας διάστρωσης ασφαλτοτάπητα με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου σε επιφάνεια 2,000m² και σε απόσταση 20Km από το παρασκευαστήριο ασφάλτου, καθώς και τα κόστη του καθενός από αυτά.

Πίνακας 10: Σενάριο 3 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης ασφαλτοτάπητα επιφάνειας 2000m² με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου και 30% RAP

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Ημερήσια απασχόληση φορητού μηχανολογικού εξοπλισμού			
Διαστρωτήρας ασφαλτομίγματος (finisher)	500,00 €	1	500,00 €
Οδοστρωτήρας μεγάλος	300,00 €	1	300,00 €
Οδοστρωτήρας μικρός	250,00 €	1	250,00 €
Ημερήσια απασχόληση ανατρεπομένων φορτηγών			
Αξονικά φορτηγά με ανατρεπόμενη καρότσα	300,00 €	3	900,00 €
Ημερήσια απασχόληση εργατοτεχνικού προσωπικού			
Εργατοτεχνίτης	100,00 €	5	500,00 €
Εργοδηγός	150,00 €	1	150,00 €
Κόστος προμήθειας ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη ασφαλτο και χρήση 30% RAP			
Ασφαλτόμιγμα	59,18 €	233,9	13.842,95 €
Συνολικό κόστος			16.442,95 €
Κόστος ανά m²			8,22 €
Κόστος ανά tn			70,30 €

8. Σενάριο 4 : Τροποποιημένη άσφαλτος και χρήση 50% RAP

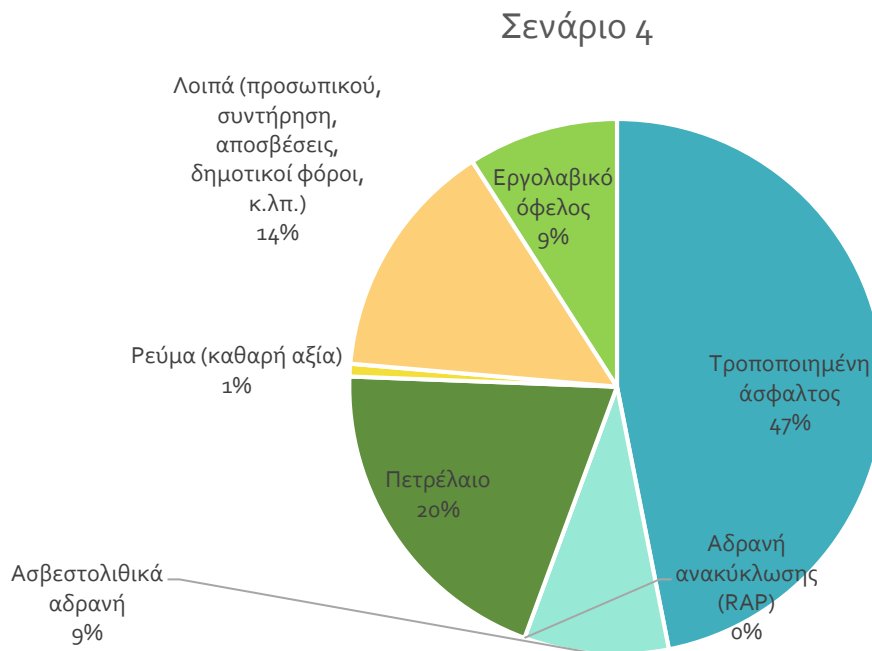
Στο Σενάριο 4 το ασφαλτόμιγμα αποτελείται από τροποποιημένη άσφαλτο και ασβεστολιθικά αδρανή εκ των οποίων το 50% είναι ανακυκλωμένο οδόστρωμα (RAP).

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται τα δεδομένα για την παραγωγή ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένου άσφαλτο με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50% RAP καθώς και τα κόστη αυτών.

Πίνακας 11: Σενάριο 4 / Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη άσφαλτο και χρήση 50% RAP

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Απλή άσφαλτος	500,00 €	-	-
Τροποποιημένη άσφαλτος	629,34 €	0,041	25,80 €
Ασβεστολιθικά αδρανή	10,00 €	0,480tn	4,80 €
Αδρανή ανακύκλωσης (RAP)	- €	0,480tn	- €
Πετρέλαιο	1,00 €	11,00lt	11,00 €
Ρεύμα (καθαρή αξία)	0,07 €	6,00kwh	0,42 €
Λοιπά (προσωπικού, συντήρηση, αποσβέσεις, δημοτικοί φόροι, κ.λπ.)			8,00 €
Κόστος πρό κέρδους			50,02 €

Εργολαβικό όφελος (~10%)		5,00 €
Συνολικό κόστος ανά τόνο		55,02 €



Εικόνα 9: Ποσοστό συμμετοχής κάθε επιμέρους κόστους στο συνολικό κόστος παραγωγής του ασφαλτομίγματος του Σεναρίου 4

Η εργασία διάστρωσης ασφαλτοτάπητα κυκλοφορίας συμπυκνωμένου πάχους 50mm είναι ίδια με αυτήν του Σεναρίου 1, 2 και 3 .

Ο Πίνακας 12 περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα για τις απαιτήσεις της διαδικασίας διάστρωσης ασφαλτοτάπητα με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου σε επιφάνεια 2,000m² και σε απόσταση 20Km από το παρασκευαστήριο ασφάλτου, καθώς και τα κόστη του καθενός από αυτά.

Πίνακας 12: Σενάριο 4 /Δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους διάστρωσης ασφαλτοτάπητα επιφάνειας 2000m² με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου και 50% RAP

Δεδομένα	Τιμή	Ποσότητα	Κόστος
Ημερήσια απασχόληση φορητού μηχανολογικού εξοπλισμού			
Διαστρωτήρας ασφαλτομίγματος (finisher)	500,00 €	1	500,00 €
Οδοστρωτήρας μεγάλος	300,00 €	1	300,00 €
Οδοστρωτήρας μικρός	250,00 €	1	250,00 €
Ημερήσια απασχόληση ανατρεπομένων φορτηγών			
Αξονικά φορτηγά με ανατρεπόμενη καρότσα	300,00 €	3	900,00 €
Ημερήσια απασχόληση εργατοτεχνικού προσωπικού			
Εργατοτεχνίτης	100,00 €	5	500,00 €
Εργοδηγός	150,00 €	1	150,00 €
Κόστος προμήθειας ασφαλτομίγματος με τροποποιημένη ασφαλτο και χρήση 50% RAP			
Ασφαλτόμιγμα	55,02 €	235,5	12.957,13 €
Συνολικό κόστος			15.557,13 €
Κόστος ανά m²			7,78 €
Κόστος ανά tn			66,06 €

9. Συγκεντρωτικά κόστη – Σύγκριση σεναρίων

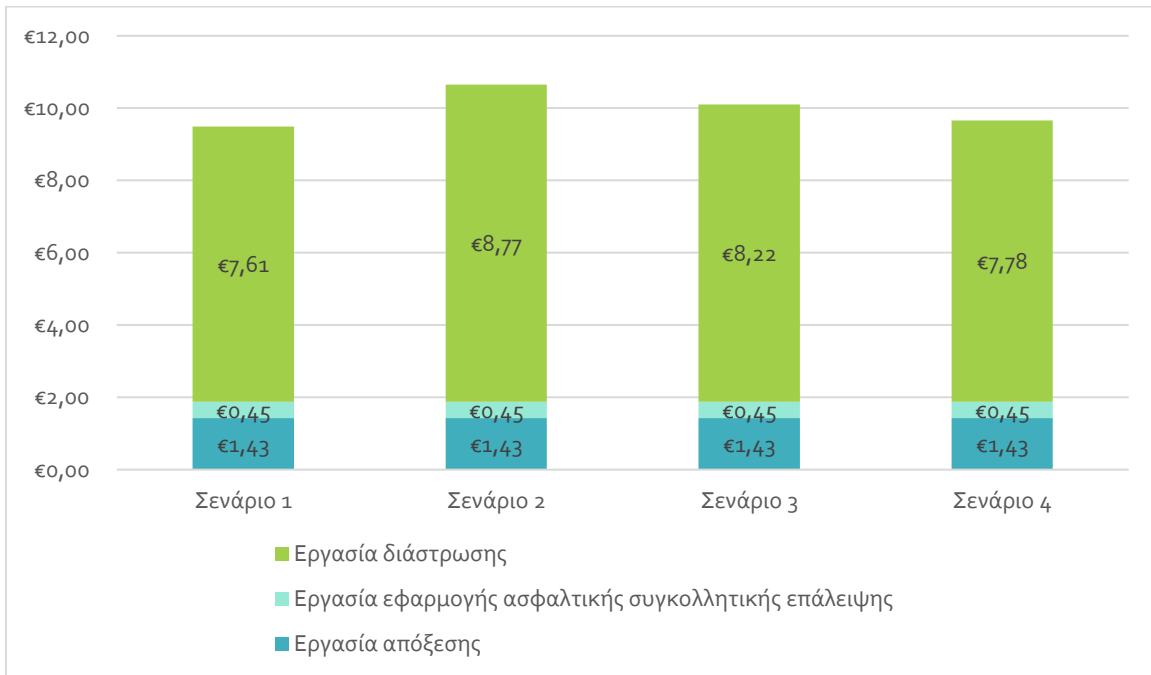
Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται τα τελικά κόστη διάστρωσης ασφαλτικού οδοστρώματος και για τα 4 σενάρια. Καθώς επίσης και το κόστος ανά m² επιφάνειας διάστρωσης αλλά και ανά τόνο ασφαλτομίγματος.

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα κόστους εργασίας ασφαλτόστρωσης

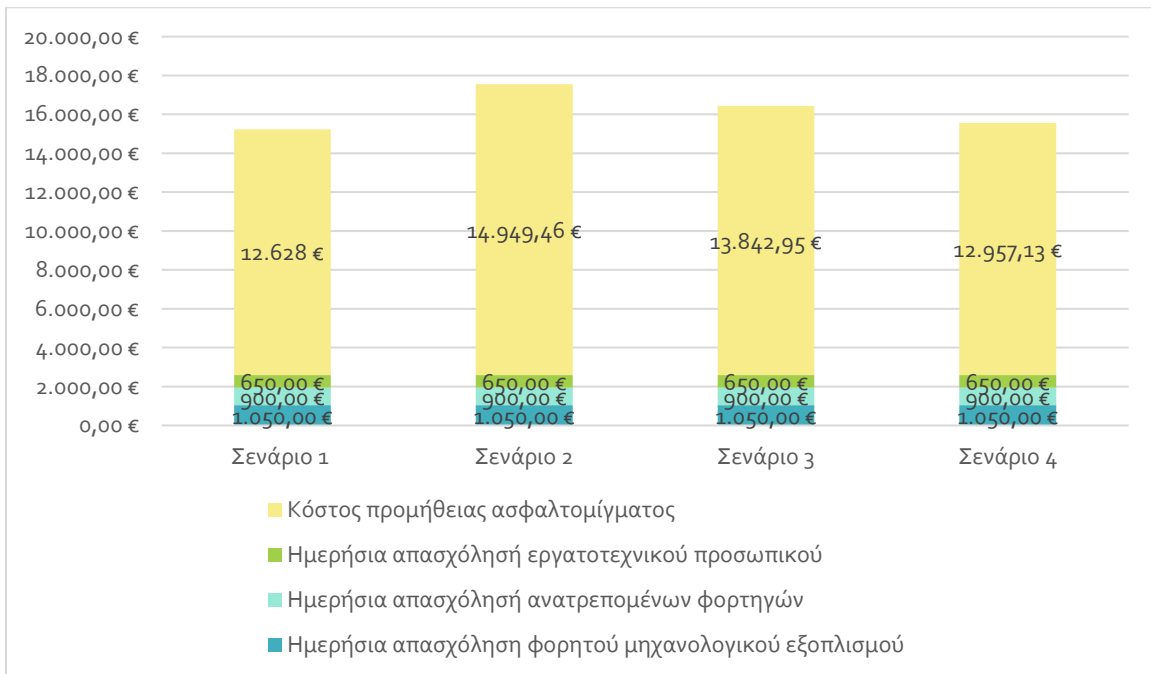
	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Εργασία απόξεσης	2.850,00 €	2.850,00 €	2.850,00 €	2.850,00 €
Εργασία εφαρμογής ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης	900,00 €	900,00 €	900,00 €	900,00 €
Εργασία διάστρωσης	15.228,00 €	17.549,46 €	16.442,95 €	15.557,13 €
Συνολικό κόστος	18.978,00 €	21.299,46 €	20.192,95 €	19.307,13 €
Συνολικό κόστος ανά m²	9,49 €	10,65 €	10,10 €	9,65 €
Συνολικό κόστος ανά tn	82,66 €	91,73 €	86,33 €	81,98 €

Λαμβάνοντας υπόψιν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο παραπάνω πίνακα είναι προφανές ότι τα σενάρια με το μικρότερο κόστος ανά m² και ανά tn ασφαλτομίγματος αποτελούν το Σενάριο 1 όπου γίνεται χρήση συμβατικής ασφάλτου και το Σενάριο 4 όπου χρησιμοποιείται τροποποιημένη άσφαλτος με 50% RAP. Αναλύοντας το κάθε στάδιο ασφαλτόστρωσης (Εικόνα 10) φαίνεται ότι το κόστος της εργασίας απόξεσης του παλαιού οδοστρώματος και η εργασία εφαρμογής ασφαλτική

συγκολλητικής επάλειψης είναι σταθερά και για τα 4 σενάρια συνεπώς η διαφορά στο κόστος διαμορφώνεται από το κόστος διάστρωση

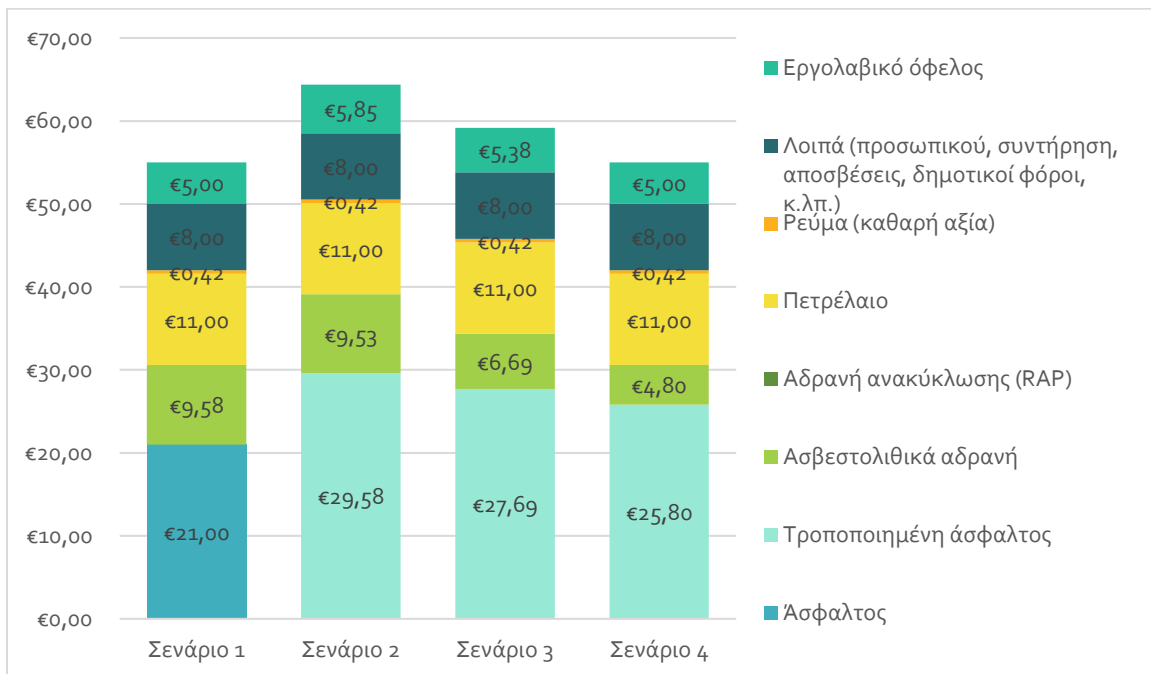


Εικόνα 10: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα συνολικού κόστους ανά m2 εργασιών ανά σενάριο



Εικόνα 11: Ανάλυση κόστους εργασίας διάστρωσης

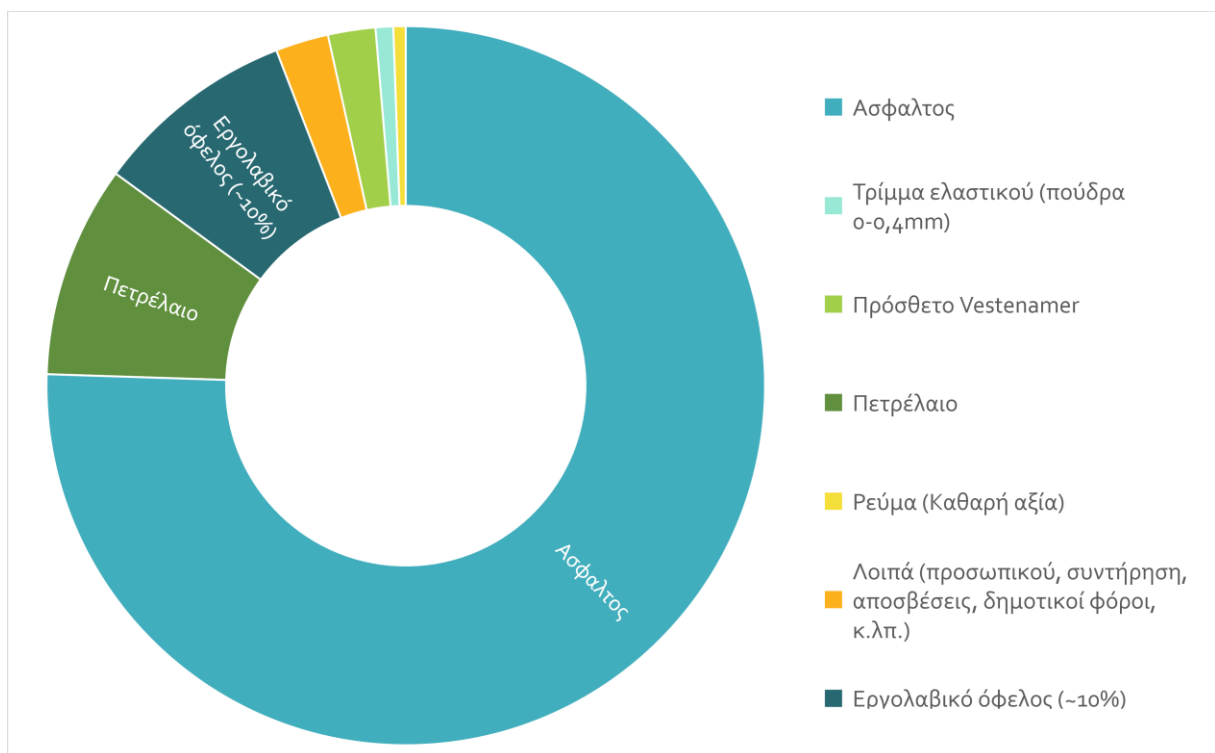
Αναλύοντας περαιτέρω το κόστος διάστρωσης (Εικόνα 11) παρατηρείται ότι το συνολικό κόστος επηρεάζεται μόνο από το **κόστος προμήθειας του ασφαλτομίγματος** και το οποίο εξαρτάται σύμφωνα με την ανάλυση της Εικόνας 12 κυρίως από το **κόστος της ασφάλτου**, συμβατικής και τροποποιημένης. Παράγοντες συνεπώς όπως έξοδα για τις εργασίες του προσωπικού αλλά και έξοδα που αφορούν στην ενέργεια (ηλεκτρικό ρεύμα, πετρέλαιο) που απαιτείται για την παραγωγή του ασφαλτομίγματος και τη διάστρωση του οδοστρώματος παραμένουν σταθερά ως απόλυτο νούμερο ωστόσο η μεταβολή τους επηρεάζει την ποσοστιαία συμμετοχής τους στο συνολικό κόστος.



Εικόνα 12: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα συμμετοχής κάθε κόστους στο τελικό κόστος ενός τόνου ασφαλτομίγματος ανά σενάριο.

Ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει το τελικό κόστος του κάθε σεναρίου είναι το κόστος του κάθε είδους ασφάλτου με την τροποποιημένη να έχει υψηλότερο κόστος έναντι της συμβατικής καθώς η τροποποίηση της απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία. Ωστόσο, στα σενάρια 3 και 4, λόγω της χρήσης του RAP που υποκαθιστά μέρος των αδρανών, εξοικονομείται ένα μέρος τους κόστους -το RAP έχει μηδενικό κόστος - μειώνοντας τελικά το συνολικό κόστος του ασφαλτομίγματος.

Παρόλα αυτά έχει ενδιαφέρον να συζητηθεί και το πως προκύπτει αυτό το επιπλέον κόστος της τροποποιημένης ασφάλτου και από ποιους παράγοντες επηρεάζεται. Σύμφωνα με την Εικόνα 13, οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος τροποποίησης είναι το **κόστος πετρελαίου (10%)** και το **εργολαβικό όφελος (9%)**. Το εργολαβικό όφελος αποτελεί την προστιθέμενη αξία που ορίζει η εταιρία παραγωγή ασφαλτομίγματος, η οποία καλύπτει έκτακτα κόστη και διατηρεί την απαραίτητη κερδοφορία. Συνδέεται άμεσα με όλα τα υπόλοιπα κόστη αλλά επηρεάζεται κυρίως από το κόστος του πετρελαίου, το οποίο συμμετέχει περισσότερο στην διαμόρφωση του κόστους τροποποίησης της ασφάλτου και είναι αυτό που μπορεί να παρουσιάσει τις μεγαλύτερες διακυμάνσεις και αυξήσεις, αν λάβουμε υπόψιν τις συνεχείς μεταβολές της ενεργειακής αγοράς την παρούσα περίοδο.



Εικόνα 13 : Ανάλυση κόστους τροποποίησης της ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού

Συνεπώς ο κύριος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την τελική τιμή του ασφαλτομίγματος είναι η **τιμή του πετρελαίου**, η οποία αν και δεν έχει πολύ μεγάλη συμμετοχή στο τελικό κόστος του ασφαλτομίγματος είναι ο παράγοντας που θα

διαμορφώσει τη διαφορά στην τιμή μεταξύ του σεναρίου 1 όπου χρησιμοποιείται συμβατική ασφαλτος και των σεναρίων 2, 3, 4 όπου χρησιμοποιείται τροποποιημένη ασφαλτος.

Τέλος ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε σε ένα μεγαλύτερης κλίμακας έργο να γίνει αγορά και εγκατάσταση ειδικής μονάδας τροποποίησης ασφάλτου στις εγκαταστάσεις της μονάδας παραγωγής ασφαλτομίγματος και να μελετηθεί και το κόστος επένδυσης αλλά και η διαφορά στην τιμή που μπορεί να προκύπτει μετά τις αποσβέσεις μίας τέτοιας επένδυσης.

10. Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνεται, όσον αφορά το κόστος του ασφαλτομίγματος, ότι η τροποποιημένη ασφαλτος χωρίς την χρήση ανακυκλωμένου οδοστρώματος (RAP) αποτελεί την πιο κοστοβόρα επιλογή, με το κόστος της είναι 64,38 €/tn. Ακολουθεί η τροποποιημένη ασφαλτος με 30% RAP με κόστος 59,18 €/tn ενώ τέλος η τροποποιημένη με 50 % RAP και η συμβατική είναι στα ίδια επίπεδα, με την πρώτη να κοστίζει 55,02 €/tn και την δεύτερη 55,00 €/tn αντίστοιχα.

Σχετικά με το κόστος στο σύνολο των εργασιών που περιλαμβάνει την απόξεση του παλαιού οδοστρώματος, την εφαρμογή ασφαλικής συγκολλητική επάλειψης και την διάστρωση του νέου ασφαλτοτάπητα τα αποτελέσματα παραμένουν τα ίδια, με τα κόστη να είναι αντίστοιχα. Σε αυτή την περίπτωση πάλι η πιο κοστοβόρα επιλογή είναι η τροποποιημένη ασφαλτος χωρίς την χρήση ανακυκλωμένου οδοστρώματος (RAP) και το κόστος του συνόλου των εργασιών ασφαλτόστρωσης είναι 10,65€/m². Ακολουθεί η τροποποιημένη ασφαλτος με 30% RAP με κόστος 10,10 €/m² ενώ τέλος η τροποποιημένη με 50 % RAP και η συμβατική βρίσκονται πολύ κοντά, με την πρώτη να κοστίζει 9,65 €/m² και την δεύτερη 9,49 €/m² αντίστοιχα. Η ελάχιστη αυξημένη τιμή της τροποποιημένης με 50% PAR ανά m², σε σχέση με την μικρότερη τιμή ανά τόνο έγκειται στο γεγονός ότι η πρώτη έχει μεγαλύτερη φαινόμενη πυκνότητα και

συνεπώς απαιτείται ελαφρώς μεγαλύτερη ποσότητα ασφαλτομίγματος για την κάλυψη ίδιας επιφάνειας.

Συνεπώς ή διαφορά στο κόστος ανά m² επιφάνειας διάστρωσης είναι αρκετά μικρή και η διαφορά στο κόστος υπερκαλύπτεται από το κέρδος της ανακύκλωσης αφού σε άλλη περίπτωση θα υπήρχε επιπλέον κόστος για την απόρριψη του RAP.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει το κόστος του κάθε σεναρίου και κυρίως την επιλογή του καλύτερου κοστολογικά σεναρίου είναι η τιμή του πετρελαίου η οποία διαμορφώνει την τιμή της τροποποιημένης ασφάλτου και επηρεάζει με την σειρά την τελική τιμή του ασφαλτομίγματος. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση χρήσης ΑΠΕ δεν θα υπάρχει εξάρτηση από το πετρέλαιο και την αντίστοιχη τιμολογιακή του πολιτική.

Συμπερασματικά, η καλύτερες επιλογές κοστολογικά κρίνονται η **συμβατική ασφαλτος** και η **τροποποιημένη με 50 % RAP**, με την δεύτερη να υπερτερεί στην τιμή ανά τόνο. Και αν υπολογιστεί και **το κόστος** που θα επιβαρύνει την συμβατική για την **απόρριψη του RAP**, για το οποίο δεν επιβαρύνεται η τροποποιημένη με 50 % RAP, τότε η διαφορά στην τιμή θα είναι μεγαλύτερη **υπέρ της τροποποιημένη με 50 % RAP**.

Βιβλιογραφία

- [1] N. N. Kale, D. Joshi, and R. Menon, "Life cycle cost analysis of commercial buildings with energy efficient approach," *Perspectives in Science*, vol. 8, pp. 452–454, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.pisc.2016.04.102.
- [2] D., L. K. and R. G. Hunkeler, *Environmental life cycle costing*. 2008.
- [3] "Υ.ΥΠΟ.ΜΕ.ΔΙ, ΕΛΟΤ, ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΤΠ." [Online]. Available: <http://www.sate.gr/html/pdfDocuments/05-03-14-00.pdf>
- [4] "Asphalt Milling – Cold Planing," <https://www.bannonpaving.com/asphalt-milling-cold-planing/>, 2018.
- [5] Matt Renick, "Making Long-Lasting Roads: Tip #2 Let's Be TACKtical," <https://blacklidge.com/making-long-lasting-roads-tip-2-lets-tactical/>, 2017.
- [6] WIRTGEN GROUP. HAMM, "HD 90, Articulated tandem roller with 2 vibratory drums," <https://www.hamm.eu/en/products/tandem-rollers/series-hd~1/hd-90.172635.php>, 2018.