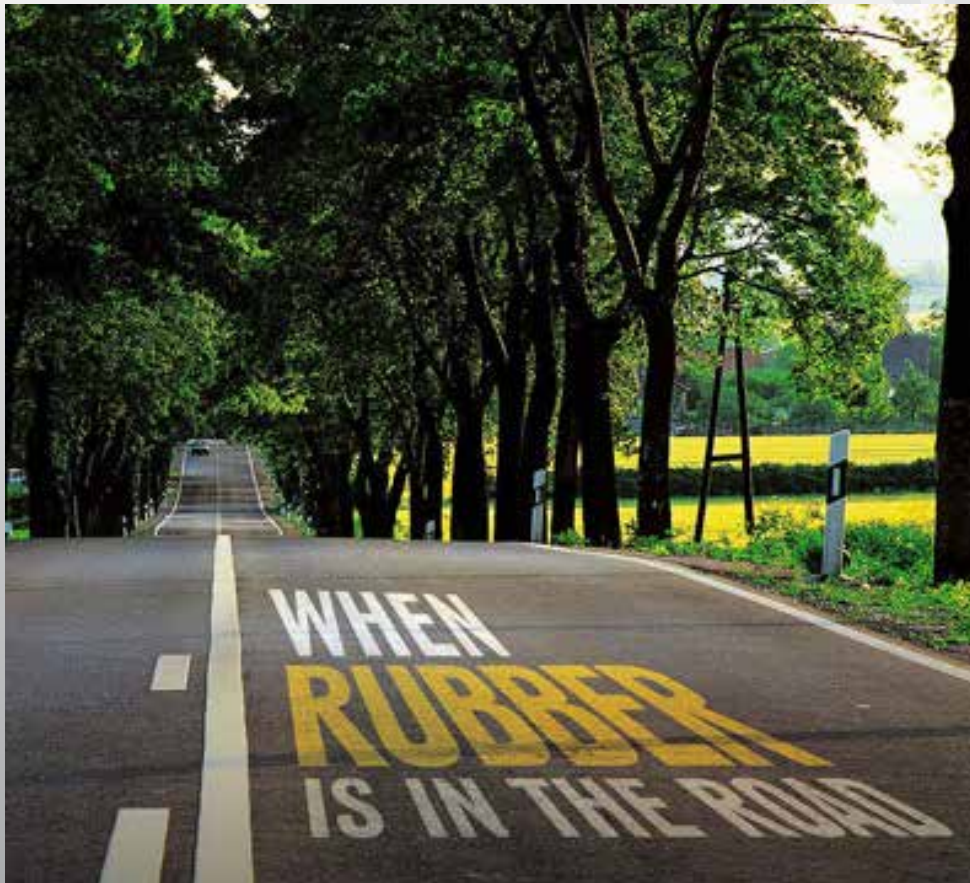


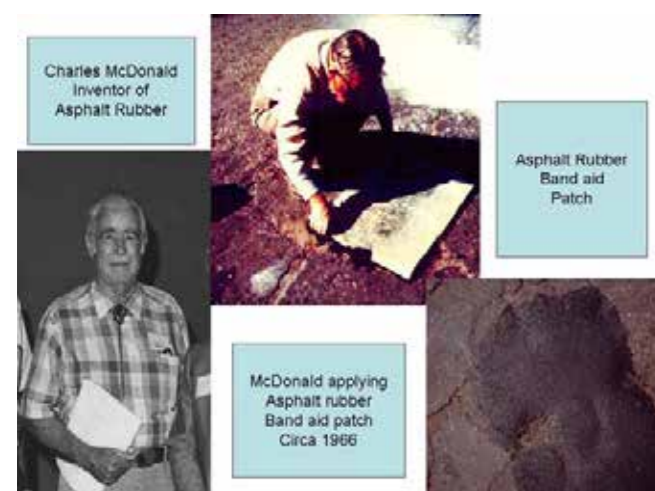
ΤΑ ΦΘΑΡΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ





Τι είναι η τροποποιημένη με ελαστικό άσφαλτος; (AR)

Η τροποποιημένη με ελαστικό άσφαλτος είναι ένα μίγμα θερμής ασφάλτου και τριμματος ελαστικού, το οποίο προέρχεται από τα άχρηστα ελαστικά οχημάτων. Χρησιμοποιείται ευρέως στο στρώσιμο των μεγάλων αυτοκινητοδρόμων και ιδιαίτερα στις πολιτείες της Αριζόνα, της Καλιφόρνιας και του Τέξας των ΗΠΑ καθώς επίσης και της Πορτογαλίας της Ισπανίας της Ν. Αφρικής και της Κίνας. Είναι ένα υλικό, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ρωγμές και αρμούς, να χρησιμοποιηθεί σα φτηνή στεγανοποιητική επένδυση και να προστεθεί σε θερμό αδρανές υλικό για να παρασκευαστεί ένα ομοιογενές υλικό επίστρωσης. Η Αμερικανική εταιρία ελέγχων και υλικών (ASTM D8) ορίζει την τροποποιημένη με ελαστικό άσφαλτο ως ένα «μίγμα ασφαλτικού σκυροδέματος, ανακτημένου ελαστικού οχήματος και συγκεκριμένων προσθέτων στα οποία το ποσοστό ελαστικού είναι τουλάχιστο 15% κατά βάρος στο συνολικό μίγμα και το οποίο έχει αντιδράσει ικανό χρόνο και εν θερμώ στο ασφαλτικό σκυροδέμα ώστε να προκαλέσει διαστολή των κόκκων ελαστικού (ASTM International Annual Book of Standards, D8 Definition, 2005). Ο ορισμός αυτός συντάχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 90'. Από τα μέσα της δεκαετίας του 60' που ανακαλύφθηκε η τροποποιημένη με ελαστικό άσφαλτος και μέχρι σήμερα, τα οφέλη από τη χρήση της έχουν αυξηθεί σημαντικά.



Η μέθοδος τροποποίησης της ασφάλτου με ελαστικό αρχικά αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1960 όταν ο Charles McDonald, τότε μηχανικός υλικών της πόλης του Phoenix, άρχισε να διερευνά μια μέθοδο συντήρησης των οδοστρωμάτων, τα οποία βρίσκονταν σε κακή κατάσταση εξαιτίας κυρίως των ρηγματώσεων. Οι αρχικές προσπάθειες του McDonald κατέληξαν στην ανάπτυξη μικρών προπαρασκευασμένων μπαλωμάτων από μίγμα ασφάλτου με ελαστικό, τα οποία ονόμασε "Band-Aids" (Χανζαπλαστ). Αυτά τα μπαλώματα είχαν διαστάσεις 61cm X 61cm και αποτελούνταν από μίγματα ασφάλτου-ελαστικού τοποθετημένων επάνω σε χαρτί με επικάλυψη παραφίνης και ενσωματωμένα τεμάχια ελαστικού.

Πλεονεκτήματα από τη χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με ανακυκλωμένο ελαστικό

Το ελαστικό ως τροποποιητής του ασφαλτομίγματος αποτελεί έναν οικονομικό τρόπο βελτίωσης των ιδιοτήτων της ασφάλτου. Υπάρχουν δεδομένα στη διεθνή βιβλιογραφία που αποδεικνύουν ότι το ανακυκλωμένο ελαστικό μπορεί να βελτιώσει την απόδοση ενός ασφαλτομίγματος σε υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης βελτιωμένη απόδοση παρατηρείται σε όλη το θερμοκρασιακό φάσμα που εκτίθεται ο ασφαλτοτάπητας κατά την διάρκεια του χρόνου. Συγκεκριμένα έχουν καταγραφεί λιγότερες αυλακώσεις σε τροποποιημένη άσφαλτο κατά την διάρκεια των θερινών μηνών ως συνέπεια των υψηλών θερμοκρασιών, καθώς επίσης και λιγότερες ρηγματώσεις τους χειμερινούς μήνες ως συνέπεια του χαμηλών θερμοκρασιών.

Σημαντική βελτίωση των ιδιοτήτων της τροποποιημένης ασφάλτου παρατηρείται και στην περίπτωση του κυκλοφοριακού φορτίου. Συγκεκριμένα από ελέγχους που έχουν πραγματοποιηθεί σε ασφαλτομίγματα ίδιας δομής σε αδρανή με και χωρίς πρόσθετο ελαστικό διαπιστώθηκε 164% καλύτερη αντίσταση στην ρηγμάτωση του ασφαλτοτάπητα ύστερα από 2000 περάσματα οχημάτων. Η χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με ελαστικό συμβάλει σημαντικά στη μείωσή του παραγόμενου θορύβου κατά την κυκλοφορία των οχημάτων επί του οδοστρώματος. Ο λόγος είναι η μεγαλύτερη ελαστικότητα που προσδίδει το ελαστικό στην επιφάνεια του οδοστρώματος με συνέπεια ο αέρας που εγκλωβίζεται κατά την επαφή της ρόδας του οχήματος με την άσφαλτο να έχει περισσότερο χρόνο για να εξέλθει και να εξέρχεται με χαμηλότερη πίεση. Το γεγονός αυτό έχει σημαντική συμβολή στην μείωση του παραγόμενου θορύβου. Η μείωση της στάθμης του θορύβου που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι της τάξης των 7 decibel.

Επιγραμματικά, η τροποποίηση ασφαλτικού με τρίμα ή πούδρα από την μηχανική κοκκοποίηση μεταχ. ελαστικών οχημάτων έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος
- Μεγαλύτερη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (μείωση αυλακώσεων)
- Μεγαλύτερη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες (μείωση ρηγματώσεων)
- Μείωση του θορύβου από την κίνηση των οχημάτων
- Μείωση του "spraying" από την κίνηση των οχημάτων σε βρεγμένο οδόστρωμα.



European countries with experience in rubberized asphalt

Sweden	Hungary
Belgium	France
Italy	Netherlands
Portugal	Germany
Austria	Greece

Μέθοδοι τροποποίησης ασφάλτου με πούδρα από ανακυκλωμένο ελαστικό

Υγρή Μέθοδος

Η υγρή μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θερμά ασφαλτομίγματα όσο και για την επισκευή - κάλυψη χαλασμένου οδοστρώματος (π.χ. λακκούβες, ανακατασκευές κλπ.). Στην υγρή μέθοδο το τρίμμα ελαστικού ανακατεύεται με το ασφαλτικό (συνήθως σε αναλογία 5 έως 13 % ελαστικό) προτού το μίγμα προστεθεί στα αδρανή.

Όταν το ασφαλτικό και η πούδρα ελαστικού αναδεύονται μαζί, το καουτσούκ αντιδρώντας με το ασφαλτικό διογκώνεται και μαλακώνει. Αυτή η αντίδραση επηρεάζεται από τη θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται η ανάδευση, τον χρόνο στον οποίο η θερμοκρασία διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, τον τύπο και την συχνότητα ανάδευσης, το μέγεθος και την υφή της πούδρας ανακυκλωμένου ελαστικού και την περιεκτικότητα του ασφαλτικού σε αρωματικές ουσίες.

Κατά την χημική αντίδραση λαμβάνει χώρα απορρόφηση των αρωματικών ελαίων του ασφαλτικού στις πολυμερικές αλυσίδες του ελαστικού, οι οποίες αποτελούν τα βασικά συστατικά του φυσικού και συνθετικού καουτσούκ που περιέχονται στην πούδρα. Η ταχύτητα της αντίδρασης μεταξύ της πούδρας ελαστικού και του ασφαλτικού μπορεί να αυξηθεί εάν μεγαλώσει η επιφάνεια επαφής του ελαστικού και αυξηθεί η θερμοκρασία της αντίδρασης. Το ιξώδες του μίγματος ασφάλτου-ελαστικού αποτελεί βασική παράμετρο για την παρακολούθηση της πορείας της αντίδρασης. Ο προδιαγραφόμενος χρόνος αντίδρασης θα πρέπει να είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος χρόνος για την σταθεροποίηση του ιξώδους του μίγματος στην συγκεκριμένη θερμοκρασία. Όταν η πούδρα ελαστικού ανακατεύεται με το ασφαλτικό με την υγρή μέθοδο, το τροποποιημένο ασφαλτικό αναφέρεται ως asphalt-rubber.

Ξηρή Μέθοδος

Η ξηρή μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την εν θερμώ διάστρωση του ασφαλτοτάπητα σε διάφορα μίγματα. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές οδοστρωσίας, όπως είναι για παράδειγμα εκείνη του ψυχρού ασφαλτομίγματος, όπως επίσης και για την επισκευή - κάλυψη χαλασμένου οδοστρώματος. Κατά την ξηρή μέθοδο το τρίμμα ελαστικού χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο σε μικρό ποσοστό του λεπτόκοκκου αδρανούς της ασφάλτου (συνήθως 1 έως 3% κατά βάρος της συνολικής ποσότητας αδρανούς στο μίγμα). Το τρίμμα ελαστικού ανακατεύεται με το αδρανές υλικό πριν την προσθήκη του ασφαλτικού.

Μέθοδοι ελέγχου για το τροποποιημένο με τρίμμα ελαστικού ασφαλτόμιγμα

- Ελαστικότητα και πλαστικότητα των τροποποιημένων ασφαλτομιγμάτων
- Καθορισμός της επαναφοράς μετά από συμπίεση
- Τεστ ρευστότητας (ροής)
- Καθορισμός του δυναμικού ιξώδους με χρήση περιστρεφόμενου ιξωδόμετρου
- Καθορισμός της διαβάθμισης και του περιεχομένου σε ελεύθερα λινά των κόκκων ελαστικού που χρησιμοποιείται στο ασφαλτόμιγμα
- Καθορισμός της ελαστικότητας (ικανότητας ανάκτησης αρχικού σχήματος) των κόκκων ελαστικού που χρησιμοποιούνται στο ασφαλτόμιγμα
- Καθορισμός της πυκνότητας των κόκκων ελαστικού που χρησιμοποιούνται

Κοστολόγηση παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου και σύγκριση κόστους με τη συμβατική μέθοδο

Το κόστος παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμα ελαστικού σε τελικό ασφαλτοτάπητα συμπυκνωμένου πάχους 5cm, αναλύεται ως εξής:

Κόστος έτοιμης ασφάλτου (€/tn)	333
Κόστος αδρανών (€/tn)	6,5
Κόστος λαδιού ανά τόνο έτοιμης ασφάλτου (€/tn)	60
Κόστος τροποποίησης ασφάλτου (€/tn)	50
Κόστος πούδρας ελαστικού (€/tn)	150
Συνολικό κόστος τροπ. ασφαλτοτάπητα ανά επιφάνεια (€/m²)	3,59
Συνολικό κόστος ανά τόνο τροπ. ασφαλτομίγματος (€/tn)	30,02

τιμές 2015

Το άμεσο κόστος παραγωγής τροποποιημένης με ελαστικό ασφάλτου είναι κατά 5% περίπου ακριβότερο από το αντίστοιχο της συμβατικής ασφάλτου. Εξαιτίας του γεγονότος όμως ότι η διάρκεια ζωής του οδοστρώματος επιμηκύνεται κατά πολύ, **το μακροπρόθεσμο οικονομικό όφελος από την χρήση τροποποιημένης ασφάλτου είναι πολύ μεγαλύτερο.**

Επίσης θα πρέπει να αποτιμήσει κανείς οικονομικά και τα επιπλέον οφέλη από την χρήση τροποποιημένης με ελαστικό ασφάλτου που αναφέρθηκαν παραπάνω (π.χ. μείωση θορύβου, μείωση φαινομένου spraying, κλπ.) τα οποία δεν έχει η συμβατική ασφάλτος.





22 χρόνια εξαιρετικής απόδοσης οδοστρώματος με τροποποιημένη με ελαστικό άσφαλτο. Έργο στο Dewey.



Εφαρμογή AR-SAMI πάνω σε βάση τσιμέντου στην Κίνα ως μέρος συστήματος πολλαπλών στρωμάτων AR.



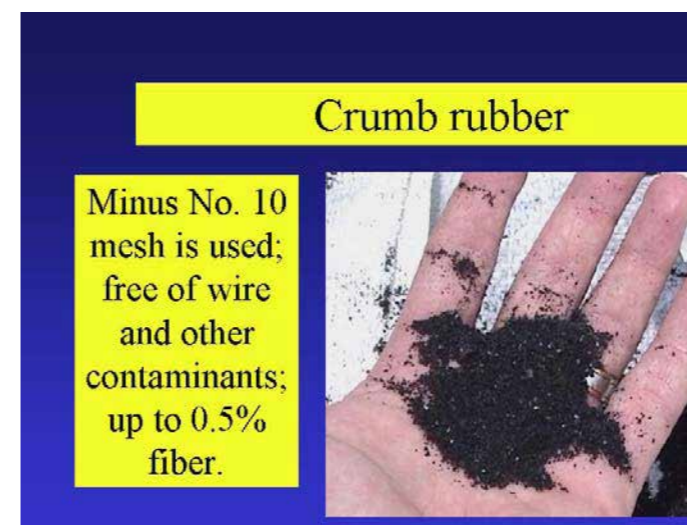
Ραγισμένος αυτοκινητόδρομος



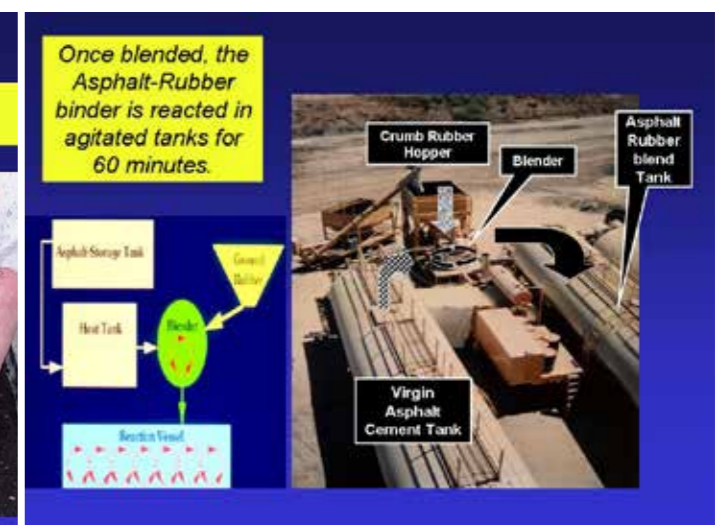
Interstate 19. Πριν την επικάλυψη της ασφάλτου



Interstate 19. Δεκαέξι χρόνια μετά την επικάλυψη της ασφάλτου



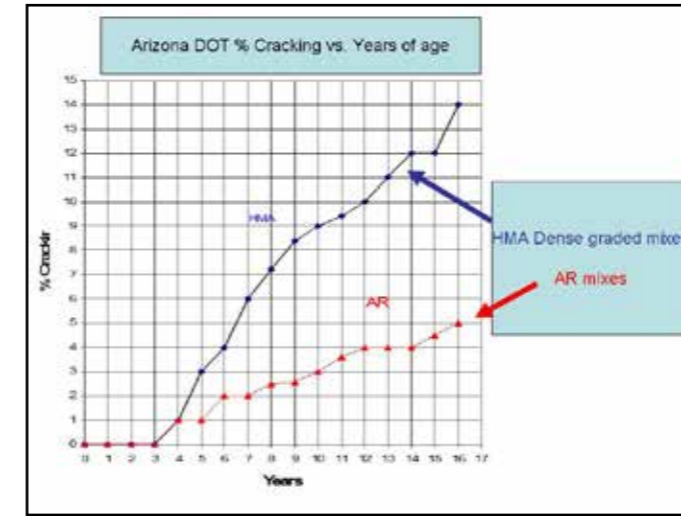
Τρίμμα ελαστικού



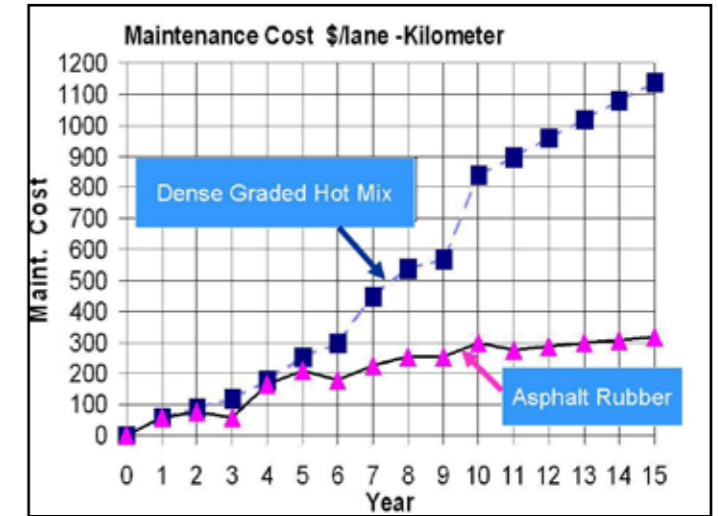
Διαδικασία ανάδευσης



Κατασκευή της τροποποιημένης με ελαστικό ασφάλτου



Διάγραμμα ρωγμών με και χωρίς τροποποιημένη με ελαστικό ασφάλτο



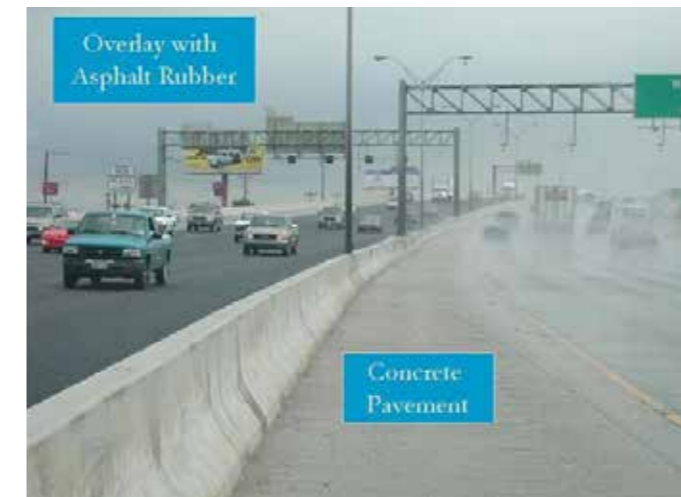
Το κόστος συντήρησης με και χωρίς τροποποιημένη με ελαστικό ασφάλτο



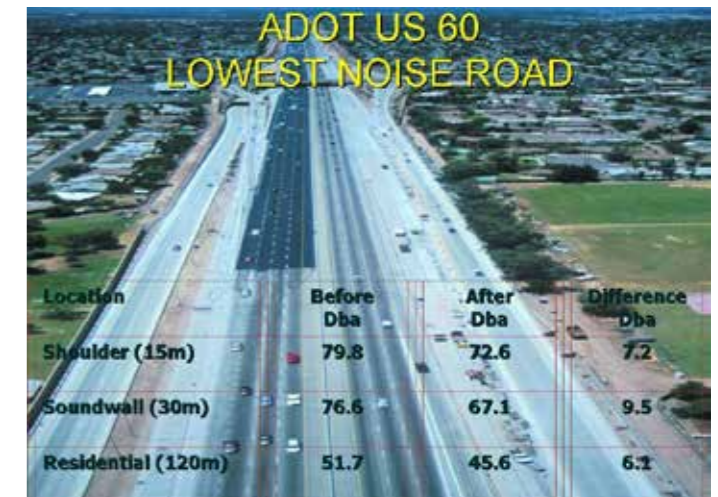
Πιλοτικό έργο στην οδό Βασιλικών στη Λαμία. Αριστερά η συμβατική ασφαλτος και δεξιά η τροποποιημένη με ελαστικό ασφάλτος



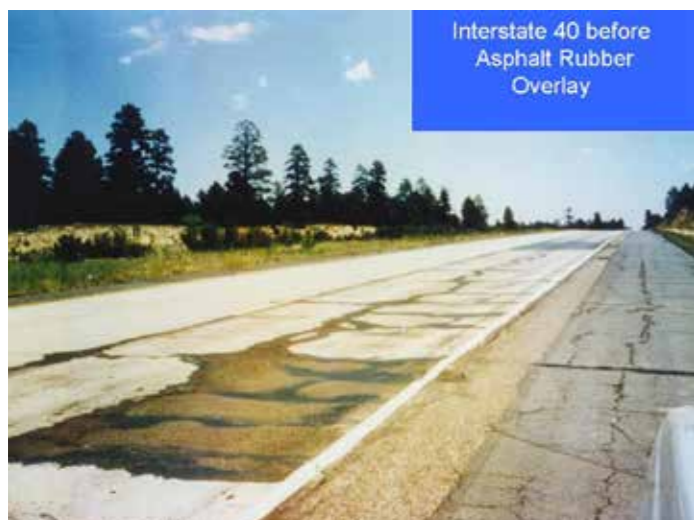
Συμπίσση της τροποποιημένης με ελαστικό ασφάλτου στην οδό Βασιλικών στη Λαμία



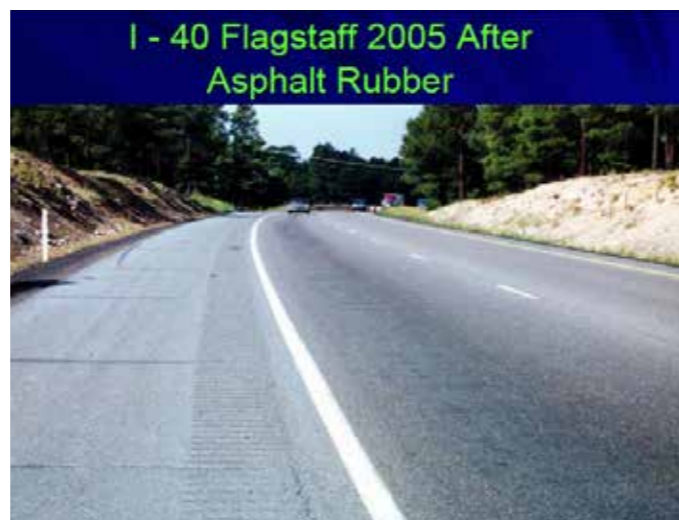
Υδατοπερατή, τροποποιημένη με ελαστικό ασφαλτος για μείωση του φαινομένου του ψεκασμού



Μείωση θορύβου μετά την τοποθέτηση τροποποιημένης με ελαστικό ασφάλτου



Δάπεδο τοιμένου το 1989 πριν την τοποθέτηση της τροποποιημένης με ελαστικό ασφάλτου

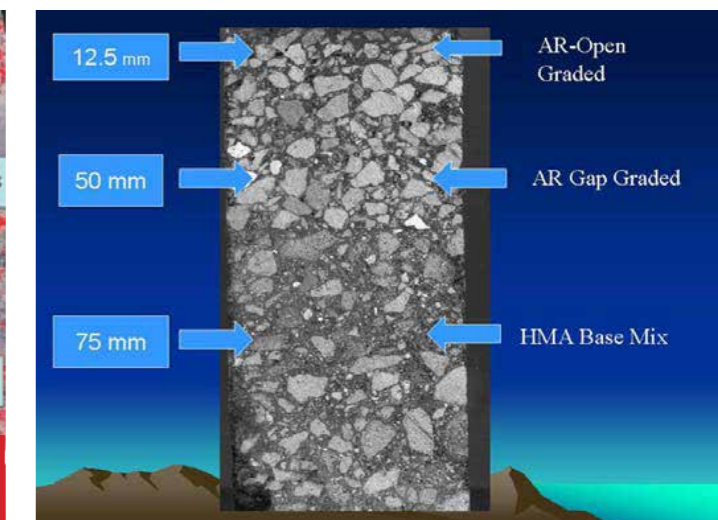


Interstate 40, 15 χρόνια μετά την τοποθέτηση της τροποποιημένης με ελαστικό ασφάλτου



Φοίνιξ Αριζόνα τη νύχτα.

Οι θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύκτας εμφανίζονται χαμηλότερες στην επιφάνεια της τροποποιημένης με ελαστικό ασφάλτου



Εγκάρσια τομή με τα τρία στρώματα του μίγματος

References

- [AST05] ASTM International Annual Book of Standards, D 8 Definition, 2005.
- [ATR96] ATRC, Asphalt Rubber Friction Course Reduces Traffic Noise, ADOT Research Notes, August 1996.
- [FOR79] Forstie, D., Walsh, H, and Way, G.B., Membrane Technique for Control of Expansive Clays, Transportation Research Record Number 705, 1979. pp. 49-53
- [MCD81] McDonald, C.H., "Recollections of Early Asphalt-Rubber History," National Seminar on Asphalt-Rubber, October 1981
- [MOR73] Morris, G.R. and Scott, N.R., Arizona's Experience with Asphalt Concrete Friction Courses, 59th Annual Meeting AASHTO, Los Angeles, California, November 1973.
- [MOR93] Morris, C. R., "True Cost Effectiveness of Asphalt-Rubber Paving Systems," Use of Waste Materials in Hot-Mix Asphalt. ASTM STP1193, H. Fred Waller, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1993.
- [RPA06] Rubber Pavements Association, Website xxxxx, Tempe, Arizona.
- [SOU00] Sousa, J., Proceedings AR2000 International Conference on Asphalt Rubber, Villamora, Portugal, 2000
- [SOU03] Sousa, J., Proceedings AR2003 International Conference on Asphalt Rubber, Brazilia, Brazil, 2003
- [SCO99] Scofield, L. A., The History, Development, and Performance of Asphalt Rubber at ADOT, Report Number AZ-SP-8902, ADOT, December 1989.
- [WAY79] Way, G. B., Prevention of Reflective Cracking Minnetonka-East, Report Number 1979GWI, Arizona Department of Transportation, August 1979.
- [WAY91] Way, G. B., Flagstaff I-40 Overlay Project, 4R Conference & Road Show, Cincinnati, Ohio December 1991.
- [WAY00J] Way, G. B., Flagstaff I-40 Asphalt Rubber Overlay Project nine years of success. TRB 78th annual meeting, Washington D.C., January, 2000.
- [WAY00M] Way, G. B., Asphalt Rubber-Research and Development. 35 years of progress and controversy, ETRA annual meeting, Brussels. Belgium, March, 2000.
- [XIC04] Xicheng Qi , Ghazi Al-Khateeb, Terry Mitchell , Kevin Stuart , Jack Youtcheff , Determining Modified Asphalt Binder Properties for the Superpave Specification Report on the Construction of Pavements With Modified Asphalt Binders , Pooled Fund Study TPF-5 (019) , January 2004
- European Tire Recycling Association (ETRA) <http://www.etra-eu.org/> European Commission (1996) Future Noise Policy. Green Paper, Brussels.
- Nehdi, M. and Khan, A. (2001) Cementitious Composites Containing Recycled Tire Rubber: An Overview of Engineering Properties and Potential Applications, Cement, Concrete and Aggregates. CCAGDP, 23.
<http://dx.doi.org/10.1520/CCA10519J>
- Rafat, S. and Naik, R.T. (2004) Properties of Concrete Containing Scrap-Tire Rubber—An Overview. Waste Management, 24, 563-569. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2004.01.006>
- Mavridou, S. (2010) Utilization of Recycled Tire Rubber in Mortars and Concrete Based on Cement or Asphalt for Special Applications. Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Greece (in Greek).
- Khosla, N.P. and Trogdon, J.T. (1990) Use of Ground Rubber in Asphalt Paving Mixtures. Technical Report, Department of Civil Engineering, North Carolina State University, Raleigh. F. Kehagia, S. Mavridou
- Khalid, H.A. and Artamendi, I. (2002) Exploratory Study to Evaluate the Properties of Rubberized Asphalt Modified Using the Wet and Dry Processes. 3rd International Conference on Bituminous Mixtures and Pavements, J & A Publishers, Thessaloniki, 15-25.
- Airey, G.D., Collop, A.C. and Mujibur, M.M. (2004) Mechanical Properties of Crumb Rubber Modified Bituminous mixtures. 3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Vienna.
- Oikonomou, N. and Mavridou, S. (2009) The Use of Waste Tire Rubber in Civil Engineering Works. In: Khatib, J., Eds., Sustainability of Construction Materials, Chapter 9, Woodhead Publishing, Cambridge, 213-238. <http://dx.doi.org/10.1533/9781845695842.213>
- Mavridou, S., Oikonomou, N. and Kalofotias, A. (2012) Overall Report on the Pilot Application at the End of the Project, September 2012, EU-LIFE+ Environment Policy and Governance LIFE 09 ENV/GR/304"ROADTIRE", "Integration of End-of-Life Tires in the Life Cycle of Road Construction" ROADTIRE.
- EN12697-34 (2004) Bituminous Mixtures-Tests Methods for Hot Mix Asphalt-Part 34: Marshall Test.
<http://www.esha.gr/>
- ΠΤΠ Α265-Α (1966) Bituminous Concrete, Greek Specifications.
- ΠΕΤΕΠ 05-03-11-04 (2006) Bituminous Layers of Closed Type. Edition 1, May 2006 (Greek Specifications).
- EN 12697-22 (2003) Bituminous Mixtures—Tests Methods for Hot Mix Asphalt. Part 22: Wheel Tracking.
- Putman, B. and Amirkhanian, N. (2005) Rubberized Bituminous Mixtures: A Novel Approach to Pavement Noise Reduction. WIT Transactions on the Built Environment, 77.
- SILENCE (2005) Report of Promising New Road Surfaces for Testing.
- Brennan, M., Kavanagh, A. and Sheahan, J. (2001) Case Studies of a Low-Noise Road Surface. International Journal of Pavement Engineering, 2, 121-134. <http://dx.doi.org/10.1080/10298430108901721>
- Bollard & Brennan, Inc. and Sacramento County Department of Environmental Review and Assessment (1999) Report on the Status of Rubberized Asphalt Traffic Noise reduction in Sacramento County.
- Sandberg, U. (1992) Do Road Surfaces with Rubber Give Noise Reduction? Engineering Foundation Conference "Vehicle- Road Interaction II", Santa Barbara.