

Mika Mäntynen

Asfalttimurskeen uusiokäyttö sorateiden kunnossapidossa

Asfalttimurskeen uusiokäyttö sorateiden kunnossapidossa

Mika Mäntynen

Asfalttimurskeen uusiokäyttö sorateiden kunnossapidossa

Syksy 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma, Yhdyskuntatekniikka

Tekijä(t): Mika Mäntynen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Asfalttimurskeen uusiokäyttö sorateiden kunnossapidossa

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Reuse of asphalt gravel for maintenance of gravel roads

Työn ohjaaja(t): Vesa Kallio

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 12/2020

Sivumäärä: 33

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää asfalttimurskeen soveltuvuutta soratien päällysteeksi. Työn tarkoituksena oli löytää sora- ja asfalttimurskeesta sellainen seos, jota käyttämällä soratien pinnasta saataisiin pitkäikäisempi sekä helppo-
hoitoisempi.

Työssä selvitettiin, sopiiko asfalttimurske uusiomateriaaliksi sorateiden kulutuskerrokseen. Samalla käytiin läpi, minkälaisia laatukokeita sekä mittauksia tulisi itse kulutuskerrokselle tehdä. Lisäksi työssä tutkittiin uudenlaisen kulutuskerroksen materiaalin soveltuvuutta liikennekäyttöön.

Opinnäytetyössä saatujen tutkimustulosten perusteella asfalttimurske soveltuu hyvin soratien kulutuskerrokseksi, sillä se täyttää käytettävän kiviainesmateriaalin ominaisuudet. Laboratoriossa tehdyt kokeet ja niistä saadut tutkimustulokset olivat lupaavia, mutta tulosten varmistaminen vaatii koerakentamista. Koerakentamisessa tulisi erityisesti kiinnittää huomiota siihen, mihin kannattaisi rakentaa koepätkä, jotta saataisiin mahdollisimman monipuolinen rasitus itse kulutuskerrokselle.

Asiasanat: asfalttimurske, soratie, soramurske, kunnossapito

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Municipal Engineering

Author(s): Mika Mäntynen

Title of thesis: Reuse of asphalt gravel for maintenance of gravel Roads

Supervisor(s): Vesa Kallio

Term and year when the thesis was submitted: 12/2020

Pages: 33

The aim of the thesis was to find out the suitability of crushed stone of asphalt as a gravel road pavement. The purpose of the work was to find a mixture of asphalt crushed stone, which would make the surface of the gravel road longer-lasting and easier to maintain.

The suitability of crushed asphalt as a recycled material for the wear layer of gravel roads was investigated. Based on the research results obtained in the thesis, the asphalt crushed stone is well suited as a wear layer for gravel roads, as it meets the properties of the aggregate material used.

The experiments performed in the laboratory and the research results obtained from them were good, but confirmation of the results requires experimental construction. In experimental construction, special attention should be paid to where the test piece is built in order to obtain the most versatile stress on the wear layer itself.

Keywords: crushed tarmac, gravel Road, maintenance, gravel crush

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 SORATIET SUOMESSA	8
3 SORATEIDEN YLLÄPITO	10
3.1 Sorateiden kuntoluokittelu	12
3.1.1 Sorateiden rakenteellinen kunto	13
3.1.2 Sorateiden pintakunnon arviointi	14
3.2 Sorateiden rakenteellisen kunnon ja pintakunnon varmistaminen	20
3.2.1 Runkokelirikkoa ehkäisevät toimenpiteet	20
3.2.2 Rakenteellisen kunnon parantamismenetelmät	20
3.2.3 Soratien tasaisuuden varmistaminen	21
3.2.4 Sorateiden pölyämisen estäminen	23
4 ASFALTTIMURSKEEN KÄYTTÖ SORATIEN KULUTUSKERROKSENA	24
4.1 Uusiomateriaalien ympäristökelpoisuus	24
4.2 Asfalttimurskeen tekniset ominaisuudet	25
4.2.1 Rakeisuus	25
4.2.2 Tiivistettävyyys	26
4.2.3 Puristuslujuus	28
4.3 Asfalttimurske soratien kulutuskerroksena	30
4.3.1 Työmenetelmät	30
4.3.2 Asfalttimurskeesta tehdyn kulutuskerroksen vertailu perinteiseen kulutuskerrokseen	30
4.3.3 Koerakentaminen	31
5 POHDINTA	32
LÄHTEET	33

SANASTO

Asfalttimurske	on asfalttijätteestä murskaamalla jalostettu materiaali.
MVR-mittaus	MVR-mittauksessa käydään silmämääräisesti läpi koko työmaa ja kirjataan sekä kunnossa olevat että parannusta vaativat asiat.
Soramurske	on kiviainesta, joka on valmistettu murskaamalla kiviä (raekoko 20 – 200 mm) tai soraa (raekoko 2 – 20 mm) ja siitä seulomalla haluttu murske
Uusiokäyttö	tarkoittaa käytöstä poistetun esineen tai hyötyjätteen käyttämistä uudelleen.

1 JOHDANTO

Suomessa on valtion ylläpitämiä yleisiä sorateita noin 27 000 km, joka on noin 35 % kaikista Suomen maanteistä. Tämän lisäksi Suomessa on kuntien ylläpitämiä yksityisteitä noin 300 000 km, jotka ovat pääosin sorapintaisia. Sorateilla liikenne on yleensä vähäistä, vuorokautiset liikennemäärät ovat suurilla osaa teistä noin 100 ajoneuvoa vuorokaudessa. Suomen sorateista suurin osa on vanhojen kulkureittien päälle paranneltuja teitä. (1, s. 7.)

Vuosittain Suomessa sorateiden ylläpitoon ilman talvihoitoa käytetään noin 40 M€, joka kattaa noin 11 % koko tieverkon kunnossapitokustannuksista. Suurin osa vähäliikenteisistä sorateista joudutaan pitämään sorateina, joissa kelirikko heikentää teiden liikennöitävyyttä. (1, s. 7.)

Sorateiden ylläpitoon käytetään yli 100 miljoonaa tonnia kiviaineksia ja tästä uusiomateriaalien osuus on 25 %. Kestävän kehityksen edistämisen kannalta on erittäin tärkeää saada mahdollisimman suuri osa käytöstä poistettu jätemateriaali takaisin uusiokäyttöön. (2, s. 8.)

Tämän työn tavoitteena on perehtyä sorateiden kunnossapitoon nykytilanteessa. Työssä tutkitaan uusiomateriaalin ominaisuuksia ja arvioidaan laboratoriosta saatuja testituloksia. Samalla käydään läpi, minkälainen vaikutus asfalttimurskeella on sorateiden kunnossapidossa.

2 SORATIET SUOMESSA

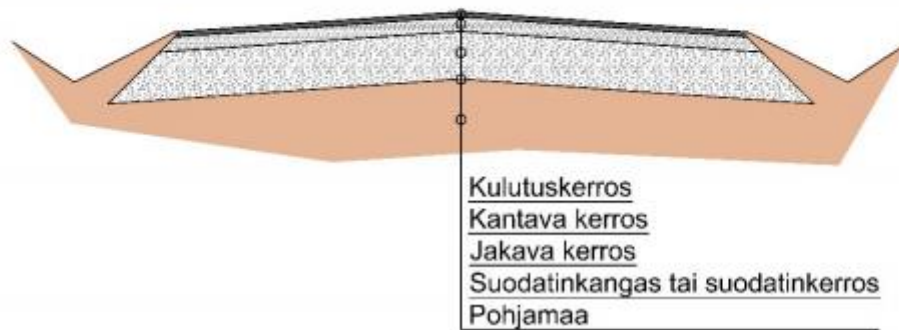
Kaikista ensimmäiset soratiet olivat vain kärrypolkuja, joiden kautta kuljetettiin pelkästään kauppatavaraa. Ajan saatossa polut muodostuivat liikenneväyliksi ja autoliikenteen yleistyttyä, jouduttiin kunnossapito aloittamaan. (3, s. 8.)

Sorateiden kantavuus ei yleensä vastaa liikenteen vaatimuksia. Vauriot ovat näillä teillä yleisiä runsaiden sateiden sekä maan routimisen takia. Sorateiden pintakerros kuluu ja suuremmat kivenpalaset nousevat pintaan ja aiheuttavat epämiellyttävän ajokokemuksen. Ajan saatossa kivet vierivät ojiin, mikä aiheuttaa kuivatusongelmia ja tierakenteen rikkoutumista. (4.)

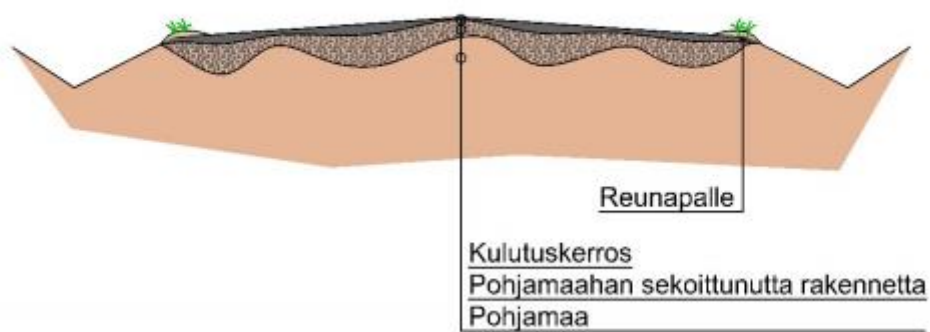
Kantavuuspuutteiden takia sorateille joudutaan asettamaan painorajoituksia, joilla varmistetaan tienkäyttäjien turvallisuus ja tien rakenteellisen kunnon säilyminen. Painorajoituksia joudutaan käyttämään varsinkin keväisin, jolloin huonokuntoisten sorateiden runkorakenne on kyllästynyt sulamisvesillä. Tämän takia tien kantavuus ei riitä raskaille ajoneuvoille. Yleisimmin käytetään 12 tonnin painorajoitusta, ja vain poikkeustapauksissa 4 tonnin rajoitusta. (5.)

Sorateiden rakenteina ovat yleensä kulutuskerros, kantava kerros, jakava kerros ja suodatinkangas tai suodatinkerros. Pääosa Suomen sorateista on rakennettu aikana, jolloin ei tiedetty nykyistä rakennusteknologiaa ja liikennekuormat olivat huomattavasti kevyempiä. Näissä kulutuskerroksia on kunnossapidetty lisämurskeella, jotta tie olisi tarpeeksi hyvä liikenteelle. Sorateissa kantavuuden parantamiseksi lisätty materiaali on usein sekoittunut pohjamaan kanssa ja sen myötä muuttunut vähitellen routivaksi. (1, s. 11.) Kuvassa 1 on esitetty rakennetun soratien sekä rakentamattoman soratien rakennekerrokset.

Rakennettu soratie



Rakentamaton soratie



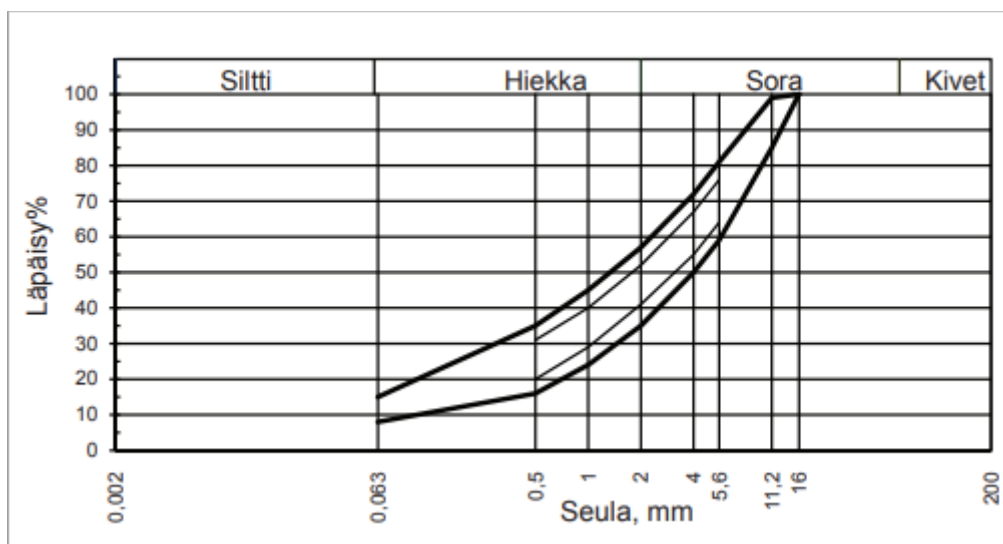
KUVA 1. Rakennettu ja rakentamaton soratie (6, s. 17)

3 SORATEIDEN YLLÄPITO

Soratien pinnan tulee olla kesällä kiinteä ja tasainen, jotta tiellä olisi turvallista ajaa ja ajomukavuus pysyisi hyvänä. Liikenneturvallisuuden varmistamiseksi saateisella ilmalla tienpinnalla olisi lisäksi oltava riittävä kitka. Kulutuskerrosmateriaalin laadulla on vaikutusta tien pintaan, hyvän kulutuskerrosmateriaalin valinta on pitkällä aikavälillä taloudellisempaa. Kulutuskerroksen tehtävät ja vaatimukset määräytyvät liikenneturvallisuuden, ajomukavuuden, tierakenteen kuormituskestävyyden sekä pintakunnon vaatimusten perusteella. (1, s. 24.)

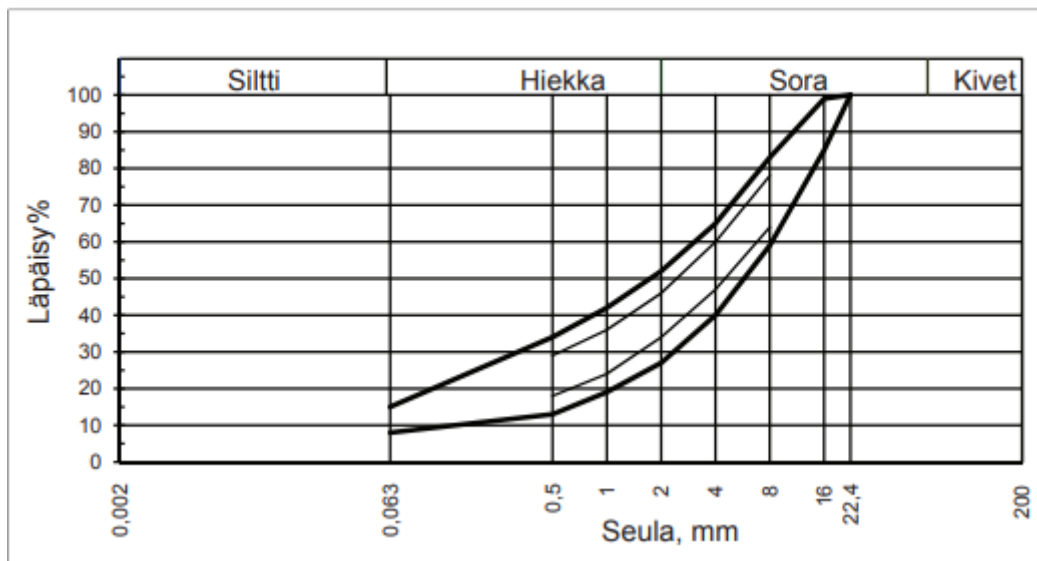
Soratien kulutuskerroksena käytetään 11 mm:n tai 16 mm:n mursketta. 11 mm:n murskeella tiestä saadaan kiinteämpi, sekä tasaisempi tienpinta, koska murske on paljon hienompaa kuin 16 mm:n murske, mutta sillä on paljon huonommat kantavuusominaisuudet kuin 16 mm:n murskeella. (1, s. 25.)

Kuvissa 2 ja 3 on esitetty 11 mm:n ja 16 mm:n kulutuskerrosmurskeiden rakeisuuskäyrät ja niiden ohjeseulojen läpäisyprosentit. Sisimpien rakeisuuskäyrien ohjealueella oleva käyrä pakkautuu tiiveimmin ja sen muodonmuutoskestävyys on hyvä. (1, s. 26.)



0/11 murskeen ohjeseulojen läpäisyprosentit				
Keskiarvot			Yksittäiset tulokset	
Sisemmät rakeisuuskäyrät			Uloimmat rakeisuuskäyrät	
Seulat mm	Alaraja	Yläraja	Alaraja	Yläraja
16			100	100
11,2			85	99
5,6	64	76	59	81
4	55	67	50	72
2	41	52	35	57
1	29	40	24	45
0,5	20	31	16	35
0,063			8	15

KUVA 2. Soratien kulutuskerrosmurskeen 0/11 rakeisuusvaatimukset (1, s. 27)



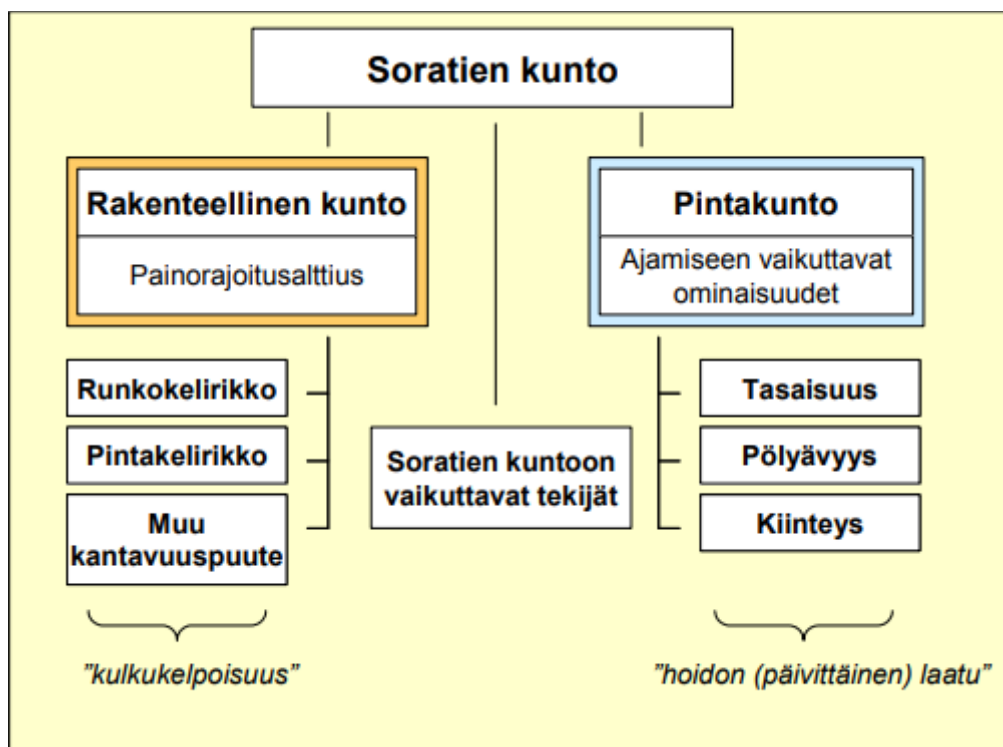
0/16 murskeen ohjeseulojen läpäisyprosentit				
Keskiarvot Sisemmät rakeisuuskäyrät			Yksittäiset tulokset Uloimmat rakeisuuskäyrät	
Seulat mm	Alaraja	Yläraja	Alaraja	Yläraja
22,4			100	100
16			85	99
8	64	78	59	83
4	47	60	40	65
2	34	46	27	52
1	24	36	19	42
0,5	18	29	13	34
0,063			8	15

KUVA 3. Soratien kulutuskerrosmurskeen 0/16 rakeisuusvaatimukset (1, s. 26)

3.1 Sorateiden kuntoluokittelu

Sorateiden kuntoon vaikuttavat seuraavat tekijät: tien muoto, kuivatus, tien rakenne, materiaalit ja pohjamaan laatu, olosuhteet, liikenne sekä urakoitsijan kunnossapitotoimenpiteiden laatu. Rakenteelliseen kuntoon vaikutetaan ylläpidolla, jolla soratien kulkukelpoisuus ja rakenteiden toimivuus varmistetaan. (1, s. 10.)

Kuvassa 4 on merkitty soratien kuntoluokittelut. Kuntoluokittelut on jaettu 2 lohkoon: rakenteellinen kunto sekä pintakunto.



KUVA 4. Soratien kunnon osatekijät (1, s. 10)

3.1.1 Sorateiden rakenteellinen kunto

Runkokelirikkoa esiintyy enimmäkseen keväällä, jolloin tien rakenteissa sekä pohjamaassa olevat jäälinssit sulavat nopeasti eivätkä ehdi poistua rakenteista sivuojiin, imeytyä pohjamaahan tai haihtua ilmaan. Tämän takia vesi heikentää routivien kerrosten kantavuutta, jolloin tie ei kestä enää raskasta liikennettä. (1, s. 15.)

Pintakelirikkoa esiintyy keväällä, syksyllä ja talvella. Kevään pintakelirikolla tarkoitetaan hienoainespiteisen soratien pintakerroksen muuttumista kosteuden vaikutuksesta lähes plastiseksi, huonoksi kantavaksi. Pahimmillaan tien kulutuskerros muuttuu velliksi ja liikennöinti vaikeutuu. Pintakelirikon syntyyn vaikuttaa suuresti sulamisajan säätila ja kelirikkoa ehkäisevät hoitotyöt. (1, s. 14.)

Syksyllä ja talvella pintakelirikkoa voi esiintyä lauhan alkutalven sekä runsaiden sateiden aikaan. Kun ilman lämpötila on matala ja ilman kosteuspitoisuus on suuri, veden haihtuminen tien pinnasta on hyvin vähäistä, jolloin sadevesi imeytyy kulutuskerrokseen ja pehmentää sen. (1, s. 15.)

3.1.2 Sorateiden pintakunnon arviointi

Pölyäminen vaikuttaa ajo-olosuhteisiin, tien varrella asuviin ihmisiin sekä viljeltävien tuotteiden laatuun. Pölyävyyden kuntoarvio voidaan tehdä MVR-mittauksella, jossa mitataan tien ympäristövaikutusta. Pölyävyyden suhteen tien kuntoa arvioidaan visuaalisesti tarkkailemalla edellä ajavan auton näkyvyyttä. Mallikuvien 5 – 9 mukaisesti. (7, s. 17.)



KUVA 5. Kuntoluokka 1: tie pölyää runsaasti (7, s. 18)



KUVA 6. Kuntoluokka 2: tie pölyää kohtalaisesti (7, s. 18)



KUVA 7. Kuntoluokka 3: tie pölyää vähäisesti (7, s. 19)



KUVA 8. Kuntoluokka 4: pölyämistä esiintyy vähäisesti (7, s. 19)



KUVA 9. Kuntoluokka 5: pölyämistä ei esiinny lainkaan (7, s. 20)

Sorateiden kulutuskerrokselle tehdään kesällä pölynsidontaa, jonka tarkoituksena on pitää kulutuskerros pölyämättömänä. Ensimmäinen suolaus suoritetaan keväällä tiehöyläyksen yhteydessä sekoitussuolauksena. Pääasiassa pölynsidontaan käytetään kalsiumkloridia (CaCl_2). Pölynsidonta-aineet voivat olla kalsiumkloridiliuosta tai raesuolaa. Kalsiumkloridin tilalle on yritetty löytää muitakin pölynsidonta-aineita, koska suolan käyttö on ympäristölle vahingollista. (1, s. 42.)

Tasaisuuteen vaikuttavat eniten erilaiset epätasaisuudet: kuopat, urat, painumat ja kohoumat. Tien tasaisuutta arvioidaan kuntoluokilla 1 – 5. Kuntoarvioon vaikuttavat epätasaisuuksien laajuus ja syvyys. Mallikuvien 10 – 14 mukaan voidaan huomata eri kuntoluokkien tasaisuudet, jotka arvioidaan silmämääräisesti.



KUVA 10. Kuntoluokka 1: tien pinnalla on paljon kuoppia, joita ei pysty väistämään (7, s. 4)



KUVA 11. Kuntoluokka 2: epätasaisuudet vaikuttavat ajolinjojen valintaan (7, s. 7)



KUVA 12. Kuntoluokka 3: tien pinnalla on pieniä kuoppia, ei tarvitse väistellä eikä ajonopeutta hiljentää (7, s. 9)



KUVA 13. Kuntoluokka 4: pientä epätasaisuutta, ei tarvitse hidastaa ajonopeutta (7, s. 11)



KUVA 14. Kuntoluokka 5: tien pinta on tasainen, mahdollinen epätasaisuus ei vaikuta ajomukavuuteen (7, s. 12)

Soratien kiinteys arvioidaan silmämääräisesti seuraamalla ajouria, josta huomataan irtokivien sijainti. Vasta käsiteltyä soratietä ei arvioida, koska sen pinta on vielä kiinteytymässä. Mallikuvissa 15 – 19 näytetään eri tilanteita kuntoluokista. (7, s. 13.)



KUVA 15. Kuntoluokka 1: tien pinta on koko leveydeltään irtokivien peitossa (7, s. 14)



KUVA 16. Kuntoluokka 2: tien kiinteä pinta näkyy paikoitellen irtokivien alta (7, s. 14)



KUVA 17. Kuntoluokka 3: irtokiviä esiintyy ajourien ulkopuolella (7, s. 15)



KUVA 18. Kuntoluokka 4: tien pinta on lähes kiinteä (7, s. 15)



KUVA 19. Kuntoluokka 5: tien pinta on kiinteä, irtokiviä ei juuri esiinny (7, s. 16)

3.2 Sorateiden rakenteellisen kunnon ja pintakunnon varmistaminen

Soratien rakenteelliseen kuntoon vaikutetaan ylläpidolla, jolla varmistetaan soratien kulkukelpoisuus ja rakenteiden toimivuus. Tien päivittäistä liikennöitävyyttä edistetään pintakunnon hoidolla. (1, s. 10.)

3.2.1 Runkokelirikkoa ehkäisevät toimenpiteet

Pinta- ja runkokelirikko vaikuttavat suuresti sorateiden liikennöitävyyteen. Osa-aikaisella hoidolla sekä liikennerajoituksilla voidaan vähentää kelirikosta syntyneitä vaurioita. ELY-keskus ja urakoitsijat hoitavat kelirikosta syntyvät vauriot. (1, s. 34.)

Kelirikkoisen teiden liikennerajoitusten tarkoitus on vähentää teiden vaurioitumista. Rajoituksilla pyritään välttämään teiden vuotuisen hoito- ja kunnostustarpeiden lisääntyminen. Tien menettäessä kantavuutta siitä varoitetaan liikenne-merkeillä ja asetetaan tilanteen vaatiessa painorajoitusmerkit. (8, s. 8)

Kelirikkoa ehkäiseviä toimenpiteitä ovat

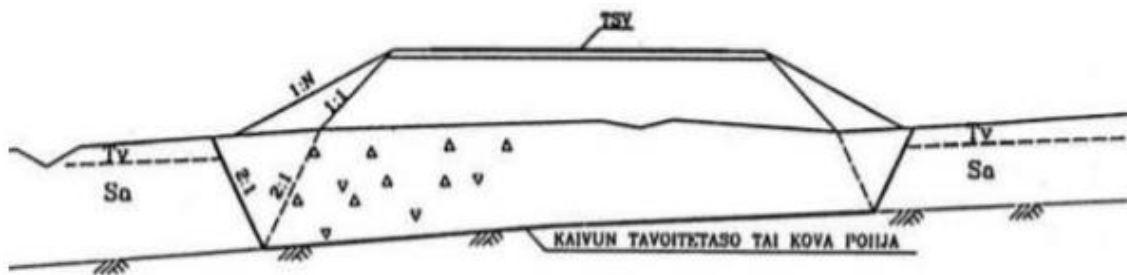
- syksyn ja alkutalven sadevesien poisjohtaminen
- lumen ja jääpolanteen pitäminen ohuena talvikaudella
- sulamisvesien pääsyn esto tien pinnalle
- kuivatuksen toiminnan varmistaminen. (1, s. 34.)

3.2.2 Rakenteellisen kunnon parantamismenetelmät

Parantamismenetelmänä toimii hyvin massanvaihto, jolloin poistetaan pehmeät maakerrokset, jotka korvataan kantavalla materiaalilla. Massanvaihdolla halutaan estää penkereen painuminen sekä saavuttaa luiskiin riittävä stabiliteetti, joten leveys mitoitetaan sen mukaan. Kuvassa 20 on esitetty massanvaihdon periaate. (9, s. 18.)

Ennen massanvaihtoa tulee kuitenkin selvittää, pystyttäisiinkö routavaurioitunutta tien kohtaa parantaa kuivatuksella. Sorateiden kuivatus hoidetaan riittävällä

tien pinnan sivukaltevuudella ja sivuojien ja rumpujen toimivuudella. Huomioitavaa on sivuojia kaivattaessa, ettei uusia ojia aleta kaivamaan vaan ne kaivettai-
siin saman syvyyseksi kuin ne on alun perin tehty. Hyvällä kuivatuksella vähennetään pinta- ja runkokelirikon muodostumista. (1, s. 21.)

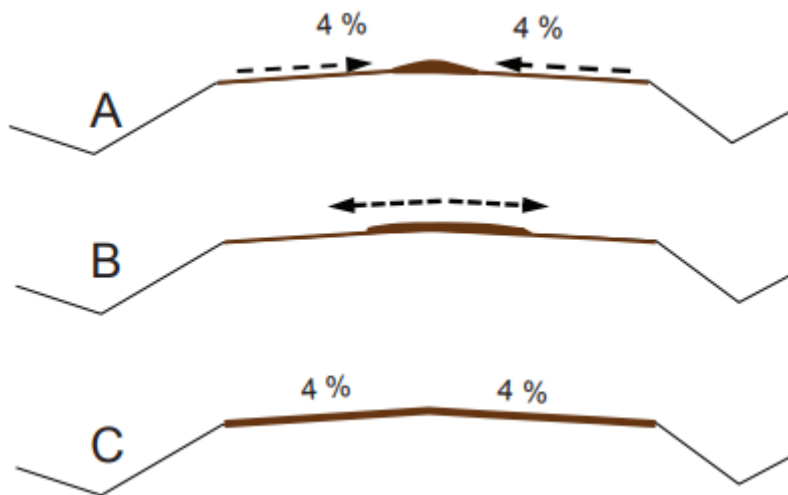


KUVA 20 Massanvaihto kaivamalla (10, s. 8)

3.2.3 Soratien tasaisuuden varmistaminen

Tiehöylällä saadaan kulutuskerros tasaiseksi, tiiviiksi ja tasapaksuiseksi sekä tielle oikea kaltevuus. Paras aika suorittaa höyläys pinnalle on, kun soratien pinta on riittävän kostea. Kulutuskerros muotoillaan samaan kaltevuuteen, mihin lopullinen tien pinta tulee. Soratien riittävällä kaltevuudella varmistetaan sadeveden kulkeutuminen sivuojiin, niin ettei tien pintaan muodostu lammikoita eli noin 4 %:n ($\pm 1\%$) ja kaarteissa 3-7 %:n kaltevuus. Tiehöylällä kulutuskerroksen muokkaaminen vaatii yleensä kaksi ajokertaa molempiin suuntiin, jotta reunapalteen materiaali saadaan sekoittumaan muuhun pintamateriaaliin ja saavutetaan tien oikea sivukaltevuus. (1, s. 39.)

Tiehöylällä tehtävän muokkauksen vaiheet on esitetty kuvassa 21.



KUVA 21. Muokkauksen vaiheet (1, s. 39)

Toinen vaihtoehto rakenteellisen kunnon parantamismenetelmään on lanaus (kuva 22). Lanassa täytyy olla ajon aikainen sivukaltevuuden- ja rungon pituussuuntainen säätö. Vetotraktorin vetotapa tulee olla nelivetoinen sekä renkaissa palapintarakenteet, jolloin renkaat antavat parhaimman pidon. Muokkausta varten käytettävän lanan painon tulee olla vähintään 3 000 kg ja traktorin paino 6 000kg. Vetokoneen painoa voidaan hyödyntää sillä, että irtokyvyn takia lanan kiinnitys tapahtuu vetokoukusta. (1, s. 40.)



KUVA 22. Soratien muokkaus lanalla (1, s. 40)

3.2.4 Sorateiden pölyämisen estäminen

Soratien pölyämistä esiintyy kesällä, osalle sorateistä joudutaan tekemään lisäpölynsidontaa. Keväällä lisäpölynsidonnan suolamäärät ovat pienempiä kuin sekoitussuolauksessa käytettävät. Sekoitussuolaus tehdään, jos tien pinta on reikiintynyt ja purkautunut pahasti. (1, s. 46.)

Lisäpölynsidontaan käytetään liuos- tai hiutalesuolaa. Pölynsidonnan tarkoituksena on saada suola leviämään tasaisesti ajoradalle ja imeytymään riittävän syvälle kulutuskerrokseen. Hiutalesuola levitetään sateen jälkeen tai tie kastellaan ennen suolausta. (1, s. 46.)

4 ASFALTTIMURSKEEN KÄYTTÖ SORATIENTEN KULUTUSKERROKSENA

Opinnäytetyössä testattiin asfaltti- ja soramurskeesta valmistetun uusiomateriaalin kelpoisuutta soratien kulutuskerrokseksi tiivistys- ja puristuslujuustesteillä. Samalla perehdyttiin siihen, miten varmistetaan ympäristökelpoisuus, kun ollaan kehittämässä uusiomateriaaleja.

4.1 Uusiomateriaalien ympäristökelpoisuus

Uusiomateriaalien ympäristökelpoisuus varmistetaan uusiomateriaalitoimittajan laatujärjestelmän mukaisilla laadunvarmistusmenetelmillä sekä noudattamalla seuraavia uusiomateriaalien käytössä tarvittavia käyttöturvallisuusohjeita ja suunnittelu- ja työohjeita: (2, s. 12.)

1. Uusiomateriaaleja käytetään MARA-asetuksen ehtojen mukaisesti.
2. Uusiomateriaaleja käytetään ympäristöluvan ehtojen mukaisesti.

”Uusiomateriaalien käytössä lähtökohtana on lainsäädännön velvoitteiden täyttäminen. Minkään tuotteen tai jätteen käyttö ei saa aiheuttaa maaperän tai pohjaveden pilaantumista tai vaarantaa terveyttä tai ympäristöä. Ympäristölainsäädäntö ei aseta velvoitteita materiaalien teknisille ominaisuuksille. Lainsäädäntö kuitenkin edellyttää ympäristökelpoisuuden ja teknisten ominaisuuksien arviointia.” (11, s. 13.)

Uusiomateriaalien keskeisiä säädöksiä ovat

- jäte- ja ympäristölainsäädäntö: jätelaki (646/2011) ja jäteasetus (179/2012) sekä ympäristölupien ja pilaantuneiden maiden osalta myös ympäristönsuojelulaki (86/2000) ja –asetus (169/2000)
- rakennustuotelainsäädäntö: rakennustuoteasetus (EU:n asetus N:o 305/2011), erityisesti CE-merkinnät ja haitalliset aineet ja kemikaalilainsäädäntö: REACH-asetus ja sen soveltaminen (11, s. 13).

4.2 Asfalttimurskeen tekniset ominaisuudet

Uusiomateriaalin toimittaja tutkii uusiomateriaalin ominaisuudet ja laatii niistä dokumentin uusiomateriaalin käyttäjille ja arvioijille. Dokumentti sisältää

1. uusiomateriaalin tekniset ominaisuudet ja ympäristö ominaisuudet
2. käyttökohtaiset suunnittelu- ja rakentamisohjeet
3. liikenneviraston lupa materiaalin käytölle tienrakentamisessa. (11, s. 28.)

4.2.1 Rakeisuus

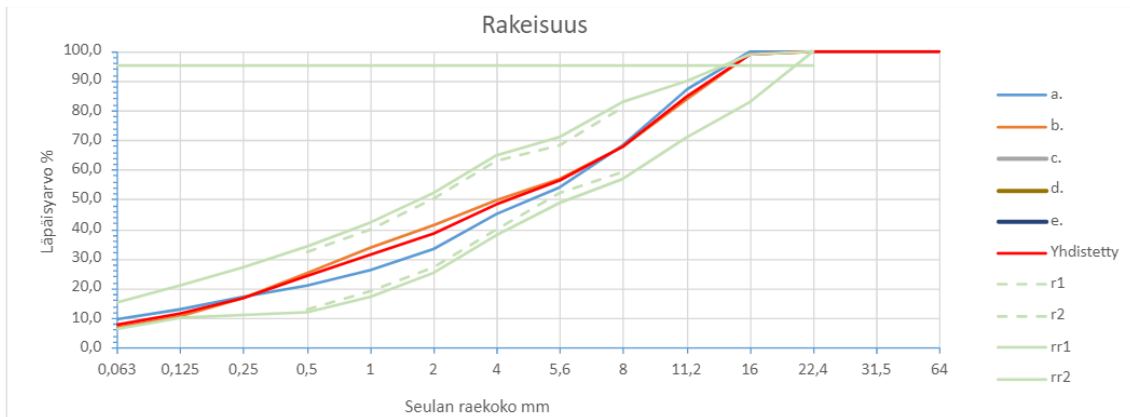
Uusiomateriaalin suhteutuksessa käytettiin hyväksi Excel-taulukkoa (Taulukko 1). Taulukkoon syötettiin uusiomateriaalin sekä neitseellisen kiviaineksen rakeisuuskäyrä. Taulukosta voidaan helposti kokeilla eri seoskomponenttien prosenttimäärien vaikutusta yhdistettyyn rakeisuuskäyrään ja säätää prosenttiosuuksia siten, että saadaan halutunlainen rakeisuuskäyrä.

Tavoitteena oli saada mahdollisimman hyvä yhdistetty rakeisuuskäyrä, jotta se vastaisi tuotannosta saatua rakeisuutta.

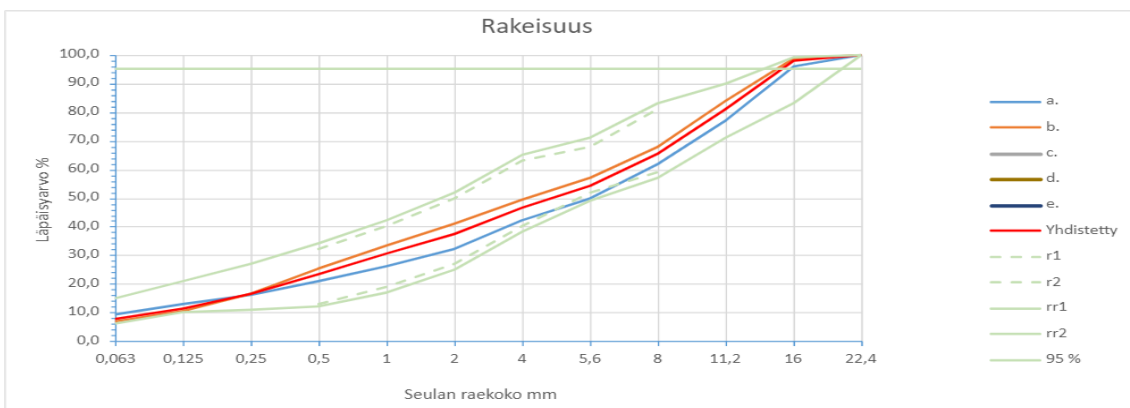
TAULUKKO 1. AsM 0 – 12 ja Sr 0 – 16 mm suhteutus

Kiviainekset		0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	64
a. 0-11 mm asfalttimurske		9,3	13,0	17,0	21,0	26,0	33,0	45,0	54,0	68,0	87,0	100,0	100,0	100,0	100,0
b. 0-16 mm		6,8	10,5	16,7	25,3	33,5	41,0	49,5	57,0	67,7	83,8	98,7	100,0	100,0	100,0
c. 0-32 mm															
d. 0-56 mm															
e.															
Kiviainesten	a %	30	2,8	3,9	5,1	6,3	7,8	9,9	13,5	16,2	20,4	26,1	30,0	30,0	30,0
yhdistäminen, seos %	b %	70	4,8	7,4	11,7	17,7	23,5	28,7	34,7	39,9	47,4	58,7	69,1	70,0	70,0
	c %	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	d %	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	e %	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhdistetty kiviaines Seos-%		100	7,6	11,3	16,8	24,0	31,3	38,6	48,2	56,1	67,8	84,8	99,1	100,0	100,0

Kuvissa 23 ja 24 on esitetty valmiit rakeisuuskäyrät kyseisillä materiaaleilla.



KUVA 23. Asfalttimurskeen yhdistetty rakeisuuskäyrä AsM 0 – 12 ja Sr 0 – 16 mm



KUVA 24. Asfalttimurskeen yhdistetty rakeisuuskäyrä AsM/Sr 0 – 16

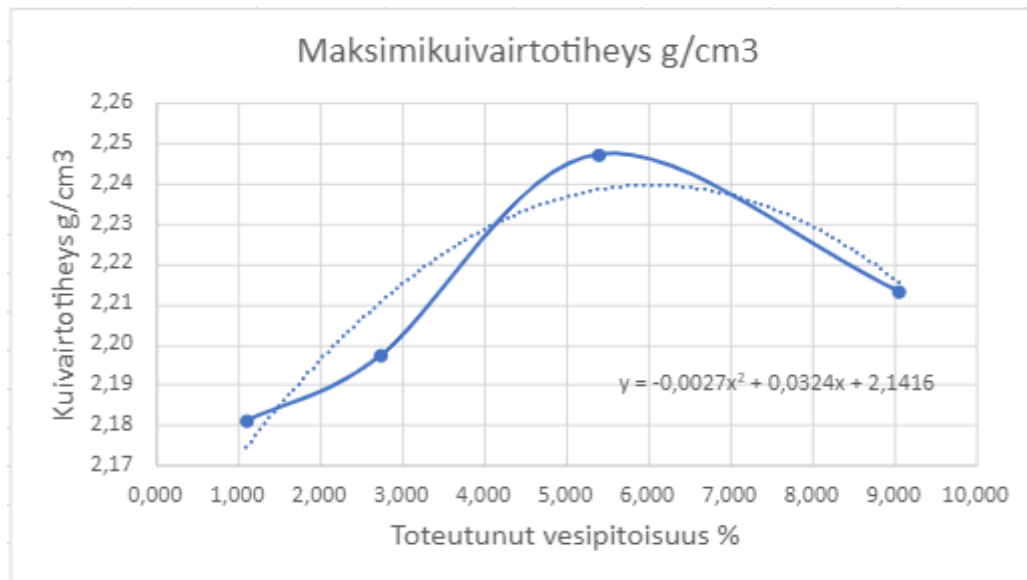
4.2.2 Tiivistettävyyys

Tiivistettävyydestä tehtiin Proctor-kokeella, jossa ideana on saada materiaalin maksimikuivairtoisuus tai maksimikuivatilavuuspaino selvitettyä. Proctor-koe suoritetaan näytteen raekoosta riippuen tietyn kokoisella muotilla. Testissä käytettiin sylinterimuottia (100 mm x 100 mm), joka soveltuu alle 16 mm:n kokoisille kiviaineksille.

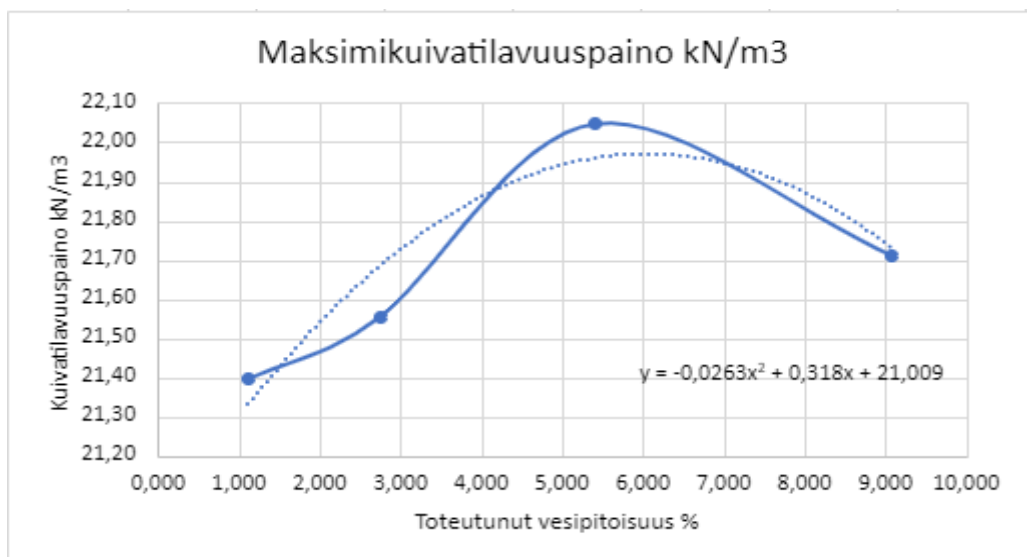
Kokeen tulokset kertovat näytteen tiivistettävyydestä. Ensimmäisen testin jälkeen näytteisiin lisättiin yhä enemmän vettä ja testi toistettiin uudelleen. Näin nähtiin,

miten vesi käyttäytyi verrattuna tiiveyteen. Tulokset paranevat tiettyyn kosteusprosenttiin asti, minkä jälkeen materiaali ei pystynyt enää pitämään siihen imeytettyä vesimäärää sisällään.

Kuvien 25 ja 26 käyrien huippukohdalta voidaan lukea joko maksimikuivairtoteiheys tai maksimikuivatilavuuspaino ja niitä vastaava optimivesipitoisuus.



KUVA 25. Proctor-kokeen tulos, jossa kuivairtoteiheys on 2,24 ja optimivesipitoisuus on noin 6 % (pistekatkoviivan huippukohta), asfalttimurske/SrM 0 -16



KUVA 26. Proctor-kokeen tulos, jossa kuivatilavuuspaino on 21,96 ja optimivesipitoisuus on noin 6 % (pistekatkoviivan huippukohta), asfalttimurske/SrM 0 -16

Kuvissa 25 ja 26 olevat pisteet osoittavat saatuja testituloksia. Asfalttimurskeen maksimikuivatilavuuspainoksi saatiin 21,96 ja sitä vastaavaksi optimivesipitoisuudeksi 6,05. Näitä arvoja voidaan käyttää hyväksi rakennettavan kulutuskerroksen tiivistystyön laadunvalvonnassa vertailuarvoina.

4.2.3 Puristuslujuus

Puristuslujuuskokeessa alle 16 mm:n kokoisten kivien koekappaleet tehtiin 100 mm:n halkaisijalla olevalla lieriöllä. Ensimmäiseksi aloitettiin laskemalla suhteutuskäyrästä saaduilla prosenttimäärillä kunkin materiaalin paino. Suhteutuksen jälkeen materiaalit yhdistettiin ja yhdisteeseen lisättiin optimaalinen vesimäärä, minkä jälkeen näyte sekoitettiin hyvin laadun takaamiseksi.

Kuvissa 27 – 28 on esitetty puristuslujuus testiin menevät koepala. Testissä käytettiin näytelieriötä, johon kuuluivat pohjapala, pohjalevy, kansilevy, puualusta ja tiivistyskone.



KUVA 27. Tiivistyskokeesta poistettu muotti ja näyte



KUVA 28. Puristuslujuustesti

Taulukossa 2 on esitetty molempien testattujen materiaalien paras testitulos puristustestissä.

TAULUKKO 2. Uusiomateriaalin puristustestin tulokset

	Lisätty vesi g	Tilavuus cm ³	Tiheys g/cm ³	Kuormitus N	Puristuslujuus kN/m ²
AsM 0-12 / Sr 0-16	94	782,26	2,50	5 981	762
AsM 0-16 / Sr 0-16	56,8	776,76	2,50	6 209	790

4.3 Asfalttimurske soratien kulutuskerroksena

Asfalttimursketta on käytetty joillakin yksityisteillä sekä kantavan kerroksen vahvistamiseen että varsinaisena kulutuskerroksena eli pintauksena. Asfalttimursketta voi käyttää sellaisenaan tai soramurskeeseen sekoitettuna. Tien kantavuuden ja kuivatuksen täytyy olla kunnossa, jotta asfalttimurskepinta pysyisi kunnossa ja reikiintymättömänä. Asfalttimurskekerrosta voidaan hoitaa soratien tapaan muotoilemalla ja tasaamalla, jos kerros on riittävän paksu esim. 100 mm. Yksittäisiä reikiä voidaan paikata asfalttimurskeella, soramurskeella tai valmiilla paikkausmassalla. (12, s. 42.)

4.3.1 Työmenetelmät

Asfalttimurskeen levitystyö voidaan tehdä samalla tavalla kuin normaalin murskekerroksen levitys esim. suoraan kuorma-auton lavalta tai levitintä käyttäen. Kerroksen muotoilu ja tasaisuus tapahtuvat normaaliin tapaan tiehöylällä. (13, s. 14.)

Tiivistäminen tapahtuu normaalilla jyräkalustolla, kun käytetään tavanomaista työmenetelmää kastelu-muotoilu-tiivistäminen. Pinnan tasaisuus ja kiinteys on vähintään yhtä tasainen kuin tavanomaisella karkealla murskeella. Materiaalilla on vaikutusta pinnan kiinteyteen. (13, s. 14.)

4.3.2 Asfalttimurskeesta tehdyn kulutuskerroksen vertailu perinteiseen kulutuskerrokseen

Uusiomateriaalia käytettäessä pystytään sorateiden kuntoisuusluokkaa parantamaan verrattuna perinteiseen kulutuskerrokseen. Kuntoisuusluokkia seurattaessa pystytään näkemään, miten nykyinen kulutuskerros muuttuu erittäin karkearakenteiseksi sepeliksi tienpinnalle. Tämä karkearakenteinen materiaali kulkeutuu pientareille ja ojan pohjiin, jossa se haittaa kuivatusjärjestelmän toimintaa. Tämä näyttäytyy varsinkin kevään aikana pientareiden murtumisena kuivatuksen puutteellisuuden takia.

Asfalttimurskepohjaisen uusiomateriaalin käyttö kulutuskerroksena vähentää karkearakeisen irtosepelin pääsyn ojiin. Uusiomateriaalissa oleva bitumi sitoo sorapintaisia materiaaleja yhteen, jolloin kevätkausina kuivatusjärjestelmä toimii eivätkä ojat tukkiudu. Asfalttimurske kulutuskerroksena sitoo itseensä hienoaineksia, mikä vähentää kesäaikoina sorateiden pölyämistä. Tämä voi vähentää nykyisiä kunnossapitotoimenpiteitä, varsinkin tieosilla, joissa käytetään paljon suolaliuoksia.

4.3.3 Koerakentaminen

Koerakenne olisi hyvä tehdä kiertotielle, jossa on myös paljon raskasta liikennettä. Tällöin itse kulutuskerrokselle tulisi mahdollisimman monipuolinen rasitus. Kohteelle kannattaisi tehdä kantavuusmittauksia joko levykuormituskokeella, Loadmanilla tai pudotuspainolaitteella.

Kun itse mittauksia aletaan vertailemaan, niin levykuormitusmittaus on tarkin mittaamenetelmä kantavuuteen sekä tiiveyteen. Mittausmenetelmistä levykuormitus on staattinen menetelmä ja pudotuspainolaite sekä loadaman ovat dynaamisia mittausmenetelmiä. Mittausmenetelmistä pudotuspainolaite on monipuolisin menetelmä. Pudotuspainolaite antaa pintakantavuuden lisäksi tietoa rakenteiden kunnosta ja pohjamaan laadusta. Tämän takia kantavuusmittaukset kannattaisi tehdä ensisijaisesti pudotuspainolaitteella.

Seuranta-ajan tulisi olla useita vuosia, jotta sille osuisi myös pahoja kelirikkovuosia. Yksittäisen vuoden perusteella ei voida tehdä kovin luotettavia johtopäätöksiä rakenteen toimivuudesta. Varsinaisen koerakenteen rinnalle tarvitaan aina myös perinteinen soratie vertailurakenteeksi. Vertailurakenteen ympäristöolosuhteiden tulee olla samanlaiset kuin varsinaisella koerakenteella. Esimerkiksi tien rinnakkainen kaista on hyvä paikka vertailukohteelle.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoite oli tutkia asfalttimurskeen soveltuvuutta sorateiden kulumuskerroksina. Laboratoriotutkimuksia varten hankittiin sora- ja asfalttimursketta. Niistä valmistettiin seos, joka rakeisuudeltaan täytti sorateiden kulumuskerrokselle asetetut vaatimukset. Tälle seosmateriaalille tehtiin laboratoriossa Proctor-koe ja puristuslujuuden määrittäminen. Tulokset kerättiin Excel-työkirjaan, josta tehtiin johtopäätöksiä.

Asfalttimursketta jysyttäessä materiaali on kierrätykseen sopivaa materiaalia, kunhan se lajitellaan ja varastoidaan oikein. Tällöin sitä voidaan 100-prosenttisesti uusiokäyttää. Lisäksi säästyy energiaa bitumin tislauksen ja kiviaineksien murskauksen vähentyessä.

Asfalttimurske itsessään on parempi vaihtoehto kulumuskerrokseksi kuin sora- ja asfalttimurske, sillä asfalttimurskeessa oleva bitumi sitoo sorateiden pintakerrosta. Asfalttimursketta käytettäessä tien hoitotyöt vähenevät ja irtosoraa leviää vähemmän ojien pohjille. Tämän myötä parannettaisiin sorateiden kuivatusta.

Sorateiden kulumuskerroksen ominaisuudet ja käytettävän asfalttimurskeen laatu vaihtelevat aina tapauskohtaisesti. Tämän takia mitään yleispätevää seosreseptiä ei voida antaa. Asfalttimurskeessa itsessään on huomattava määrä bitumia, jolloin sen liukoisuutta on syytä tutkia tarkemmin ympäristövaikutuksen selvittämiseksi. Todennäköisesti bitumi pienentää veden imeytymistä ja kasvattaa lujuutta. Asfalttimurskeen käyttökelpoisuuden varmistaminen sorateiden rakenteen parantamisessa vaatii vielä lisää laboratoriotutkimuksia ja ennen kaikkea koerakentamista.

LÄHTEET

1. Sorateiden kunnossapito. 1/2014. Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-01_sorateiden_kunnossapito_web.pdf. Hakupäivä 30.3.2020.
2. Naukkarinen, Elias 2019. Asfalttimurskeen uusiokäyttö rakennekerroksissa. Oulun Ammattikorkeakoulu. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/342113/Naukkarinen_Elias.pdf?sequence=2. Hakupäivä 29.11.2020.
3. Saari, Janne 2015. Sorateiden kunnossapito Satakunnassa vähenevin resurssein. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/95492/Saari_Janne.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 24.8.2020.
4. Soratiet. ELY-Keskus. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/-/var-soratiet-linkit-oikopolut> Hakupäivä 22.3.2020.
5. Teiden Kelirikko ja painorajoitukset. Väylävirasto. Saatavissa: <https://vayla.fi/tieverkko/kunnossapito/painorajoitukset>. Hakupäivä 11.8.2020.
6. Pintakelirikkoisen soratien kunnossapito. 1/2019. Väylä. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/opin_2019-01_pintakelirikkoisen_soratien_web.pdf. Hakupäivä 11.8.2020.
7. Sorateiden pintakunnon määrittäminen. 2008. Tiehallinto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2200055-v-08sorateiden_pintakunnon_maarittaminen.pdf. Hakupäivä 22.3.2020.

8. Kelirikkoteiden liikenteen rajoittaminen. 34/2018. Liikennevirasto. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/163797/lo_2018-34_kelirikkoteiden_liikenteen_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 30.3.2020.
9. Anttila, Aleksi 2019. Tien vauriotyypit ja korjausmenetelmät. Oulun Ammattikorkeakoulu. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/168991/Anttila_Alexi.pdf?sequence=2. Hakupäivä 29.11.2020
10. Massanvaihto. 1993. Tielaitos. Saatavissa: <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf2/massanvaihto.pdf>. Hakupäivä 20.9.2020.
11. Uusiomateriaaliopas. 2014. Luonnos 28.2.2014. Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lr_2014_uusiomateriaaliopas_luonnos_28.2.2014_web.pdf. Hakupäivä 30.3.2020.
12. Yksityinen kunnossapito. Kunnossapitotöiden suunnittelun ja toteuttamisen perusteet 2012. Suomen Tieyhdistys. Saatavissa: <https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1366/ytienkunnnpitoss.pdf>. Hakupäivä 31.8.2020.
13. Asfaltin uusiokäyttö tierakentamisessa. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 27/2005. Saatavissa: <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/4000464-vasfaltinuu-siokaytto.pdf>. Hakupäivä 20.9.2020.

