

Kalle Vikström

AJORATAMERKINTÖJEN KULUTUSKESTÄVYYS

AJORATAMERKINTÖJEN KULUTUSKESTÄVYYS

Kalle Vikström
Opinnäytetyö
Syksy 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, yhdyskuntatekniikka

Tekijä(t): Kalle Vikström
Opinnäytetyön nimi: Ajoratamerkintöjen kulutuskestävyys
Työn ohjaaja(t): Terttu Sipilä, OAMK.
Tilaaaja: Hot Mix Oy Finland
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2016 Sivumäärä: 35 + 2 liitettä

Tiemarkintöjä käytetään liikenteen ohjaamiseen päällystetyillä teillä. Merkintöihin käytetylle materiaalille on asetettu erilaisia vaatimuksia sen sijaintiin, ominaisuuksiin, vahvuuteen ja leveyteen liittyen. Spray-menetelmä on yleisin korjausmenetelmä suuriliikenteisillä tieverkoilla, sillä se on taloudellinen vaihtoehto korjattaessa kuluneita kestopäällystykkeitä.

Opinnäytetyössä arvioitiin tiemarkinnan reunaviivojen spray-menetelmän käyttöä ohuilla kalvovahvuuksilla. Lisäksi selvitettiin paikkausmenetelmän taloudellista vaikutusta verrattuna edellisen läpivetomenetelmän korjauskertakustannuksiin. Tavoitteena oli tuottaa aineistoa Etelä-Pohjanmaan tiealueiden ylläpitäjille, jotka voivat tulevaisuudessa hyödyntää saatua aineistoa tienmerkintäsuunnittelussa.

Tiemarkintäkaudella 2014 kuvattiin valtatie numero 19 varrella olevia valittuja tiemarkintäkohteita. Kohteet olivat päätieverkolla, jossa on leveä poikkileikkaus ja tiegeometria on melko suora. Kohteet ovat vilkkaasti liikennöityjä ja ne olivat tulossa päällystyskiertoon lähivuosina, joten merkintäkokeilut olivat mahdollista toteuttaa. Kohteet kuvattiin heti maalauksen jälkeen ja uudelleen vuoden kuluttua maalauksesta vuonna 2015. Kuvien perusteella voidaan todeta, että suurilla liikennemäärillä ohuimman käytetyn kalvovahvuuden kulutuskestävyys ei ollut riittävä. Liikennemäärän laskiessa ja kalvovahvuutta lisäämällä saavutettiin parempia tuloksia kulutuskestävyydessä. Aineisto kerättiin valokuvausmenetelmällä, jonka avulla saatiin opinnäytetyöhön vertailukelpoista aineistoa korjauskertakustannusten arviointiin.

Saatujen arviolaskelmien mukaan 1,5 millimetrin läpivetomenetelmästä siirryttäessä 1,0 millimetrin paikkausmenetelmään reunaviivamerkinnoissä voidaan päästä jopa 67 prosentin säästöön. Todettiin, että muuttamalla läpivetomenetelmä paikkausmenetelmäksi saavutetaan merkittäviä materiaali- ja kustannussäästöjä. Tuloksia voidaan hyödyntää tulevien tiemarkintäurakoiden määrärahojen kohdistamisessa.

Asiasanat: tiemarkinta, maalaus, kulutuskestävyys

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author(s): Kalle Vikström

Title of thesis: Abrasion Resistance of Road Markings

Supervisor(s): Terttu Sipilä, Oulu University of Applied Sciences.

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2016 Pages: 35 + 2
appendices

Keywords: Road marking, painting, abrasion resistance

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	
1 JOHDANTO	7
2 TIEMERKINTÄ	8
2.1 Pituussuuntainen merkintä ja mitoitus	9
2.2 Muut merkinnät	11
2.3 Tiemerkintämateriaalit	12
2.3.1 Maalimateriaalit	12
2.3.2 Massamateriaalit	13
2.3.3 Monikomponenttimateriaalit	14
2.3.4 Teipit ja premark -materiaalit	14
2.4 Yleiset laatuvaatimukset	14
2.4.1 Kuntoarvo	15
2.4.2 Paluuheijastavuus (R _L)	16
3 TIEMERKINTÄMENETELMÄT	21
3.1 Maalimenetelmä	21
3.2 Massamerkintämenetelmä	21
3.3 Käsityömenetelmät	22
3.4 Jyrsintämenetelmät	23
4 KULUTUSKESTÄVYYS	25
5 REUNAVIIVAKOKEILUT VALTATIELLÄ 19	26
6 KULUTUSKESTÄVYYDEN KEHITYSEHDOTUKSET	29
7 KORJAUSKERTAKUSTANNUKSET	30
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	33
LÄHTEET	
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Kuntoarvokuvat	

KÄSITTEET

ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
EPO ELY	Etelä-Pohjanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Exruder	Valutekniikalla toteutettu massamaalausmenetelmä
Kt	Kantatie
KVL	Vuoden keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä
Maali	Tässä työssä tarkoittaa yleistä käsitettä tienmerkinnästä materiaalista riippumatta
mcd/m ² /lx	Paluuheijastavuuden yksikkö on ja tunnus R _L . Kuljettajalle takaisin heijastava valonmäärä, niin sanottu pimeään ajan näkyvyys
Premark	Valmiiksi muotoiltuja massamerkintäsymboleita
Spray	Korkeapainetekniikalla toteutettu massamaalausmenetelmä
Vt	Valtatie

1 JOHDANTO

Suomen sääolosuhteet, kuten lumi, polanne, pakkanen, talvikunnossapito ja nastarenkaat, aiheuttavat erityisiä vaatimuksia tiemerkinnoille. Tiemerkinnoilta vaaditaan kovaa kulutuskestävyyttä ja näin ollen laatuvaatimukset ovat korkeat vaikuttaen merkittävästi tienpidon kustannuksiin Suomen ilmasto-olosuhteissa. Tämän opinnäytetyön aihe on syntynyt tarpeesta arvioida tiemerkinnojen kustannuksia Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella. Muilla ELY-keskuksen hallinnoimilla alueilla merkintöjen ylläpito toteutetaan kokonaishankintahintasopimuksin, eli niin sanotulla ylläpitosopimuksella. Etelä-Pohjanmaalla tiemerkinnojen ylläpito toteutetaan yksikköhintaisella sopimuksella vuosina 2014–2015.

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla Etelä-Pohjanmaan ELY:n yksikköhintaurakan tienmerkintöjen massavaatimusteiden ylläpitokustannusten ohjaamaan tuotannollisesti ja taloudellisesti kannattaviksi. Tienmerkintöjen ylläpito toteutetaan massavaatimusteilla 1,5 millimetrin ja 3 millimetrin vahvaisina ”läpivetomassauksina”, jolloin merkinnät maalataan huomioimatta niiden kuluneisuutta. Työn tavoitteena on tutkia ja arvioida paikkausmenetelmällä tehtävän kolmen erilaisen kalvovahvuuden, 0,8, 1,0 ja 1,2 millimetrin massamerkintöjen kulutuskestävyyttä. Korjausten korjauskerrat lasketaan teoreettisin hinnoin.

Opinnäytetyön aikana tutkitaan valtatie 19 varrella olevia valittuja tiemerkinntäkohteita, jotka ovat kuluneita ja kriittisiä tiegeometrian suhteen. Kohteet valokuvataan ja tämän jälkeen maalataan reunaviivasto spray-menetelmällä ja vuoden kuluttua vertaillaan samoja kohtia uudelleen. Kokonaisarvion jälkeen kohteesta tehdään korjauskertahinta-arvio. Edellä mainitun toimintamallin myötä saadaan tuloksia, joiden avulla voidaan ja tulevaisuudessa suunnitella, arvioida ja toteuttaa erilaisilla menetelmillä tehtäviä tiemerkinntätapoja yleisesti muuallakin tieverkostossa.

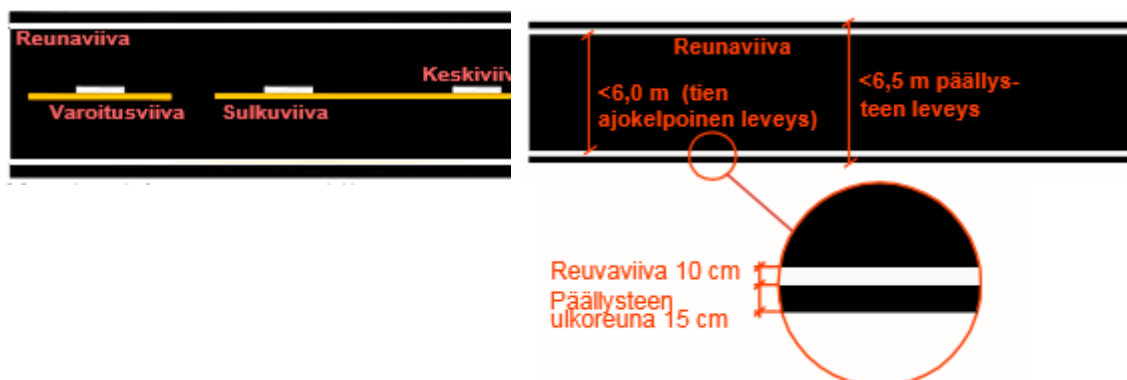
Työ tehdään Hot Mix Oy Finland tienmerkintäurakan yhteydessä vuosina 2014–2015 Etelä-Pohjanmaalla.

2 TIEMERKINTÄ

Tiemerkinnät ovat maalattuja tai muilla menetelmillä tienpintaan tehtyjä merkintöjä. Tiemerkintöjä käytetään tienoptiseen ohjaukseen yhdessä liikennemerkkein. Tiemerkinnät erotellaan pituussuuntaisiin merkintöihin ja muihin merkintöihin. Tiemerkintöjen tarkoituksena on osoittaa tienkäyttäjälle ajoradan ja ajokaistojen sijainti sekä erottaa tie muusta ympäristöstä. Tiemerkintöjen vaikutus liikenneturvallisuuteen ja sujuvuuteen on suuri, sillä tienkäyttäjät ohjataan yhdenmukaiseen liikennekäyttäytymiseen. (1, s. 6.)

Pituussuuntaiset merkinnät

Pituussuuntaiset merkinnät ovat keskiviiva, ajokaistaviiva, sulkuviiva, varoitusviiva, ajoradan reunaviiva ja reunaviivan jatke. Merkinnät on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Pituussuuntaiset merkinnät (2, s. 10)

Käytännössä kaikille asfalttipäällysteisille teille tehdään pituussuuntaisia merkintöjä. Pituussuuntaisilla merkinnöillä luodaan tienkäyttäjille yhtenäinen ja selkeä kuva väylästä. Pituussuuntaisia merkintöjä voidaan korostaa ääntä ja tärinää tuottavalla jyrksinnällä. Tieluokasta, liikennemäärästä (KVL) ja päällysteen leveydestä riippuen tiehen tulee joko kaikki merkinnät tai pelkät reunaviivamerkinnät (1, s. 7.) Taulukossa 1 on luokitteluohjeavot pituussuuntaisille merkinnöille.

TAULUKKO 1. Tiestön pituussuuntaisten merkintöjen luokittelu (1, s. 7)

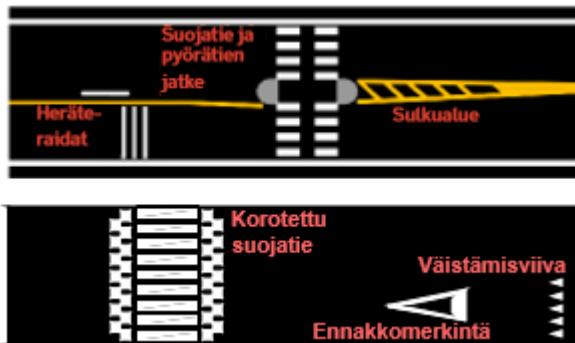
KVL	Päällysteleveys	Vallatiet	Kanta- ja seututiet	Muut tiet
≥ 500	kaikki leveydet	kaikki merkinnät	kaikki merkinnät	kaikki merkinnät
< 500	≥ 6,5 m	kaikki merkinnät	kaikki merkinnät	kaikki merkinnät
	6,0 - 6,4 m	kaikki merkinnät	kaikki merkinnät	reunamerkinnät
	< 6,0 m	kaikki merkinnät *)	reunamerkinnät	reunamerkinnät **)

*) Tapauskohtainen tarveharkinta; kaikki merkinnät tai reunamerkinnät.

**) Tapauskohtainen tarveharkinta; reunamerkinnät tai ei merkintää.

Muut merkinnät

Muut merkinnät ovat pienmerkintöjä, joiden tarkoitus on korostaa poikkeavaa kohtaa tieverkossa. Muita perinteisiä tieverkon pienmerkintöjä esitellään kuvassa 2. Muut merkinnät on luotu tehostamaan liikennemerkkien vaikutusta, esimerkiksi pyörätienjatke, suojatie, sulkualue, pysäytys- ja väistämiskiiva ja ajo-kaistan päättymisnuolet. Lisäksi on ennakoivia varoitusmerkkejä tienkäyttäjille, kuten heräteraidat, joita käytetään muun muassa taajamaan, työmaalle tai yllättävälle suojatielle tultaessa. (3.)



Ryhmittymisalueella käytetään linjaosuuksien merkintöjä ja lisäksi ajokaistanuolia.



KUVA 2. Pienmerkintöjen esimerkkejä (2, s. 10)

2.1 Pituussuuntainen merkintä ja mitoitus

Pituussuuntaisilla tiemerkinnoillä yleisimmin tarkoitetaan reuna- ja keskiviivaa. Suomen tiemerkinnessä käytetään kaksiväristä keskiviivaa. Valkoinen viiva on ohjaava ja sillä osoitetaan kaistojen sijainnit pääväylällä, kuten ryhmittymisalueet risteysalueellakin. Keltainen viiva on vastakkaisilla liikenneosuuksilla varoit-

tava väri ja sillä määrätään ohituspaikat sekä korostetaan vaaratilanteita. (2, s. 12–20.)

Merkintöjen mitoituksessa keskeisimmät määrittävät tekijät ovat tieluokitus, päällysteen leveys, KVL ja nopeusrajoitus. Keskiviivat tehdään kaikille asfaltti-päällysteisille teille $KVL > 500$, kun päällysteen leveys on yli 6,5 metriä. Kun $KVL < 500$ ja leveyden ollessa 6,4 metriä, keskilinjoja jätetään merkitsemättä tie-luokituksen mukaan. (2, s. 12–20.)

Reunaviiva on 10 senttimetriä leveää ja moottoriväylillä on 20 senttimetriä leveä viiva. Suomessa keskiviivojen suhteet ovat 1:3 ja ne ovat 10 senttimetriä levei-tä, eli nopeusrajoituksen ollessa $50 \text{ km/h} \geq$ viiva on metrin mittainen ja väli kol-me metriä. Muutoin keskilinjan viiva on kolme metriä ja väli on yhdeksän metriä. Ryhmittymisalueen viivat ovat 1:1, 20 senttimetriä leveitä ja pituudet ovat yhte-näiset keskilinjan pituuksien mukaisesti. Varoitusviiva on keltainen ja sen suh-teet ovat 3:1, viivan ollessa 10 senttimetriä leveä. Nopeusrajoituksen ollessa $> 50 \text{ km/h}$ viiva on yhdeksän metriä ja väli kolme metriä. (2, s. 12–20.)

Nykyisin taajamanopeuksissa voidaan jättää varoitusviivat merkitsemättä. Yhte-näinen keltainen sulkuviiva tulee ajosuuntaan nähden varoitusviivan jälkeen, mikä tarkoittaa ohituskieltoa. Ohituspaikat määräytyvät yhtenäisen näkemäär-von mukaan, jolloin sulkuviiva katkaistaan ja sallitaan ohitus. Sulkuviivoilla este-tään teoreettisesti nokkakolarit. (2, s. 12–20.) Kuvassa 3 näkyy keskilinjaston yhdistelmiä taajaman ulkopuolella.

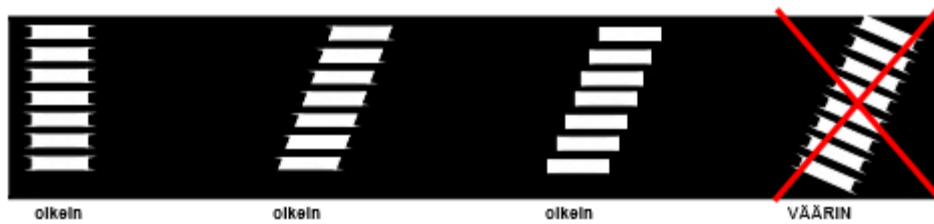


KUVA 3. Keskiviivayhdistelmät (2, s.22)

2.2 Muut merkinnät

Muut merkinnät ovat symbolisia pienmerkintöjä, kuten suojatiet, nuolet, numerot, jne. Yleisillä teillä symboleissa värit ovat valkoinen ja keltainen. Muita värejä käytetään ainoastaan yleisen tieverkon ulkopuolella, kuten parkki- ja pihalueilla sekä lentokentillä. (3.)

Suojatiet ovat 50 senttimetriä leveitä yhtenäisiä valkoisia viivamaisia merkintöjä, joiden väli on 50 senttimetriä. Ne ovat tarkoitettu jalankulkijoille ajoradan, pyörätien tai raitiotien ylitykseen. (2.) Kuvassa 4 on esitetty suojatiemerkitäytyilyt.



KUVA 4. Suojatien merkinnät liikenteen mukaisesti (2, s. 35)

Pyörätienjatke on toteutettu kahdella peräkkäisellä viivamaisella merkinnällä (2.) Kuvassa 5 on esitetty pyörätienjatkeen merkintätyylit.



KUVA 5. Pyörätienjatkeen merkintätapa on liikenteen suuntaisesti (2, s. 37)

Ajokaistanuolten tehtävä on korostaa risteysalueen ryhmittymistä tienkäyttäjille. Kuvassa 6 kuvataan, miten nuolet selkeyttävät risteysalutta ja korostavat poikkeavaa liikennejärjestelyä normaalista tieverkosta. (2.)



KUVA 6. Ajokaistanuolien merkitys ryhmittymisalueella (2, s. 40)

2.3 Tiemerkintämateriaalit

Tiemerkintämateriaaleja ovat maalit, massat, monikomponenttimateriaalit ja teipit.

Tiemerkintämateriaalien valmistajalla tulee olla sertifioitu laatu järjestelmä, joka noudattaa standardia SFS-EN 13212, tai sitä vastaavaa kansallista standardia ja standardien SFS-EN 1871, SFS-EN 12802 ja SFS-EN 13459 materiaalivalmistukseen soveltuvia osia. (4, s. 11.)

Jos valmistajalla ei ole sertifioitua laatu järjestelmää, tulee laadunvalvonnan perustua puolueettomassa tutkimuslaitoksessa valmistajan tai urakoitsijan tilauksesta ja kustannuksella tehtyihin tutkimuksiin. Tutkimusten tulee kattaa Liikenneviraston ohjeen Tiemerkintöjen laatuvaatimukset kohdan 4.1 tiedot. Näytteenotossa noudetaan standardia SFS-EN 13459. (4, s. 11.)

Maalit, massat ja helmet eivät saa sisältää kemikaalilainsäädännön määrittelemiä haitallisia aineita. Lisäksi materiaalien on täytettävä kemikaalilain ja -asetuksen sekä niiden perusteella annettujen päästösten määräykset. (4, s. 11.)

2.3.1 Maalimateriaalit

Maalit ovat edullisimpia materiaaleja kuin massat, mutta vähemmän kulutusta kestäviä merkintämateriaaleja. Maaleja käytetään vähemmän liikennöityjen, alemman luokan tieverkostojen merkinnöissä ja taajama-alueiden suoja tiemerkinnöissä, sekä usein pysäköintihallien betoni- ja asfalttipinnoilla. (3.)

Maali on nestemäinen seos, joka koostuu sideaineista, väripigmenteistä, täyttöaineista ja lisäaineista. Ne voivat olla liuotinpohjaisia maaleja, joita käytetään enemmän kaupunkien pienmerkinnöissä. Vesiliukoisia maaleja käytetään pääsääntöisesti yleisillä teillä, joilla Liikennevirasto on rajoittanut liuotinpohjaisten maalien käyttöä. Maalin teoreettinen kalvovahvuus on yleensä 0,35 millimetriä. Maalin työstöolosuhteessa on hyvin tärkeä huomioida merkintäalustan kosteus ja ilman suhteellinen kosteus. Maali on nestemäistä ja liiallinen ilmankosteus hidastaa maalin kuivumista ja kosteus voi aiheuttaa maalin leviämisen maalausalueen ulkopuolelle. Vesiohenteista maalia käytettäessä olosuhteiden merkitys korostuu, koska vesi on yksi maalin komponenteista, joka haihtuu ilmaan maalin kuivuessa. Liian kosteissa olosuhteissa maalin kuivuminen hidastuu merkittävästi ja lopputulos kärsii. (3.)

2.3.2 Massamateriaalit

Tiementämassalla tehdyt tiementännät ovat kestävämpiä ja kalliimpia kuin maalilla tehdyt tiementännät. Tiementännämassoja käytetään linja- ja käsimerkinnöissä sellaisissa kohteissa, joissa tiementännältä vaaditaan hyvää kulutuskestävyyttä, kuten vilkasliikenteisillä tieosuuksilla ja taajamissa. (3.)

Tiementännämassat ovat kuumennettavia ns. termoplastisia materiaaleja ja niiden käyttölämpötila on +200–225 °C, jolloin raaka-aine on parhaassa olomuodossa työstettäväksi. Tiementännämassan eri aineosien sulamislämpötila on +80–120 °C, leimahduspisteen olleessa noin +260 °C. (3.)

Tiementännämassa on jauhemainen hiekka/polymeeriseos, jonka runkoaineena toimii hiekka ja sideaineina toimivat öljyhartsit, polymeerit ja prosessiöljyt. Väriskaalaa vaihdellaan eri pigmenteillä ja paluuheijastavuus saadaan lasihelmistä. Pohjoismaiden olosuhteisiin vaaditaan elastisuutta, jota säädellään muovien ja kumien avulla. (3.)

Tiementännämassat voidaan jakaa kahteen tyyppiin niiden työstömenetelmän mukaan. Extruder eli valumassalla tehdään 2–4 millimetrin vahvuisia merkintöjä. Spraymassalla tehdään ohuempia merkintöjä, joiden vahvuus on 0,7–2 millimetriä. Spraymenetelmää varten tiementännämateriaalin valmistuksessa käy-

tään hienojakoisempaa runkoainetta, jolloin materiaalista saadaan notkeampaa ja päästään ohuempiin viivan kalvovahvuuksiin. (3.)

2.3.3 Monikomponenttimateriaalit

Monikomponenttimateriaalit ovat yleensä kahden komponentin yhdistelmiä, kuten maali ja kovete, jotka sekoitetaan juuri ennen merkintöjen tekemistä. Tällaisia ovat muun muassa epoksit, polesterit ja kylmämassat. Suomessa komponenttimerkintöjä käytetään harvemmin, mutta kohteina voivat olla esimerkiksi betonipintaiset parkkihallit. Tiestöllä ei käytetä komponenttimerkintöjä, koska ne ovat huomattavasti kalliimpia kuin massamerkinnyt. Kulutuskestävyydeltään komponenttimerkinnyt ovat parempia kuin massamerkinnyt. (3.)

2.3.4 Teipit ja premark -materiaalit

Teipit ja premarkit voidaan kuvailla valmiiksi muotoiluiksi massapohjaisiksi materiaaleiksi. Premarkit ovat kuumaliimattavia, tehtaalla esimuotoiltuja symboleja. Suomessa näitä käytetään esimerkiksi pienmerkinnöissä, kuten polkupyörän kuva pyörätiekaistalla. Teipit ovat Suomessa vähän käytettyjä materiaaleja. Niitä käytetään oikeastaan vain väliaikaismerkintöinä muun muassa syyskesällä valmistuviin uusiin päällysteisiin keskikohdan heijastemerkinnytänä. Uusille päällysteille, joille tulee keskiviivamerkinnyt ja joiden valmistumispäivämäärä on ensimmäinen syyskuuta jälkeen, tulee merkitä tilapäiset tiemerkinnyt heijastavalla teipillä (maksimimerkinnytäväli 10 metriä). (3.)

2.4 Yleiset laatuvaatimukset

Liikenneviraston asettamat laatuvaatimukset edellyttävät tiemerkinnytäurakoitsijan sekä palveluntuottajan mittaamaan, dokumentoimaan ja raportoimaan merkintöjen laadun tehtäessä töitä liikenneviraston omistamilla teillä. Tiemerkinnytäurakoissa ja palvelusopimuksissa laatuvaatimuksia on asetettu merkintöjen kuntoarvolle, paluuheijastavuudelle, merkintöjen mitoille ja sijainnille. Laatuvaatimuksia on myös seuraaville asioille: kitka-arvo, luminanssitekijä, värikoordinaatit, merkintämateriaalit, merkintämateriaalimenekki, merkintöjen tasalaatuisuus, merkintöjen mitat (leveys, pituus, jaksot, sijainti jne.) sekä sallitut merkintöjen korjausvavat. (4, s. 20–26.)

Merkintöjen laaduntarkkailussa paluuheijastavuus, luminanssi, väri ja kitka mitataan määrätyillä kokeilla ja laitteilla. Sen sijaan kuluneisuus, väri ja sijainti arvioidaan silmämääräisesti ja tulokset vaikuttavat merkinnän kuntoarvoon. (3.)

2.4.1 Kuntoarvo

Kuntoarvo arvioidaan silmämääräisesti. Merkinnästä arvioidaan kuluneisuus prosentteina. Arviointi perustuu uuden merkinnän pinta-alaan ja sitä verrataan jäljellä olevan pinta-alaan. Merkinnän kuntoarvoa vähentävät tekijät ovat kaventunut, katkonainen ja murentunut merkintä, sekä merkinnän ollessa ohut haromainen. (5, s. 7–9.)

Merkinnät arvioidaan liikkuvasta autosta kahden hengen ryhmissä selkeällä säällä. Kuntoarviointi linjamerkintöjen osalta tehdään jatkuvana mittauksena 20–30 metrin etäisyyteen ajoneuvon keulasta mitattuna. Yleensä kuntoarvion suorittaa urakoitsija ja tilaaja tai tilaajan edustaja. Jokainen linjaviiva mitataan erikseen kymmenen metrin jaksoina. Reuna- ja sulkuviiva arvioidaan 10 metrin jaksona, varoitusviiva on yksi jakso ja keskiviiva on kaksi jaksoa peräkkäin. Arvioinnin tavoitteena on kuntoluokka kolme, joka on urakka-asiakirjoissa määrätty raja-arvo. Kuntoarvoja on yhdestä viiteen, 1 huono ja 5 hyvä. Tienmerkinnän kuntoarvoluokituksen esimerkkikuvat kaikille kuntoarvoille löytyvät Liikenneviraston tiemerkintöjen kuntoluokitusohjeesta. (5.) Kuntoarvon alittavista arvoista muodostuvat kevään arvonalennukset sekä selviää urakoitsijan minimitarve linjaviivojen ylläpidolle.

Taulukossa 2 on esitetty Liikenneviraston vaatimat kuntoarvot syksyn ja kevään tiemerkinnöistä.

TAULUKKO 2. Tyypilliset vaaditut kuntoarvot (5. s. 19)

Kategoria	Taso talven jälkeen	Taso syksyllä
Massavaatimustiet / Pituussuuntaiset merkin- nät	Kuntoarvo 3 (jatkuva mittaus)	Kuntoarvo 4* (jatkuva mittaus)
Maalivaatimustiet / Pituussuuntaiset merkin- nät	-	Kuntoarvo 3 (jatkuva mittaus)
Pienmerkinnät ja suoja- tiet	-	Kuntoarvo 4

*Toiminnallisissa laatuvaatimuksissa voimassa ainoastaan viimeisenä sopimusvuotena.

2.4.2 Paluuheijastavuus (R_L)

Liikennevirasto on asettanut merkinnöille paluuheijastavuusarvoja ($mcd/m^2/lx$). Paluuheijastavuuden mittaustuloksien tavoitteena on varmistaa merkintöjen pimeän ajan näkyvyys. Toiminnallisissa urakkamalleissa viivojen paluuheijastavuus mitataan jatkuvana ja tuloksista määritetään merkintöjen kunto ja maalaustarve urakoitsijalle. Paluuheijastavuus toteutetaan lasihelmillä, jotka ovat materiaalin seassa ja joita mahdollisesti lisätään vielä tienmerkinnän päälle. Lasihelmien tulee olla uponneena materiaaliin 60 prosenttisesti, mikä tutkitusti antaa parhaan lopputuloksen paluuheijastavuudelle. (3.)

Paluuheijastavuudet ovat ohjearvoja, ellei urakkasopimuksissa ole toisin sovittu. Taulukossa 3 on kokonaishintaurakan ja taulukossa 4 on yksikköhintaisen sopimuksen paluuheijastavuuksien raja-arvovaatimukset. (4, s. 20.)

TAULUKKO 3. Tiemerkintöjen paluuheijastavuusvaatimukset kokonaishintaisessa sopimuksessa (4)

Kategoria	Paluuheijastavuus mcd/m²/lx
Massavaatimustiet / Pituussuuntaiset merkin- nät	100* (jatkuva mittaus)
Maalivaatimustiet / Pituussuuntaiset merkin- nät	80 (pistemittaus otanta- alueelta)
Pienmerkinnät ja suoja- tiet	Materiaalivaatimus (esim. 25 massa- % lasi- helmiä)

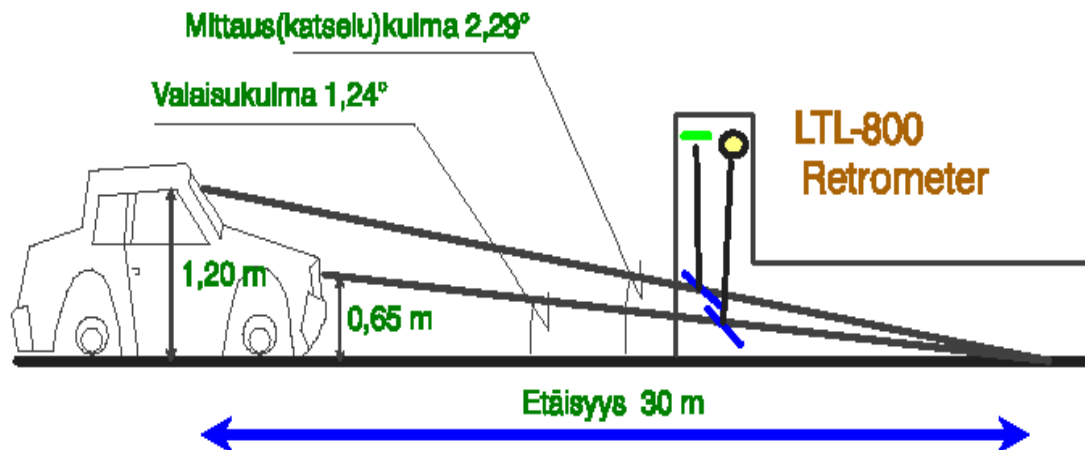
*) hankinta-asiakirjoissa voidaan soveltaa pienempää raja-arvoa, jos mittaukset on tehty ennen juhannusta.

TAULUKKO 4. Tiemerkintöjen paluuheijastavuusvaatimukset yksikköhintaisessa sopimuksessa (4)

Kategoria	Paluuheijastavuus mcd/m ² /lx
Massavaatimustiet / Pituussuuntaiset merkin- nät	150 (pistemittaus)
Maalivaatimustiet / Pituussuuntaiset merkin- nät	130 (pistemittaus)
Pienmerkinnät ja suoja- tiet	Materiaalivaatimus (esim. 25 massa- % lasi- helmiä)

Paluuheijastavuuden mittaaminen

Paluuheijastavuus mitataan pistemäisesti käsimittareilla esimerkiksi (LTL 2000) tai jatkuvana mittauksena autoon kiinnitettävällä mittarilla (LTL-M). Kuvassa 7 esitetään mittarin periaate. Mittarit mittaavat ajoneuvon valokeilan takaisinheijastavuuden kuljettajan näkökenttään 30 metrin etäisyydeltä. Mittari mittaa paluuheijastavuusarvon, joka tulee auton valokeilan ja valon takaisinheijastavuuskulman mukaan. (6.)



KUVA 7. LTL-mittareiden paluuheijastavuuden periaate (7)

Paluuheijastavuuden pistemittauksia mitataan myös käsitoimisella mittarilla. Käsimitarilla (kuva 8) mitataan yhden kilometrin välein paluuheijastavuusarvot tilaajan antamasta ensimmäisestä paalulukemasta alkaen. (3.)



KUVA 8. LTL 2000 käsimitari (7)

Nykyaikaisella autoon kiinnitettävällä paluuheijastavuuslaitteella (LTL-M) mitataan jatkuvaa paluuheijastavuutta ja kuntoarvoa turvallisesti normaaleissa liikennenopeuksissa. Laitteen kuvateknologian avulla voidaan kartoittaa paluuheijastavuuden lisäksi kuluneisuus. Laitteessa on GPS -järjestelmä, jonka ansiosta havaitaan mahdolliset kuntoarvopoikkeaman tarkat sijainnit. Saaduista tuloksista maalausurakoitsija laatii merkintäohjelman. (8.)



KUVA 9. LTL-M paluuheijastavuusmittari (8)

Nykyisin tiemerkitöjen palvelusopimuksissa massavaatimusteiden osalta vaaditaan jatkuvapaluuheijastavuusmittausta, joiden avulla määritetään laatuvaatimuksen alittavat osuudet ja niille voidaan laskea arvonvähennykset. Tieosat jaetaan sadan metrin osiin, alkaen aina uuden tieosan nollakohdasta. Näin ollen tieosan viimeinen väli voi olla alle sata metriä, jolle myös saadaan paluuheijastavuusarvo. Sadan metrin osille saadaan yksi keskimääräinen paluuheijastavuusarvo, joka on hyväksytty tai hylätty taulukon 3 mukaan. (3.)

3 TIEMERKINTÄMENETELMÄT

Tiemerkintöjä voidaan tehdä sekä massamerkintänä että maalimerkintänä. Merkintämenetelmän valinta riippuu käyttökohteesta tai kulutuskestävyydestä. Tiemerkintäalustan tulee olla puhdas, kuiva, pölytön ja lämpötila on oltava vähintään +5 °C riippumatta siitä, tehdäänkö työ massamenetelmällä vai maali- menetelmällä. Kosteus ja lika huonontavat tiemerkinnän tarttumista alustaan. Yleensä ELY-keskuksen ylläpitämillä teillä linjamerkinnoissa urakoitsijat käyttävät pääsääntöisesti kuorma-autoalustaista maalauskalustoa. Kaupunki- ja taa- jamaolosuhteissa käytetään pienempää kalustoa olosuhteiden ja työmäärien mukaan. Muut symbolimerkinnot tehdään pääsääntöisesti käsityönä massalla, maalilla tai valmiiksi muotoiltuja premark-symboleja käyttäen. Markkinoille uute- na tekniikkana on tulossa autoalustainen ratkaisu, joka tekee symboleja robotti- tekniikan avulla tiemerkintämassalla. (3.)

3.1 Maalimenetelmä

Maalia käytetään alemman luokan vähäliikenteisillä tieverkostoilla. Maalaus ta- pahtuu matalapaine 3–10 baarin tai korkeapaine 20–200 baarin kalustolla. Ma- talapainetekniikka tarvitsee lisähajotusilman maaliviuhkan aikaansaamiseksi, eli tarvitaan maalilinja ja paineilinjalinja. Korkeapainetekniikalla toteutetussa järjes- telmässä itsessään on riittävän suuri paine, jolloin maaliviuhka saadaan suutti- men päästä tehtyä yhden linjaston avulla. (9.)

Maali levitetään tiehen, minkä jälkeen maalipinnan päälle sirotellaan lasihelmiä vaatimusten mukaan. Lisäksi maalattaessa vaaditaan uusien viivojen päälle vaahtopalloja varoittamaan tienkäyttäjiä, koska maali on kosketusarka muuta- mia minuutteja sääolosuhteista riippuen. (9.)

3.2 Massamerkintämenetelmä

Massamenetelmiä käytetään vilkasliikenteisillä tieosuuksilla, joilla on suuri KVL. Massamerkintää käytetään yleisimmin uusille päällystepinnoille ja sitä voidaan käyttää paikkausmenetelmänäkin suurien liikennemäärien tieosuuksilla, esimer- kiksi moottoriteillä, valtateillä, teollisuusalueilla ja kaupunkialueilla. (3.)

Maalimenetelmään verrattuna massa on vaativampaa, sillä massa täytyy sulattaa ja pitää sulana aina sulatussäiliöstä massan levitykseen asti. Massa sulatetaan +200–240 °C:een ja sitä täytyy sekoittaa koko sulatuksen ajan säiliössä olevalla kiinteällä vispilällä. Massan lämpötilan seuraaminen on erittäin tärkeää, sillä ylikuumentuessa valumassa ei pysy vaaditussa olomuodossa työstön kannalta. Massan sulatus toteutetaan öljypoltinmenetelmällä, joka kuumentaa lämmitysöljyn riittävän kuumaksi. Kuuma öljy kiertää sulatusautoon ja maalausautoon rakennetuissa yksiköissä, joissa on sulaa massaa. Tämä vaatii koko kaluston tekniikalta ja rakenteilta erityistä tekniikkaa. Sulatuksesta ja työstömenetelmästä johtuen massa on hitaampaa levittää ja kalliimpaa työstää kuin maali. (9.)

Spraymerkkintäkalusto toimii matalapainetekniikalla. Spraymenetelmällä saadaan 0,7–3 millimetrin vahvuisia kalvoja. Viivat tehdään niin sanotuilla maalauspistooleilla ja viivan leveys säädetään pistoolin ja asfaltin etäisyyttä säätelemällä. Spraytekniikka on haasteellisempaa työstää, sillä hajotusilman määrä ja linjaston paine täytyy säädellä massan viskositeetin mukaan. Edellä mainittuja täytyy säädellä kalvovahvuuden ja ajonopeuden mukaan. Spraymenetelmän hyvänä puolena voidaan todeta, että materiaali saa hyvän tartunnan uudehkoilla päällysteillä. Spray tunkeutuu hyvin asfaltin huokoiseen pintaan kovan paineen ansiosta. (9.)

Extruder- eli valumenetelmällä saadaan kalvovahvuuksia 2–4 millimetriä. Massa levitetään maalauskelkan avulla ja viivan leveyden säätö tapahtuu pumpun paineella, ajonopeudella, kelkan etäisyydellä tiestä ja massakelkan luukkujen aukeaman välillä. Massakelkan luukut ovat 5 senttimetrin vahvuisia ja massakelkat ovat leveydeltään 20–50 senttimetriä leveitä. Valumenetelmässä massan viskositeetilla on suuri merkitys hyvän tartunnan aikaansaamiseksi, sillä notkea massa valuu asfaltin huokosiin paremmin. Massa ei kuitenkaan saa olla liian notkeaa, koska silloin voi syntyä viivaan reikiä tai viivasta ei tule säädösten mukaista. (9.)

3.3 Käsityömenetelmät

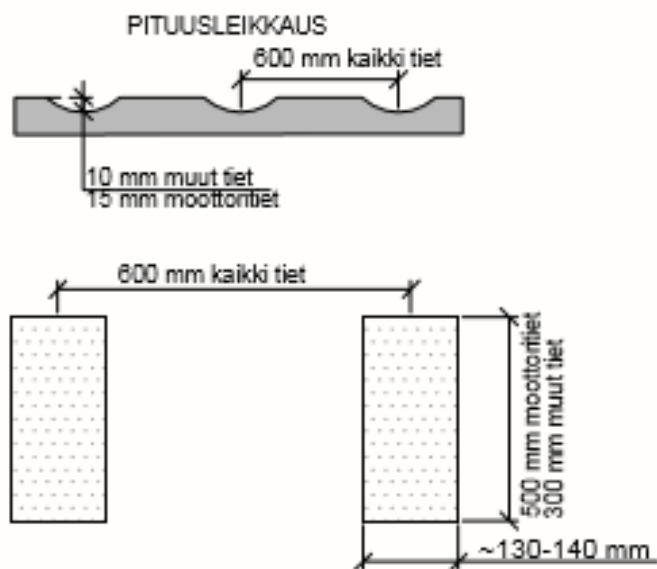
Pienmerkinnät tehdään merkintämassalla käsityönä, jolloin sula massa levitetään käsin työnnettävän ”massakauhan” avulla tien pintaan. Tulevaisuudessa

käsityömenetelmät on tavoitteena siirtää robottitekniikkaa hyödyntäviin laitteisiin, joita on jo koekäytössä Pohjoismaissa. Tällä menetelmällä saadaan lisättyä työturvallisuutta, sillä liikenteen seassa jalkaisin työskentely on erittäin vaarallista. (3.)

3.4 Jyrsintämenetelmät

Tiemerkintöjä voidaan tehdä vilkasliikenteisille tieosuuksille upotusmerkintänä, jolloin merkintöjen paksuudeksi saadaan 4–12 millimetriä. Tiemerkintäjyrsimellä tehdään niin sanottuja heräteraitamerkintöjä, eli pituussuuntaisia sylinteri- ja siniaaltojyrsintöjä sekä pienmerkintäjyrsintöjä. Sylinterijyrsintä on perinteistä tärinäkolaa, jota käytetään nykyään keski- ja reunaviivoilla taajamien ulkopuolella nopeusrajoituksen ollessa yli 60 kilometriä tunnissa. Sylinterijyrsinnän periaate on seuraavassa kuvassa 3. (2, liite 5.)

Sylinterijyrsintä

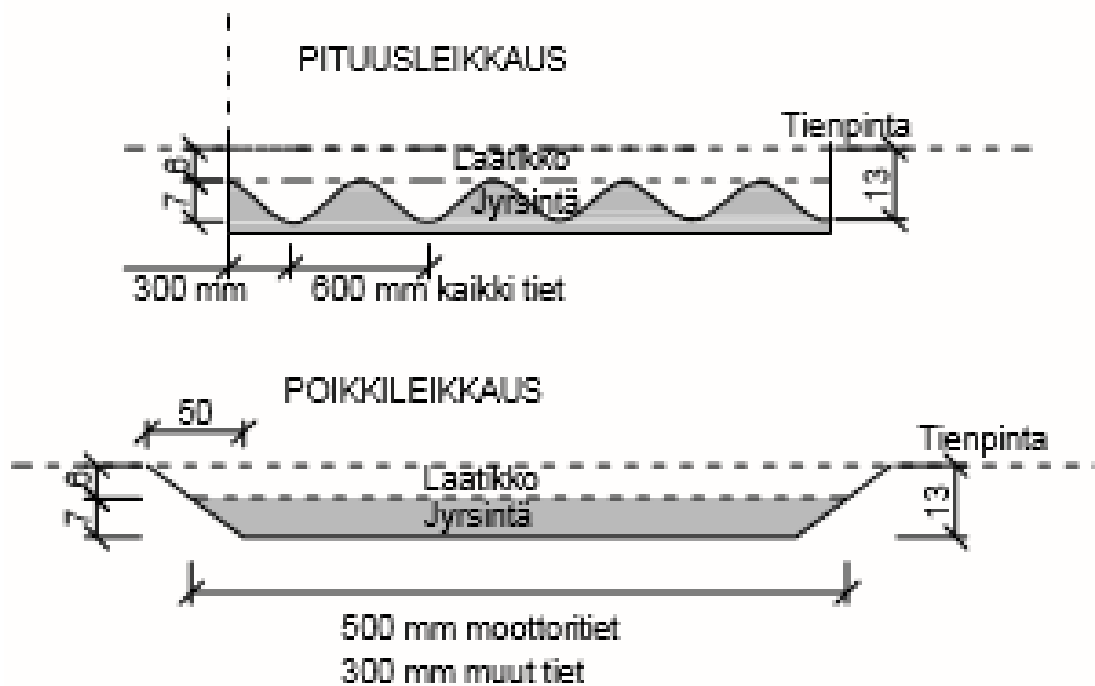


KUVA 3. Sylinterijyrsintämitoitus (2, liite 5)

Siniaaltojyrsintä on uudempi menetelmä, jota käytetään nykyään reunaviivoilla ja ohituskaistan tuplasulkuosuudella sekä rampeilla, joilla on vastakkainen liikenne. Siniaalto on nimensä mukaisesti siniaallon muotoista aaltoilevaa heräte-

raittaa. Tämä menetelmä on parempi sylinterijyrsintään verrattuna, koska sini-aallosta lähtee vähemmän melusaastetta siitä yliajettaessa ja se säästää tie-merkintöjä talvikunnossapidolta. Menetelmää voidaan käyttää lähempänä asutusta, sillä alemmilla nopeuksilla meluhaitat ovat vieläkin vähäisemmät. Tätä merkintää tehdään 300 ja 500 millimetriä leveänä riippuen siitä, onko kyseessä moottoritie vai muu tie. (1, 2, 3.) Sini-aallon periaate on kuvassa 4.

Siniaaltojyrsintä



KUVA 4. Sini-aallon mitoitus (2, liite 5)

Siniaaltojyrsintä ja sen pohjalle tehdyt linjamerkinnät muodostavat niin sanotun yhdistelmämerkinnän. Sini-aallon käyttö linjamerkinnöissä lisää liikenneturvallisuutta ja tiemerkkintöjen kulutuskestävyyttä, koska viivat ovat suojassa talvikunnossapidolta ja vähentävät merkintöjen päällä ajoa. Toinen tärkeä ominaisuus sini-aallolla on tärinäefekti, joka kertoo tienkäyttäjälle, että ajoneuvo on ajautunut joko liian oikealle tai vasemmalle ajosuunnassa. Tärinä auttaa tienkäyttäjää huomaamaan ajoissa, että ajoneuvo on ajautumassa pois tarkoitetulta ajolinjalta. (3.)

4 KULUTUSKESTÄVYYS

Tiemerkintöjen kulutuskestävyydellä tarkoitetaan sitä, kuinka kauan merkinnät kestävät talvikunnossapitoa, liikennemäärää, tiegeometrian muotoja ja vaihtelevia sääolosuhteita. Merkintöjen suoranaista ja selkeää kulutuskestävyyttä on hyvin vaikea määrittää, sillä niihin vaikuttavat monet tekijät. (3.)

Päällysteen kunto, puhtaus ja laatu vaikuttavat tiemerkintöjen kestoikään. Mitä vanhempi päällyste on, sitä enemmän siitä irtoaa hienoainesta ja bitumin laatu heikkenee. Heikkenemisen myötä päällyste alkaa rapautua, joka taas heikentää merkintöjen tartuntapintaa ja kestävyyttä. Tiemerkinnän ja alustan välinen puhkaus on suoraan verrannollinen merkintöjen pysyvyyteen. Vastaavasti uuteen asfalttiin tiemerkinnät kiinnittyvät paremmin kuin ”vanhaan” asfalttiin. (3.)

Tiemerkintöjen kulutuskestävyys heikkenee verrattain nopeasti tiestön urautumisen myötä. Talvikunnossapidon tavoite on pitää asfaltin pinta puhtaana lumesta ja polanteesta. Tiemerkinnät ovat pääsääntöisesti asfaltin pinnalla, joten talvikunnossapitokaluston alusterät raapivat merkintöjä. Tämä johtaa merkintöjen osittaiseen irtoamiseen ja raapimisuriin, jotka vähentävät tiemerkintöjen peitokykyä laskien kuntoarvoa. (3.)

Liikennemäärät vaikuttavat merkintöjen kestävyysasteeseen, kun ajoneuvot ylittävät tiemerkintöjä. Tiegeometrialla on suuri vaikutus tienkäyttäjien ajolinjoihin. Mitä mutkaisempi tie ja leveämpiä tienpientareet ovat, sitä enemmän ajoneuvot ajautuvat tiemerkintöjen päälle ja lisäävät tiemerkintöjen kulumista. Nastarenkailla varustetut ajoneuvot ovat merkittävässä osassa kulutuksen aiheuttajina. Suomen sääolosuhteet ovat vaativat, koska asfaltin lämpötila vaihtelee -40 °C:sta – +40 °C:een ja kesäisin asfaltin pinnan lämpö voi olla vieläkin korkeampi. Tiemerkintöjen tulee kestää lämpötilan aiheuttamia muodonmuutoksia, kuten kutistumaa ja laajentumaa. Lisäksi vesi, suola ja hiekka lisäävät tiemerkintöjen kulumista, joiden vaikutus on suorastaan syövyttävää liikenteen yhteydessä. (3.)

5 REUNAVIIVAKOKEILUT VALTATIELLÄ 19

Reunaviivakokeilut suoritettiin Vt19:llä välillä Seinäjoki - Uusikaarlepyy. Kokeilussa oli kolme erillistä reunaviivan maalauskohteita. Reunaviivan kalvovahvuus oli 0,8 millimetriä ja maalaustyö tehtiin paaluvälille 19/9/2000–13/0 poikkileikkauksen ollessa 10/7,5 ja KVL:n +10 000. (10.) Tällä osuudella oli ainoastaan reunalla asfalttiin painettua heräteraitaa. Ohuin kalvovahvuus maalattiin huonokuntoisimpaan tieosuuteen, joka oli seuraavan vuoden päällystysohjelmassa. Kohde oli haasteellinen eikä viivojen kestävyys kannalta hyvä, sillä päällyste hilseili eikä taannut riittävää tartuntapintaa.

Muut merkintäkokeilun kohteet olivat päällysteiden osalta kohtalaisessa kunnossa. Toinen kohde maalattiin 1,0 millimetrin kalvovahvuudella paaluvälillä 19/17/2100–21/0 poikkileikkauksen ollessa 10,5/7,5 ja KVL noin 6 000. Kolmas kokeilu tehtiin paaluvälille 19/21/0–22/8200 poikkileikkauksen ollessa 10,5/7,5 ja KVL oli noin 2 500. (10.) Kohteet ovat Pohjanmaa maatalousalueella, jossa on leveät poikkileikkaukset ja liikenteessä reunaviivoja ylittäviä maatalouskoneita paljon. Lisäksi alueelle on hyvin tyypillistä, että tiellä on liikenteen jättämää hienorakeista multaa ja savea.

Tavoitteena oli testata ohuita kalvovahvuuksia reunaviivoilla ja arvioida niiden kulutuskestävyyttä kriittisissä kohdissa. Opinnäytetyön kuvamateriaali on otettu lähinnä kaarrekohdista, liittymäkohdista ja muutamia kuvia suorilta tieosuuksilta. Valokuvat on otettu mahdollisimman kuluneista kohdista, jotta voidaan paremmin arvioida kulutuskestävyyttä. Arviointi tehtiin nimenomaan reunaviivoille, koska sieltä saadaan eniten säästöä materiaalimenekkiin. Aikaisemmin merkinnät tehtiin läpivetomenetelmällä ja opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla paikkausmenetelmää kokeilukohteissa. Yleisesti sadan kilometrin osuudella on reunaviivoja 20 000 m² ja maksimissaan keskiviivaa 2 500 m². Lisäksi sulkuviivaa on valtateillä maksimissaan 2 000 m².

Liitteessä 2 olevissa tilannekuvissa tarkastellaan eri kalvovahvuuksia valituissa tieositekohdissa.

Maalauskohteet olivat tienkäyttäjien kulutuksessa vuoden ajan, jotta KVL kuvaa mahdollisimman hyvin kulutuskestävyyttä ja voidaan arvioida merkintöjen vuosikestoa. Näin tuli huomioiduksi kesäinen maatalouskoneiden määrä, normaali runsas liikennemäärä sekä talvikunnossapidon että nastarenkaiden käytön vaikutus.

Liitteen 2 sivujen 2 ja 5 kuvista näkyy kuluneisuus hyvin selkeästi. KVL:n ollessa yli 10 000 ajoneuvoa, ohut 0,8 millimetrin kalvovahvuus ei kestänyt vuoden kulutusta kriittisissä kohdissa. Kuvat osoittavat myös, että alku- ja lopputilanne olivat hyvin samankaltaiset merkintöjen osalta. Päällyste oli huonokuntoinen, mikä vaikutti huomattavasti merkintöjen pysyvyyteen. Kuvien perusteella voidaan todeta, että vanhoilla huonokuntoisilla päällysteillä yli 10 000 KVL:n reunamerkinän kulutus oli noin 0,8 millimetriä per vuosi.

KVL ollessa noin 6 000 ajoneuvoa liikennöivään kohteeseen tehtiin 1,0 millimetrin merkintä. Kuvista voidaan todeta, että merkinnät pysyivät keskimäärin hyvin. Muutamat sisäkaarrekohdat olivat liikenteen runsaasti rasittamia ja niissä merkinnät eivät kestäneet vuoden kulutusta. Samalla voitiin havaita, että monien ulkokaarteiden kulutus oli huomattavan vähäisempää, jopa ei lainkaan kulutusta. Näissäkin kuvissa nähdään merkintöjen olevan huonossa kunnossa, kun päällysteiden laadut heikkenevät. Halkeamat ja painaumat rikkovat merkintöjä. Lisäksi merkintöjen kuntopoikkeamat aiheutuivat irronneista pienistä massapalasisista. Voidaan kyseenalaistaa, ovatko vanhat viivat olleet riittävän puhtaita ja näin ollen uudet merkinnät ovat voineet lähteä irti pinnassa olleen hienoaineslian johdosta. Liitteen 2 sivulla 8 oleva kohta on hyvä esimerkki, koska vanha reunaviiva oli täysin kulunut pois loivasta sisäkaarteesta. Tässä kaarteesta on ollut paljon reunaviivan ylityksiä. Merkintäviivaa tehtäessä asianomaisessa paikassa on ollut optimitilanne päällysteen laadussa, joten merkintä on pysynyt hyvin ja kulunut tasaisesti. Johtopäätöksenä todettiin, että KVL:n 6 000 kaarre-kulutuskestävyys voi olla jopa alle 0,5 millimetriä per vuosi.

Merkintäkohteessa kolme kalvovahvuus oli 1,2 millimetriä ja KVL:n alle 3 000 ajoneuvoa. Liitteen 2 kuvien perusteella merkinnät pysyivät hyvin. Suurta eroa merkintöjen kulumisessa liikennemäärillä KVL:n 2 500 ja 6 000 ei näkynyt. Nä-

mä kohteet olivat hyvin samankaltaiset, leveät ja kohtalaisen suorat tiegeometrialtaan. Näiden kuvien perusteella kulutukseksi arvioitiin alle 0,5 millimetriä per vuosi.

6 KULUTUSKESTÄVYYDEN KEHITYSEHDOTUKSET

Norjassa käytetään korkeapainepesumenetelmää ennen merkintöjen tekoa, jolloin varmistetaan lian poistuminen myös pienistä asfalttihuokosista ja saadaan puhtaampi sekä parempi tartuntapinta. Merkintöjen kestävyuden maksimoimiseksi korjausvaiheessa kannattaa tehdä merkintäalustan korkeapainepesipesu, kuten Norjassa tehdään. Norjassa työskennelleen maalarin mukaan siellä merkinnät ovat paremmassa kunnossa ja siellä ei ole niin paljon lohkeilevia merkintöjä kuin meillä Suomessa.(9.)

Uusien päällysteiden merkinnät tulisi tehdä yhdistelmämerkintänä kaikille tien poikkileikkauksille. Kulutuskestävyyttä lisäisi kapeampi siniaaltojyrsintämenetelmä liikenneväylille, joissa on kapeampi piennaralue. Nykyisillä määräyksillä kapeilla piennarosuuksilla ei käytetä siniaaltojyrsintää. Siniaaltojyrsintä lisää turvallisuutta ja vähentää tienkäyttäjien ajautumista ajoradan reunaan ja vähentää merkintöjen päällä ajoa. Lisäksi siniaaltojyrsintä estää talvikunnossapidon aiheuttamaa tiemerkintäviivan kulumista.

Paikkausmenetelmän käyttöönoton laajentaminen massamerkintäteille olisi kustannustehokkaampaa. Reunaviivamerkinnät kannattaa tehdä paikkausperiaatteella, koska merkinnät kuluvat yleensä kaarteista, risteysalueilta ja paikoin leveiden poikkileikkauksien tieosuuksilta, joissa ei ole siniaaltojyrsintää.

Tieverkoston korjausvelan määrärahoja tulee lisätä, jolloin parannetaan myös päällysteiden ja tiemerkintöjen yleiskuntoa. Päällysteiden paremmalla kunnolla parannetaan liikenneturvallisuutta ja tienmerkintöjen parempaa kulutuskestävyyttä, joka vaikuttaa myös vuosittaisiin tienmerkintöjen ylläpitokustannuksiin.

7 KORJAUSKERTAKUSTANNUKSET

Opinnäytetyössä laskettiin teoreettinen korjauskertakustannus reunaviivojen osalta Etelä-Pohjanmaan ELY:n Vt- ja Kt-verkosta, jonka keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä ylittää 1 000 ajoneuvoa. (10.)

Tiemerkintöjen korjausprosenttien kohdalla on käytetty prosentteina 20, 30, 40, 60 ja 80, koska korjausprosentit vaihtelevat yleisesti tiekohtaisesti.

Korjauskertakustannuslaskelmissa on käytetty teoreettisia hintoja, 4 €/m² (0,8 mm), 5 €/m² (1,0 mm), 6 €/m² (1,2 mm). Tieverkot on jaoteltu tieosittain KVL:n mukaan (KVL1 000–3 000, KVL 3 000–6 000, KVL 6 000–10 000 ja KVL yli 10 000). Edellä mainittujen tekijöiden mukaan on laskettu korjauskertakustannushinta-arviot. Kaavassa 1 on korjauskerran hinta.

$$X = TNK$$

KAAVA 1

X = korjauskerranhinta (€)

T = tieverkonreunaviivamäärä (m²)

N = neliöhinta (€/m²)

K = korjausprosentti (%)

Korjauskertakustannushinta-arviot päätieverkolle per korjauskerta eri kalvovahvuuksilla on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Korjauskustannukset päätieverkolle

KVL LUOKAT	YHTEENVETO VT JA KT TIEVERKOSTA	metriä
KVL 1000 - 3000		655855
KVL 3000 – 6000		496081
KVL 6000 - 10 000		418535
KVL yli 10 000		74697
		1645168

	KORJAUSKERTAKUSTANNUS € (0,8 mm spray)						4 €/m ²
Korjaus- %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %
KVL 1000 - 3000	104 937	157 405	209 874	262 342	314 810	367 279	419 747
KVL 3000 – 6000	79 373	119 059	158 746	198 432	238 119	277 805	317 492
KVL 6000 - 10 000	66 966	100 448	133 931	167 414	200 897	234 380	267 862
KVL yli 10 000	11 952	17 927	23 903	29 879	35 855	41 830	47 806
YHT.	263 227	394 840	526 454	658 067	789 681	921 294	1 052 908

	KORJAUSKERTAKUSTANNUS € (1,0 mm spray)						5 €/m ²
Korjaus- %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %
KVL 1000 - 3000	131 171	196 757	262 342	327 928	393 513	459 099	524 684
KVL 3000 – 6000	99 216	148 824	198 432	248 041	297 649	347 257	396 865
KVL 6000 - 10 000	83 707	125 561	167 414	209 268	251 121	292 975	334 828
KVL yli 10 000	14 939	22 409	29 879	37 349	44 818	52 288	59 758
YHT.	329 034	493 550	658 067	822 584	987 101	1 151 618	1 316 134

	KORJAUSKERTAKUSTANNUS € (1,2 mm spray)						6 €/m ²
Korjaus- %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %
KVL 1000 - 3000	157 405	314 810	419 747	524 684	629 621	734 558	839 494
KVL 3000 – 6000	119 059	238 119	317 492	396 865	476 238	555 611	634 984
KVL 6000 - 10 000	100 448	200 897	267 862	334 828	401 794	468 759	535 725
KVL yli 10 000	17 927	35 855	47 806	59 758	71 709	83 661	95 612
YHT.	394 840	789 681	1 052 908	1 316 134	1 579 361	1 842 588	2 105 815

	KORJAUSKERTAKUSTANNUS € (1,5 mm spray)						7,5 €/m ²
Korjaus- %	100 %						
KVL 1000 - 3000	983 783						
KVL 3000 – 6000	744 122						
KVL 6000 - 10 000	627 803						
KVL yli 10 000	112 046						
YHT.	2 467 752						

Korjauskertakustannushinta-arviossa on laskettu teoreettisen korjauskerran hyöty 1 millimetrin kalvovahvuudella toteutettua paikkausmenetelmää hyödyntäen. Taulukossa 5 on vertailtu 1 millimetrin paikkausmenetelmää 1,5 millimetrin läpivetomenetelmään ja esitetty teoreettinen säästö.

TAULUKKO 5. Paikkausmenetelmän hyöty

Vertailuna 50 % 1 mm spray ja 100 % 1,5 mm spray				
Korjaus- %	50 %	100 %	Säästö €	Säästö - %
KVL 1000 - 3000	327 928	983 783	655 855	67
KVL 3000 – 6000	248 041	744 122	496 081	67
KVL 6000 - 10 000	209 268	627 803	418 535	67
KVL yli 10 000	37 349	112 046	74 697	67
YHT.	822 584	2 467 752	1 645 168	67

Yleensä kymmenen vuoden aikana uudelle päällysteelle korjataan reunaviivasto kolme kertaa. Tehtäessä uuteen päällysteeseen 3 millimetrin massamerkinillä merkinnät kestävät lähes poikkeuksetta kolme vuotta. Sinijyrsintään tehdyt tiemerkinnet kestävät pidempään, jopa viisi vuotta. Jos reunaviivat korjataan viiden vuoden kuluttua päällystyksestä, korjausprosenttina käytetään 50 ja kalvovahvuutena 1 millimetriä. Mikäli tämä menetelmä toistetaan kahden vuoden välein, reunaviivat täytyy korjata kolme kertaa kymmenen vuoden elinkaaren aikana. Laskelmassa kustannussäästöä syntyi 67 prosenttia korjauskerralla, kun käytetään paikkausmenetelmää ja ohuempaa kalvovahvuutta yllämainituilla hinta-arvioilla ja korjausprosentteilla. Säästö syntyy, kun materiaalia käytetään vähemmän.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja arvioida paikkausmenetelmillä tehtyjen ohuiden reunaviivojen eri kalvovahvuuksien kulutuskestävyyttä tienmerkinnöissä. Tavoitteena oli myös selvittää paikkausmenetelmällä saatavaa säästöä reunaviivojen korjauskerralle eri kalvovahvuuksilla verrattuna aikaisemmin käytettyyn 1,5 millimetrin läpivetomenetelmään. Arviointi tehtiin nimenomaan reunaviivoille, koska sieltä saadaan eniten säästöä materiaalikuluihin. Aikaisemmin merkinnät tehtiin läpivetomenetelmällä ja opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla paikkausmenetelmää kokeilukohteissa.

Opinnäytetyössä tehtyjen laskelmien mukaan kustannussäästöä syntyi 67 prosenttia korjauskerralta, kun käytetään paikkausmenetelmää ja ohuempaa kalvovahvuutta verrattuna aikaisemmin käytettyyn läpivetomenetelmään.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tieverkostoa pitäisi parantaa päällysteiden osalta, koska vuosien saatossa on syntynyt runsaasti korjausvelkaa. Tehokkuutta voidaan lisätä ja hinta-laatusuhdetta voidaan parantaa pienentämällä kalvovahvuuksia ja muuttamalla työmenetelmiä. Suomalaisen tiekunnossapidon dilemma on määrärahojen rajallisuus ja niiden kohdentaminen. Tiemerkintöjen ylläpidossa voidaan parantaa merkintöjen pysyvyyttä käyttämällä esimerkiksi korkeapainepesumenetelmää.

Opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan todeta, että asetettuihin tavoitteisiin päästiin. Reunaviivaston osalta suositeltavaa on siirtyä läpivetomerkinnästä paikkausmenetelmään määrärahojen maksimaalisen optimoinnin saavuttamiseksi.

LÄHTEET

1. Liikenneviraston ohjeita 5/2015, Tiemerkintöjen teettäminen. 2015. Liikennevirasto. Saatavilla: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-05_tiemerkintojen_teettaminen_web.pdf. Hakupäivä 20.11.2015.
2. Liikenneviraston ohjeita 25/2015, Tiemerkintöjen suunnittelu. 2015. Liikennevirasto. Saatavilla: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-25_tiemerkintojen_suunnittelu_web.pdf. Hakupäivä 20.11.2015.
3. Ahola, Harri. 2015. Toimitusjohtaja, Hot Mix Oy Finland. Haastattelu 27.11.2015.
4. Liikenneviraston ohjeita 38/2015, Tiemerkintöjen laatuvaatimukset. 2015. Liikennevirasto. Saatavilla: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-38_tiemerkintojen_laatuvaatimukset_web.pdf. Hakupäivä 20.11.2015.
5. Liikenneviraston ohjeita 37/2015, Tiemerkintöjen kuntoluokitus. 2015. Liikennevirasto. Saatavilla: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-37_tiemerkintojen_kuntoluokitus_web.pdf. Hakupäivä 20.3.2016.
6. Zehntner. 2014. Night visibility. Saatavilla: <http://www.zehntner.com/products/categories/night-visibility>. Hakupäivä 30.3.2016.
7. Nousiainen, Jarmo. 2015. Toimitusjohtaja, Tiemerkintä A&E Oy. Puhelinhaastattelu ja sähköpostiviesti 23.12.2015.
8. Delta. 2016. LTL-M roadsensors. Saatavilla: <http://roadsensors.madebydelta.com/>. Hakupäivä 30.3.2016.
9. Väättäjä, Mikko. 2016. Tiemerkintäyöntekijä, Hot Mix Oy Finland. Haastattelu 12.4.2015

10. Kulmala, Timo. 2016. Projektipäällikkö, liikenne, Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus. Puhelinhaastattelu ja sähköpostiviesti 23.3.2016.

Tekijä Kalle Vikström _____

Tilaaja Hotmix Oy Finland _____

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot Harri Ahola,

harri.ahola@hotmix.fi,

Puh,040 8251370 _____

Työn nimi Tiemerkintä ja ylläpidon kulutuskestävyys _____

Työn kuvaus Työssä käydään yleisesti tienmerkintää ja ohjeistusta. Lisäksi tutkitaan ylläpidon kulutuskestävyyttä ohuilla kalvovahvuuksilla.

Työn tavoitteet

Tavoitteena on toteuttaa materiaalia Etelä-pohjanmaan ELY-keskukselle tiemerkintöjen ylläpito-ohjelman suunnitteluun. _____

Tavoiteaikataulu Työ olisi tarkoitus valmistua 2016 _____

Päiväys ja allekirjoitukset _____

Kuvien tekstit tarkoittavat seuraavaa:

Tieosoite on tierekisterin paikkatieto, tieosoite esim 19/22/2777. 19 on tienumero, 22 on tieosa ja 2777 on paaluluku, joka tarkoittaa etäisyyttä metreinä tieosan nollakohdasta.

V1,V2,V3: Vaihe. Eli V1 yksi on alkutilanne. V2 on maalauksen jälkeinen tilanne. V3 on tutkielman lopputilanne, vuoden päästä maalauksesta.

S1, S2: Suunta. Tieosoite kasvaa etelä-pohjoissuunnassa, sekä itä-länsisuunnassa. Tästä voidaan päätellä kummalla reunalla ollaan. 19 tie on etelä-pohjoissuuntainen tie, joten S1 on oikea reuna pohjoiseen katsottuna ja S2 on vasen reuna.

K1,K2,K3,K4,K5: Tien kuntoarvo. Kuntoarvot on määritelty Liikenneviraston ohjeistuksen mukaan.(37/2015 tiemerkintöjen kuntoluokitus)

Tieosoite 19/9/2055

V1S1, K2(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +0,8mm.13.9.-14)



V3S1, K2(kuva pv. 18.6.-15)



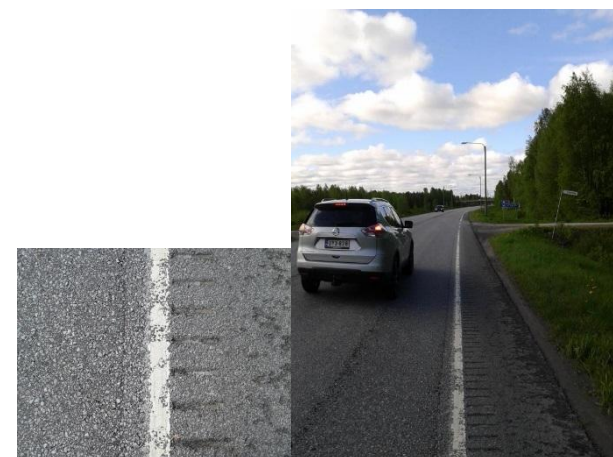
V1S2, K2(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +0,8mm.13.9.-14)



V3S2, K2(kuva pv. 18.6.-15)



Tieosoite 19/10/1700

V1S1, K3(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +0,8mm.13.9.-14)



V3S1, K2(kuva pv. 18.6.-15)



V1S2, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +0,8mm.13.9.-14)



V3S2, K1(kuva pv. 18.6.-15)



Tieosoite 19/11/1630

V1S1, K3(kuva pv. 3.9.-14)



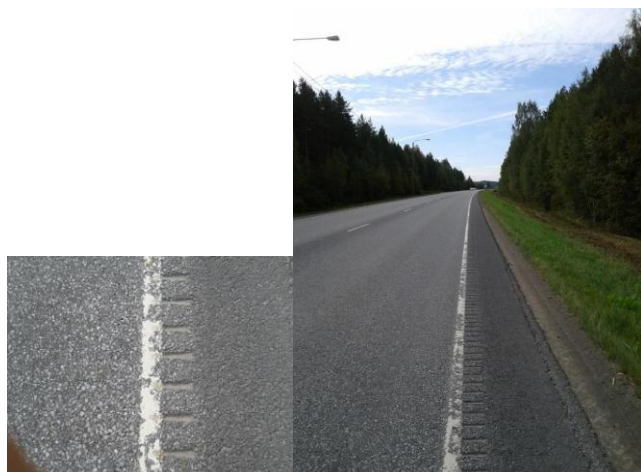
V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +0,8mm.13.9.-14)



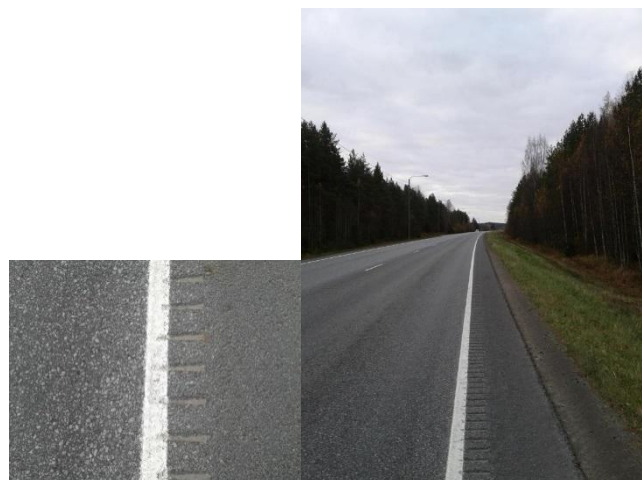
V3S1, K2(kuva pv. 18.6.-15)



V1S2, K2(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +0,8mm.13.9.-14)

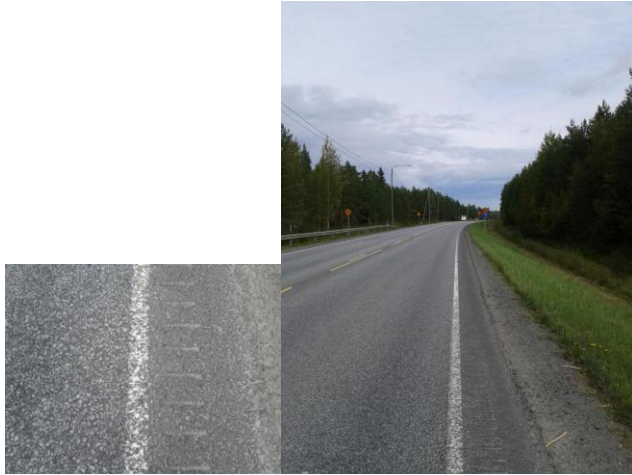


V3S2, K1(kuva pv. 18.6.-15)



Tieosoite 19/11/4430

V1S1, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +0,8mm.13.9.-14)



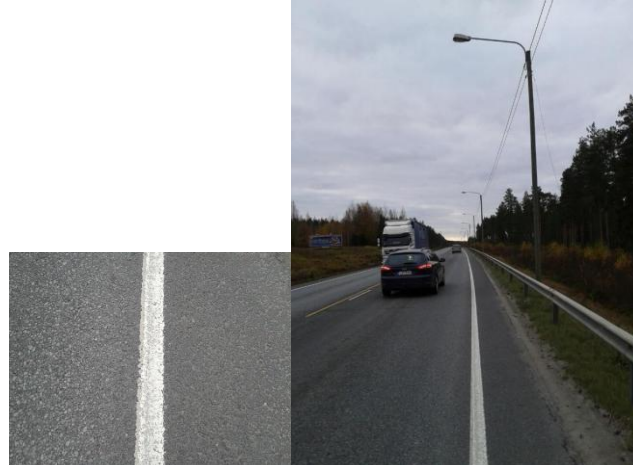
V3S1, K2(kuva pv. 18.6.-15)



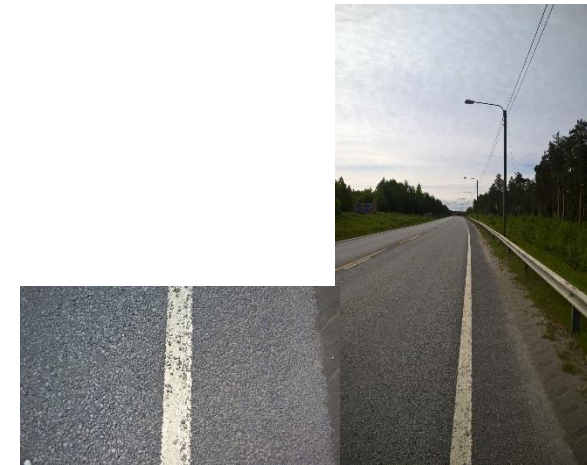
V1S2, K3(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +0,8mm.13.9.-14)



V3S2, K3(kuva pv. 18.6.-15)



Tieosoite 19/11/5980

V1S1, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +0,8mm.13.9.-14)



V3S1, K2(kuva pv. 18.6.-15)



V1S2, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +0,8mm.13.9.-14)



V3S2, K1(kuva pv. 18.6.-15)



Tieosoite 19/12/725

V1S1, K1(kuva pv. 3.9.-14)



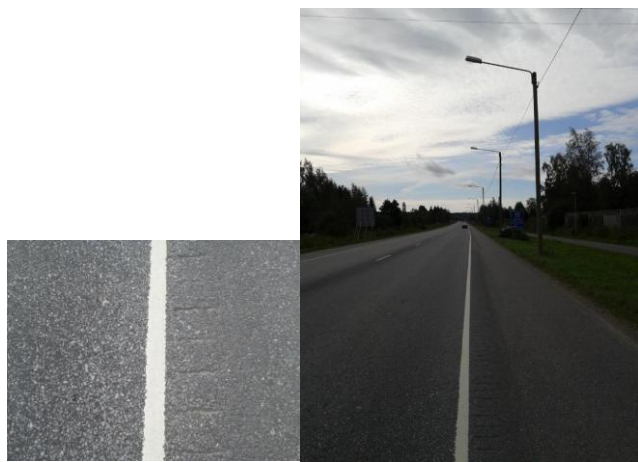
V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +0,8mm.13.9.-14)



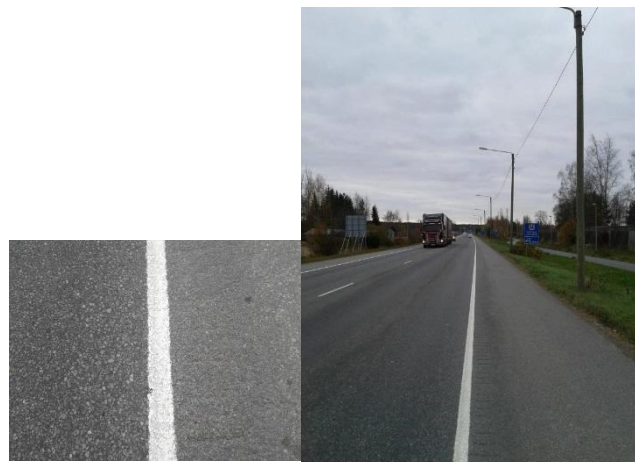
V3S1, K1(kuva pv. 18.6.-15)



V1S2, K4(kuva pv. 3.9.-14)



V3S1, K2(kuva pv. 17.10.-14), Ei maalattu



V3S2, K4(kuva pv. 18.6.-15)



Tieosoite 19/17/2900

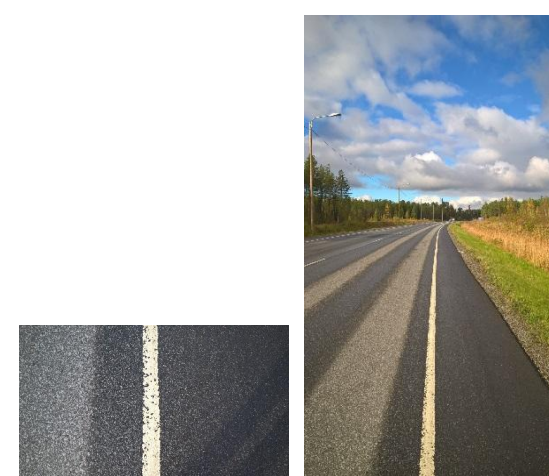
V1S1, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,0mm.13.9.-14)



V3S1, K3(kuva pv. 28.9-15)



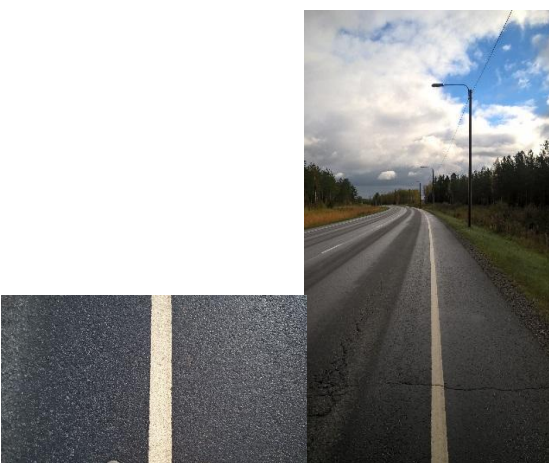
V1S2, K4(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14) ei maalattu

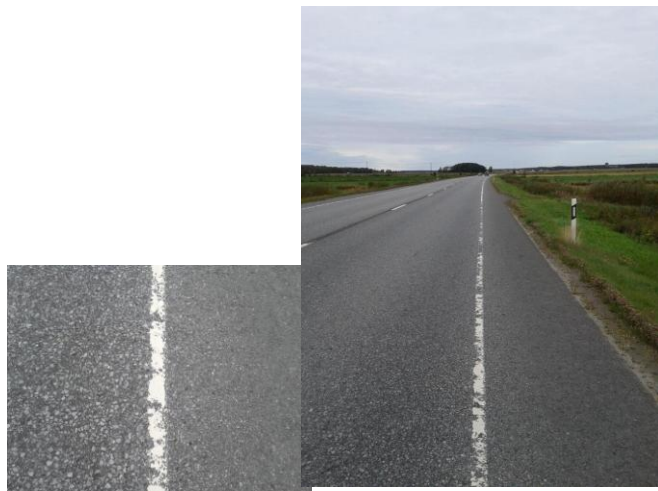


V3S2, K4(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/18/4735

V1S1, K2(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,0mm.13.9.-14)



V3S1, K3(kuva pv. 28.9-15)



V1S2, K2(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +1,0mm.13.9.-14)

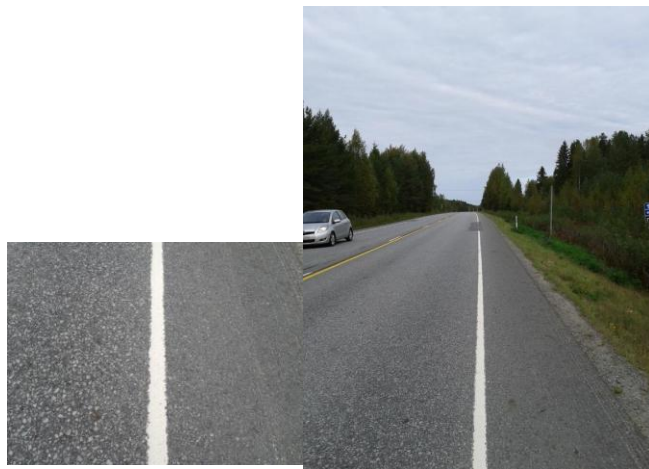


V3S2, K3(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/19/1300

V1S1, K3(kuva pv. 3.9.-14)



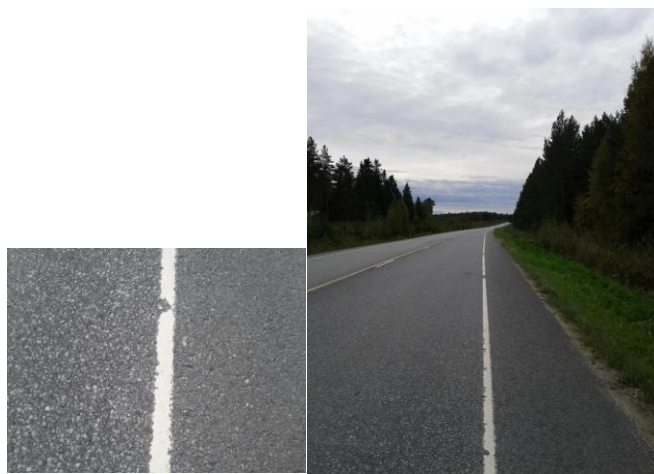
V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,0mm.13.9.-14)



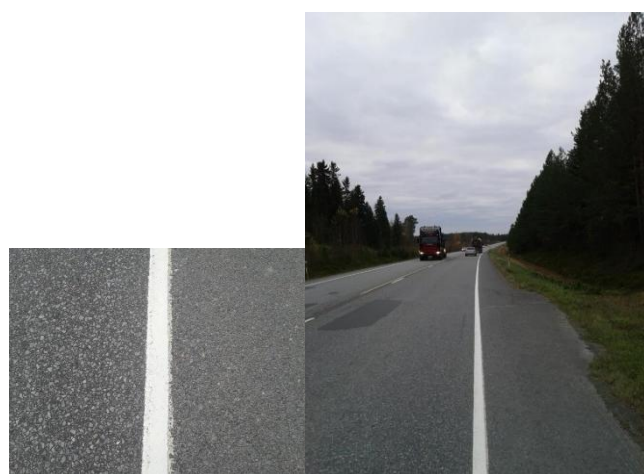
V3S1, K2(kuva pv. 28.9-15)



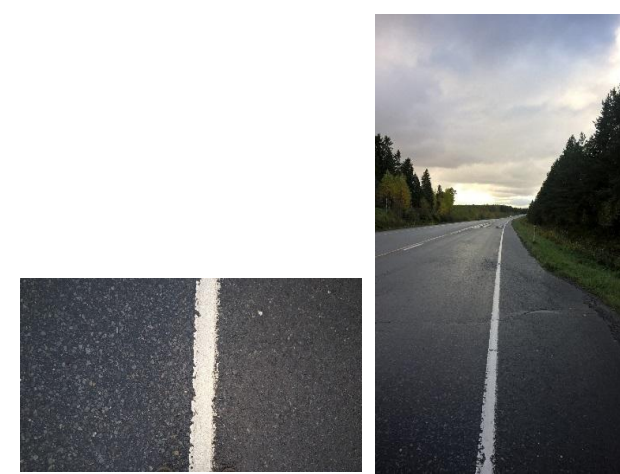
V1S2, K3(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +1,0mm.13.9.-14)



V3S2, K3(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/20/230

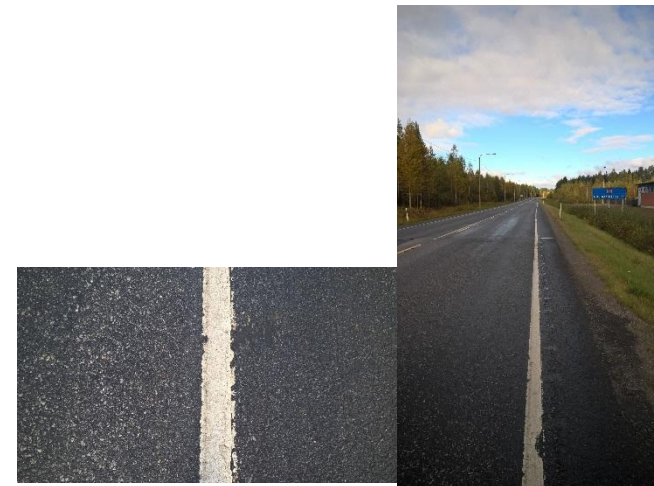
V1S1, K3(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,0mm.13.9.-14)



V3S1, K3(kuva pv. 28.9-15)



V1S2, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +1,0mm.13.9.-14)



V3S2, K1(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/20/2325

V1S1, K3(kuva pv. 3.9.-14)



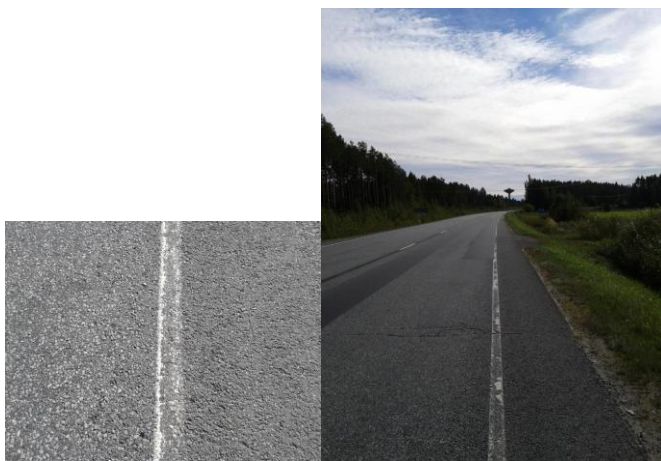
V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,0mm.13.9.-14)



V3S1, K3(kuva pv. 28.9-15)



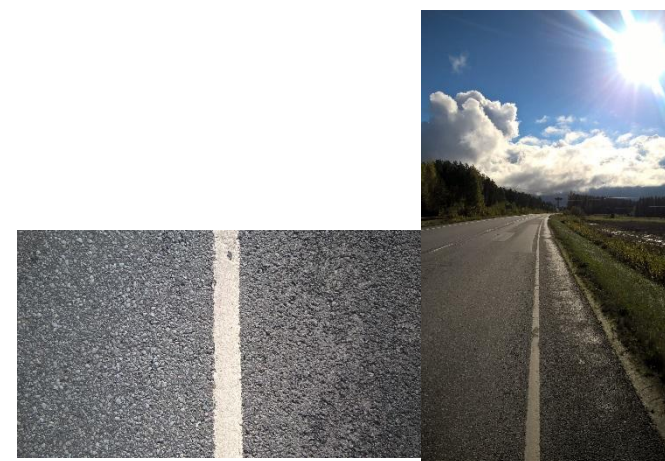
V1S2, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +1,0mm.13.9.-14)



V3S1, K4(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/21/1445

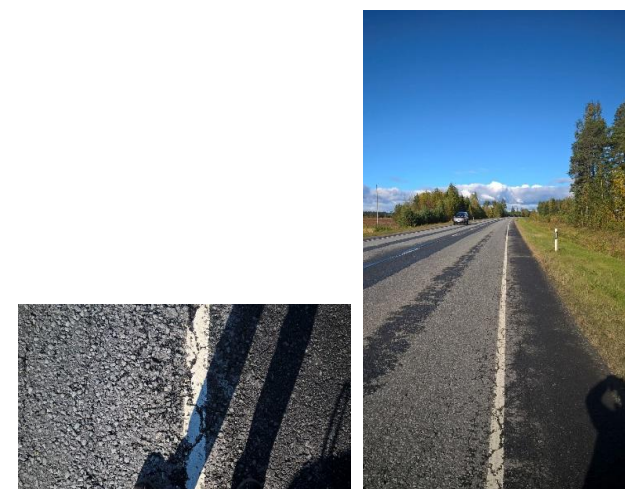
V1S1, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,2mm.13.9.-14)



V3S1, K3(kuva pv. 28.9-15)



V1S2, K3(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +1,2mm.13.9.-14)



V3S2, K4(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/21/5715

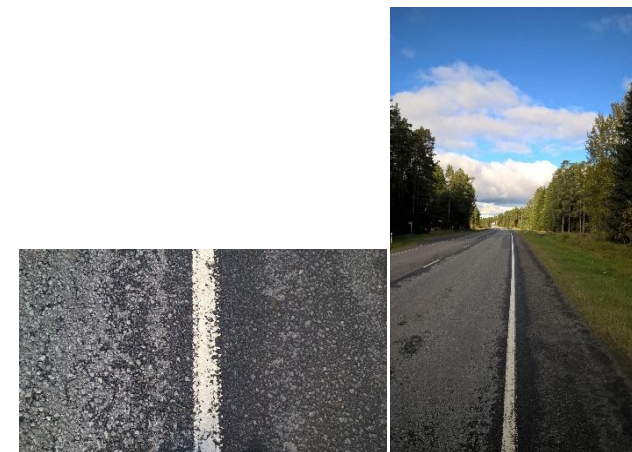
V1S1, K2(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,2mm.13.9.-14)



V3S1, K3(kuva pv. 28.9-15)



V1S2, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +1,2mm.13.9.-14)



V3S2, K3(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/22/4240

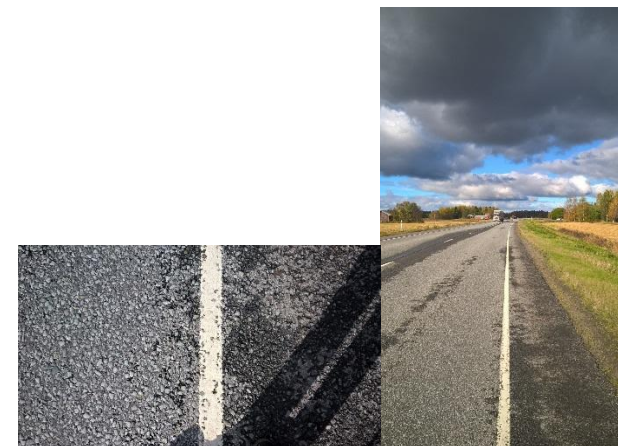
V1S1, K1(kuva pv. 3.9.-14)



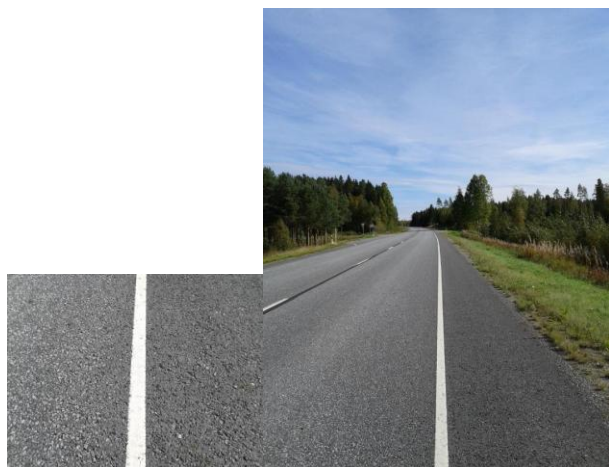
V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,2mm.13.9.-14)



V3S1, K3(kuva pv. 28.9-15)



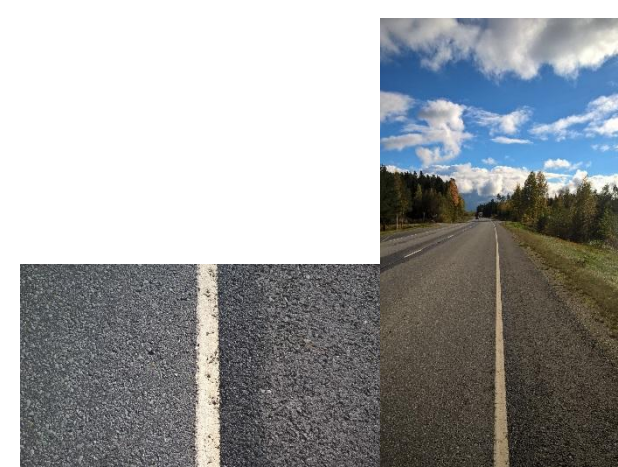
V1S2, K4(kuva pv. 3.9.-14)



V3S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), ei maalattu

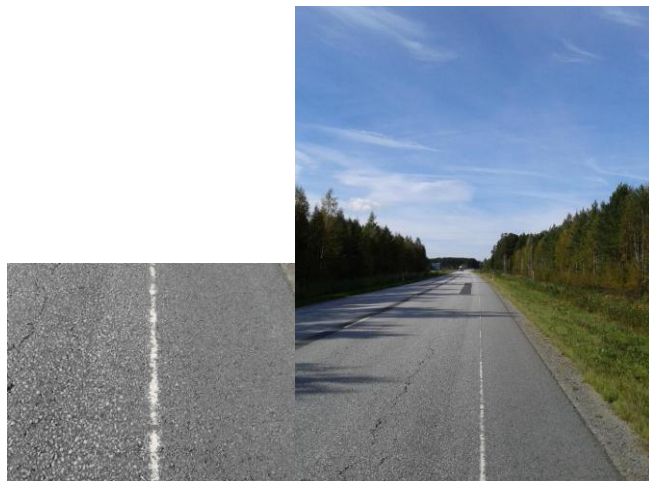


V3S2, K3(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/22/7670

V1S1, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,2mm.13.9.-14)



V3S1, K4(kuva pv. 28.9-15)



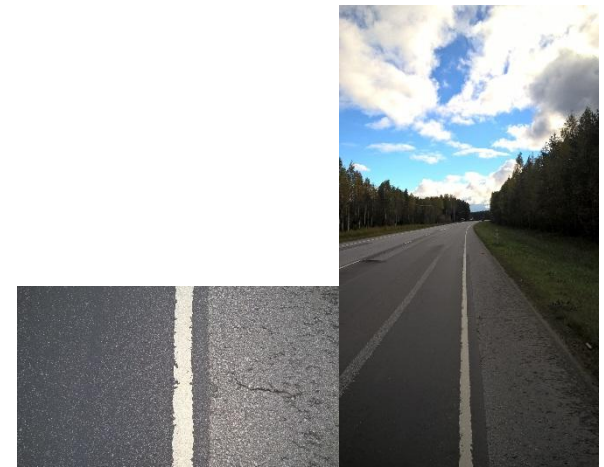
V1S2, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +1,2mm.13.9.-14)

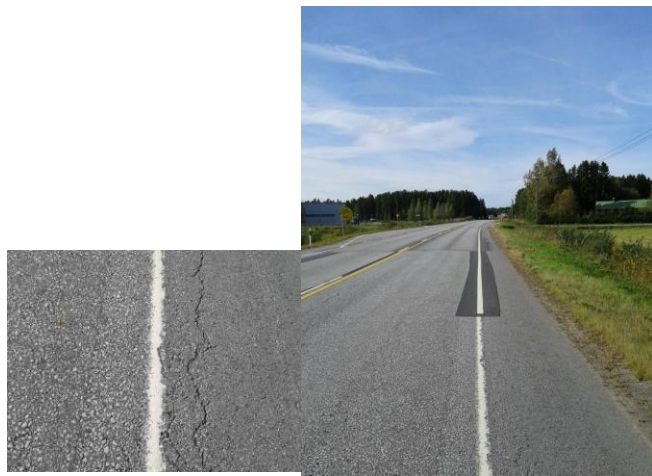


V3S2, K3(kuva pv. 28.9-15)



Tieosoite 19/22/8210

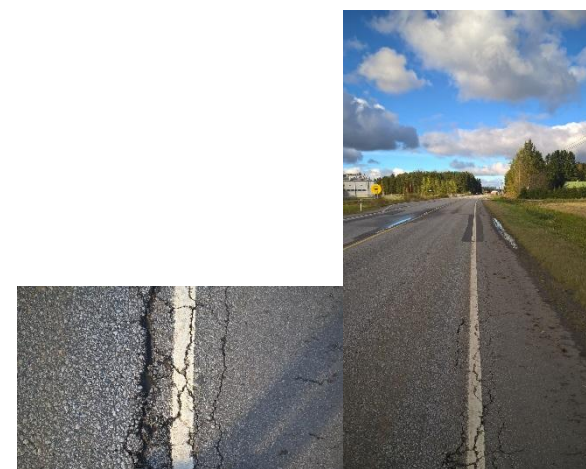
V1S1, K2(kuva pv. 3.9.-14)



V2S1, K4(kuva pv. 17.10.-14), (Spray +1,2mm.13.9.-14)



V3S1, K3(kuva pv. 28.9-15)



V1S2, K1(kuva pv. 3.9.-14)



V2S2, K4(kuva pv. 17.10.-14), (spray +1,2mm.13.9.-14)



V3S1, K4(kuva pv. 28.9-15)

