

**REAALIAIKAINEN RAPORTOINTI REMIX-PINTAUKSESSA
NCC INDUSTRY OY**

DIGIPILOTTIRAPORTTI

Liik
enne
vira
sto



Sisällys

1	JOHDANTO	3
2	HANKKEEN TAVOITTEET JA VAIKUTTAVUUS	4
3	AIKATAULU	4
4	LAITTEISTO.....	5
4.1	Lämpötila-anturit ja niiden sijoittelu	5
4.2	Peräpalkin leveyden ja kuljetun matkan mittaus.....	5
4.3	Jyrsinsyvyyden mittaus.....	9
4.4	Antureiden mittaustarkkuus	9
5	PILOTTIKOHDE JA MITTAUSTEN SUORITTAMINEN	10
6	TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI	11
7	YHTEENVETO JA JATKOKEHITYS	12

1 JOHDANTO

Remix-pintaus on Suomessa laajimmin käytetty tiepäällysteiden uusiopintausten menetelmä, jossa vanha päällystettyä käytetään uuden päällysteen raaka-aineena on-site periaatteella tapahtuvassa tuotantoprosessissa. Menetelmässä vanha päällyste lämmitetään työstettävään olomuotoon useimmiten nestekaasun avulla, jonka jälkeen vanha päällyste jyrsitään, sekoitetaan uuden asfalttimassan kanssa ja lopuksi levitetään uudeksi tiepäällysteeksi. Remix-pintausta tehdään pääasiassa päätieverkolle, joka urautuu nopeasti. Tien pinnan muoto ennen käsittelyä on useimmiten hyvä, mutta paikoin esiintyvät painumat tai sivukaltevuuspuutteet vaikeuttavat remix-menetelmän käyttöä. Työmenetelmän laadunhallinta on perinteisesti perustunut pistekohtaisiin mittauksiin tai jälkikäteen tehtäviin erillisiin laatututkimuksiin, joiden käyttökelpoisuus laadun ohjaamisessa on usein heikko.

NCC Industryn työmailla on jo pidemmän aikaa toivottu työmenetelmän parempaa kokonaisuhallintaa siten, että tarvittavat säätötoimenpiteet pystytään tekemään oikea-aikaisesti tuotannon aikana. Nykyisin käytössä olevat, työn jälkeen toteutettavat laadunosoitusmittaukset eivät tue tuotannonohjausta, vaan laadunhallinta perustuu nykyisin työryhmän henkilöstön kokemukseen ja pistemäisiin laatumittauksiin tuotannon aikana. Liikenneviraston käynnistämä Digitalisaatiohanke mahdollisti uudenlaisen mittaus- ja prosessinohjauslaitteiston kehittämisen ja sen koekäytön kesällä 2017.

Digihankkeessa toteutetun laitteiston avulla pyritään keräämään reaaliaikaista toteuma- ja laatu-tietoa mm. seuraavista työhön liittyvistä parametreista: työn aika- ja paikkatieto, päällysteen lämpötila prosessin eri vaiheissa, käsittelysyvyys sekä työn suoritelmäärät. Näiden tietojen avulla voidaan tuotantoprosessia säätää niin, että käytetään vain tarpeellinen määrä alustan kuumentamiseen tarvittavaa nestekaasua, ja voidaan työn aikana varmistua uuden päällysteen laadusta.

Lisäksi hankkeessa testataan työmaalta kerättävän mittausdatan raportointia mobiilisti pilvipalveluun, jossa se on urakoitsijan ja asiakkaan käytettävissä lähes reaaliaikaisesti.

Tässä raportissa esitellään NCC Industryn kesällä 2017 ELY-keskuksen Tienpäällystysurakassa toteuttaman päällystystyön digitalisaatiota edistävän kokeilun toteutus ja tulokset pilottikohteen perusteella.

2 HANKKEEN TAVOITTEET JA VAIKUTTAUVUUS

Hankkeella on kaksi keskeistä päätavoitetta:

1. Työn toteumatietojen mittaus remix-koneesta jatkuvatoimisesti
2. Toteuma- ja laatudokumentaation luonti ja sen raportointi asiakkaalle reaaliajassa mobiilia tiedonsiirtotekniikkaa käyttäen

Hankkeen avulla pyritään tehostamaan työryhmän työskentelyä korvaamalla yksittäisiä, pistekohtaisia tarkistusmittauksia jatkuvatoimisella mittauksella. Työryhmä pystyy seuraamaan työstä kerättävää mittausdataa reaaliaikaisesti remixer-koneessa olevasta näytöstä ja tekemään tarvittavia säätöjä työn aikana. Tämä parantaa myös menetelmän työturvallisuutta, kun ylimääräisten tarkistusmittausten määrä pystytään minimoimaan.

Laitteiston avulla pyritään optimoimaan nestekaasun käyttöä tien pinnan lämmityksessä ennen jyräintä siten, että käytetään vain tarpeellinen määrä kaasua. Ylimääräisen käyttöainekulutuksen karsiminen säästää kustannuksia ja vähentää työmenetelmän ympäristörasitusta.

3 AIKATAULU

Hanke toteutettiin osana Tienpäällystysurakkaa VAR PIR RC 2017, kohteella kt 43 Kiuainen-Panelia. Varsinaisen pilottihankkeen suoritusajankohta oli 12.9.2017. Tämän raportin tulokset ja analysointi on keskitetty pelkästään tämän kyseisen kohteen tuloksiin. Järjestelmää valmisteltiin ja koekäytettiin laajasti useilla eri kohteilla kauden 2017 aikana.

4 LAITTEISTO

Raportointijärjestelmä koostuu remix-koneen 4 lämpötila-anturista, 1 jyräntäsyvyysanturista, 1 levittimen perän leveysanturista, tietojen tallentamiseen ja lähettämiseen käytettävästä keskusyksiköstä sekä pilvipalvelimista tietojen säilytystä ja reaaliaikaista raportointia varten. Järjestelmä mittaa dataa jatkuvatoimisesti kaikilta antureilta. Tiedot tallennetaan keskusyksikköön minuutin keskiarvolla, josta ne lähetetään palvelimelle 15 minuutin välein. Palvelimelta tiedot haetaan reaaliaikaisesti internet-sivustolle, josta asiakas pystyy seuraamaan kohteen töiden etenemistä.

4.1 Lämpötila-anturit ja niiden sijoittelu

Lämpötilan mittauksen anturit on sijoitettu neljään eri kohtaan Remix-koneessa (kuva 1.). Lämpötilat mitataan kuumennetusta vanhasta päällystepinnasta (kuva 2.), sekoittimesta (kuva 4.), sekoittimesta tulleesta massasta (ns. väliperä, käyttö rem+-kohteissa) (kuva 3.) ja levitetystä massasta (kuva 5.). Antureiden sijoittaminen remix-koneeseen on haasteellista, johtuen sopivien kiinnityspisteiden vähäisyydestä ja ankarista olosuhdetekijöistä koneen alla. Antureiden sijainnit remix-koneen sivuttaissuunnassa ovat; levitetty massa koneen keskellä, väliperä n. 20 cm oikeasta reunasta, sekoittimen lämpötila sekoittimen keskellä ja lämpötila ennen jyräntää n. 1 metri vasemmasta reunasta. Oikea ja vasen reuna tarkoittavat tässä työskentelysuuntaan katsottuna. Eri antureista saatava data ei siis kuvaa tarkasti samaa mittauslinjaa, vaan edustaa kaistan eri osia poikkileikkauksessa.

4.2 Peräpalkin leveyden ja kuljetun matkan mittaus

Peräpalkin leveys mitataan vaijerianturilla. Anturit ovat kiinnitettynä perän säätörakenteisiin. Kuljetun matkan mittaus tapahtuu siten, että renkaan ns. pulssitieto muutetaan järjestelmässä pituustiedoksi.



Kuva 1. Anturien paikat



Kuva 2. Pohjan lämpötila ennen jyräystä



Kuva 3. Sekoittajasta tulleen massan lämpötila (ns. väliperä)



Kuva 4. Sekoittajan lämpötila



Kuva 5. Levitetyn massan lämpötila

4.3 Jyrsinsyvyyden mittaus

Jyrsinsyvyyden mittaukseen käytetään vaijerianturia. Anturi on asennettu jyrsinsyvyyttä säätelevän sylinterin yhteyteen. (kuva 6.). Jyrsintäsyvyyden anturi kalibroidaan työn aloituksen yhteydessä siten, että jyrsinpiikit asetetaan vanhan tien kovaa pintaa vasten ja tämän jälkeen anturin mittaustulos asetetaan 0 mm:iin.



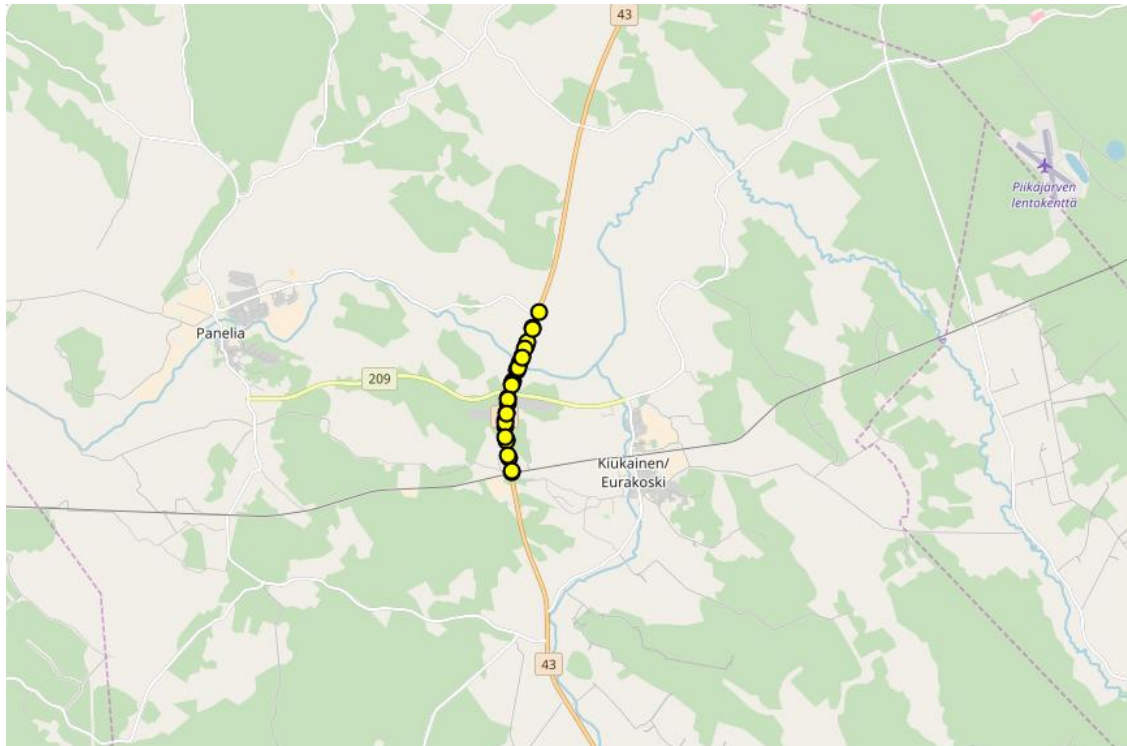
Kuva 6. Jyrsinsyvyyden anturi

4.4 Antureiden mittaustarkkuus

Valmistajan ilmoittama mittaustarkkuus lämpötilan mittaukseen käytettäville infrapuna-antureille on ± 1 °C- astetta. Jyrsintäsyvyyden ja perän leveyden mittaukseen käytettävällä vaijerianturilla mittaustarkkuus on ± 1 mm. Kuljetun matkan mittauksen tarkkuus on noin 1 metri/työvuoro.

5 PILOTTIKOHDE JA MITTAUSTEN SUORITTAMINEN

Hankkeen pilottitestausta suoritettiin kantatiellä 43 välillä Kiukainen-Panelia. (kuva 7.) n. 2,2 km matkalla 12.9.2017. Korjattava päällyste oli AB16, ja tien pinnan muoto oli kunnossa, joten kohde sopi remix-menetelmälle hyvin.



Kuva 7. Kohde kartalla

Säätila testauksen aikana oli hyvä; poutaa ja lämpötila n. +15°C. Ennen testauksen aloitusta satoi runsaasti vettä muutaman tunnin ajan.

Testauksen alussa huomattiin kahden lämpötila-anturin rikkoutuneen, eikä niitä pystytty korjaamaan testauksen edellyttämässä aikataulussa. Kohteelta saatiin siis kerättyä lämpötiladataa vain kuumennetun pohjan ja remix-koneen sekoittimen osalta. Muilta osin mittaukset onnistuivat.

Järjestelmän ilmoittamia lämpötilamittauksia varmistettiin käsikäyttöisellä infrapunamittarilla useasti pilotoinnin aikana. Perän leveys varmistettiin aina mittanauhalla ennen levityksen alkua, ja kuljettu matka tarkistettiin auton tarkkuustripillä. Myös jyrksintäsyvyyden mittaukset varmistettiin erillisillä varmistusmittauksilla työn aikana.

6 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

Kohteen tiedot kerättiin talteen ja ne ovat tilaajan käytettävissä myös jälkikäteen. Dataa syntyi 2,2 km:n kohteesta noin 1100 riviä, josta esimerkkituloste on kuvassa 8.

<input type="checkbox"/>	Tunniste	Kohde	Aika	Ennen jyrshintää pohjan lämpötila	Sekoittajan lämpötila	Sekoittajasta tulleen massan lämpötila / käyttö rem+	Levitetyn massan lämpötila	Levitysnopeus	Peränleveys	Pituustuotto	Neliötuotto	Jyrshintä
<input type="checkbox"/>	1953617	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 17:00:40	111,689811706543	94,5891189575195	400	400	6,11828374862671	4,40707588195801	1294,18615722656	6125,03955078125	37,6880493164063
<input type="checkbox"/>	1953618	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 16:59:40	98,5387725830078	88,7442092895508	400	400	5,82135772705078	4,40642499923706	1288,68811035156	6100,81201171875	42,1368408203125
<input type="checkbox"/>	1953619	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 16:58:40	95,5439834594727	79,5717620849609	400	400	6,10187292098999	4,38638734817505	1282,09045410156	6071,81103515625	41,739013671875
<input type="checkbox"/>	1953620	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 16:57:40	101,446762084961	90,0318298339844	400	400	6,12908315658569	4,36193704605103	1276,59240722656	6047,767578125	43,5835571289063
<input type="checkbox"/>	1953621	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 16:56:40	99,1464157104492	94,2129592895508	400	400	6,05427646636963	4,35694599151611	1269,99475097656	6019,017578125	46,657958984375
<input type="checkbox"/>	1953622	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 16:55:40	98,8859939575195	108,000579833984	400	400	5,97206926345825	4,40541219711304	1264,49670410156	5994,9189453125	46,657958984375
<input type="checkbox"/>	1953623	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 16:54:40	101,215278625488	108,101852416992	400	400	6,00085926055908	4,41944551467896	1257,89904785156	5965,80712890625	37,3263549804688
<input type="checkbox"/>	1953624	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 16:53:40	100,028938293457	113,252311706543	400	400	5,93019771575928	4,40707588195801	1252,40100097656	5941,5361328125	37,2540283203125
<input type="checkbox"/>	1953625	326, KIUKAINEN-PANELIA	12.9.2017 16:52:40	108,564811706543	113,020835876465	400	400	5,96289300918579	4,37944221496582	1246,90295410156	5917,41064453125	37,1455688476563

Kuva 8. Pilottikohteesta kerättyä dataa.

Kuvan 8 taulukossa on esitetty järjestelmästä saatavat mittaustulokset:

- Kohteen tunniste
- Kohde: työkohteen nimi urakassa
- Aika: päivämäärä ja kellonaika
- Ennen jyrshintää pohjan lämpötila (celsiusastetta)
- Sekoittimen lämpötila (celsiusastetta)
- Sekoittimesta tulleen massan lämpötila / käyttö rem+ (celsiusastetta)
- Levitetyn massan lämpötila (celsiusastetta)
- Levitysnopeus (metriä/sekunnissa)
- Peränleveys (metriä)
- Pituustuotto eli kuljettu matka (metriä)
- Neliötuotto eli kuljettu matka * perän leveys (neliömetriä)
- Jyrshintäsyvyys (millimetriä)

Mittaustulosten desimaaleja ei ole vielä tässä vaiheessa pyöristetty järkevään muotoon, vaan ne ovat kuvassa 8 ns. raakamuodossa, jotka tulevat suoraan automaatiojärjestelmästä. Arvot pyöristetään seuraavassa ohjelmistoversiossa seuraavasti: lämpötila-arvot yhden asteen tarkkuus, levitysnopeus yhden desimaalin tarkkuus, perän leveys yhden desimaalin tarkkuus, pituustuotto metrin tarkkuus, neliötuotto yhden neliömetrin tarkkuus ja jyrksintäsyvyys millimetrin tarkkuus.

Lämpötilamittausten arvot kuumennetun pohjan päältä sekä remix-koneen sekoittimesta mitattuna olivat keskimäärin hyvin yhteneväiset. Kuumennetun pohjan päältä mitatun lämpötilan keskihajonta oli sekoittimesta mitatun lämpötilan keskihajontaa suurempi, mitä osaltaan selittää kuumennetun päällystekerroksen pintaosan vaihteleva kosteuspitoisuus sekä päällysteen pintaominaisuuksien vaihtelut. Jyrksintäsyvyyden tulokset olivat tasalaatuisia, ja niiden keskihajonta oli pieni. Tämä kuvastaa sitä, että korjattavan tien pinnanmuoto oli hyvä, eikä kohteella esiintynyt suuria sivukaltevuuden muutoskohtia tai painumia.

7 YHTEENVETO JA JATKOKEHITYS

Hankkeessa saavutettiin hyvin sille asetetut päätavoitteet eli tietojen kerääminen työkooneesta jatkuvatoimisesti sekä näiden tietojen reaaliaikainen raportointi asiakkaalle. Pilotikohteen kaikki mittaukset eivät kuitenkaan onnistuneet täysin suunnitellusti, johtuen kahden mittausanturin rikkoutumisesta pilotoinnin alkaessa. Järjestelmän toimintavarmuuden kannalta on jatkossa tärkeää käyttää mahdollisimman hyvälaatuisia ja lämpöä kestäviä antureita, ja sijoittaa ne mahdollisimman suojaisiin paikkoihin remix-koneessa. Toisaalta, antureiden sijoittelussa tulisi huomioida myös niiden sujuva huolto- ja vaihtomahdollisuus työmaa-olosuhteissa. Osana järjestelmän luotettavaa käyttöä tulee työmaalle varata riittävä määrä keskeisiä varaosia, jotta datan keräyksen jatkuvuus pystytään turvaamaan. Toimintavarmuutta voidaan edistää anturien säännöllisellä huollolla osana kaluston viikoittaista huolto-ohjelmaa, sekä mahdollisesti lisäämällä järjestelmään hälytys-ominaisuus laiterikkojen havaitsemista varten.

Jyrsintäsyvyyden mittauslaitteiston kalibrointi on tärkeä suorittaa jokaisen työvuoron aloituksen yhteydessä, jotta järjestelmän mittaustulokset ovat luotettavia. Laitteiston kalibrointiin tarvitaan kalibrointipöytäkirja ja työohjeet, jotta työryhmä pystyy käyttämään laitteistoa luotettavasti.

Yksi suurimmista järjestelmän hyödyistä oli, että päällystyskohteesta saatiin jatkuvaan mittaukseen perustuvaa dataa, mikä mahdollisti prosessin säädön reaaliajassa ja tuotti kattavan laatudokumentin kohteesta. Lämpötilamittauksilla voitiin varmistua sekoitetun asfalttimassan riittävästä lämpötilasta tuotantoprosessin aikana, mikä osaltaan varmisti uuden päällysteen laatua. Lämpötila- ja jyrsintäsyvyysmittauksia voidaan myös jatkossa hyödyntää päällysteen elinkaaren aikana arvioitaessa mahdollisten vaurioiden syntymekanismeja. Jyrsintäsyvyyden jatkuvalla mittauksella voidaan myös hallita massamenekkeitä entistä paremmin, ja osoittaa lopputuotteen vaatimuksenmukaisuus asiakkaalle. Laitteiston ja käyttöliittymän avulla saatiin myös automaattisesti raportoitua remixer-käsittelyn laajuus m², mikä vähensi erillisenä toimenpiteenä tehtävää työmäärämittausta. Tämä tehosti osaltaan urakoitsijan tuotantoprosessia, sekä paransi työturvallisuutta.

Pilottihankkeen kokemusten perusteella voidaan suositella järjestelmän ottamista laajempaan testikäyttöön uusiopinta-urakoissa. Olisi hyödyllistä selvittää laajempia tulosaikaneistoja hyödyntäen, miten järjestelmän antamat tiedot kuvastavat lopputuotteen laatua erilaisilla työkohteilla ja päällystetyypeillä päällysteen elinkaaren aikana. Tulosten perusteella voitaisiin arvioida myös erillisinä työvaiheina tapahtuvien laadunosoitusmittausten tarpeellisuutta.

Tilaaajan näkökulmasta tiedon tuottaminen aikaan ja paikkaan sidottuna on erittäin tarpeellista. Tämän pilotin aikana saatiin jatkuvaa, automaattisesti syntyvää tietoa sekä REMIX-päällysteen toteutumasta (m²) että laatua kuvaavista tekijöistä, kuten jyrsintäsyvyys (mm), levitysnopeus (m/s) ja erityisesti lämpötila (°C) REMIX-työn eri vaiheissa. Järjestelmä auttaa urakoitsijaa parantamaan työn tehokkuutta ja laatua sekä optimoimaan energiankulutusta. Reaaliaikaisen, jatkuvan automaattisesti syntyvän tiedon tuotto ja raportointi parantavat laatua sekä lisäävät työn läpinäkyvyyttä. Tällä hetkellä tilaajalla ei ole vastaavia tietoja käytössään. REMIX -työmenetelmä on erittäin tärkeä maanteiden ylläpidon menetelmä, jonka käyttöä pääteiden päällysteiden uusimisessa lisätään kierrättämällä niitä entistä pidempään. Tässä lämpötilojen ja jyrsintäsyvyyden hallinnalla on tärkeä rooli.