

Elvyttimien käyttö asfaltin uusiopintauksessa (REM)

Sampsa Kotamäki

Diplomityö

Master's Programme in Geoengineering

Aalto-yliopisto

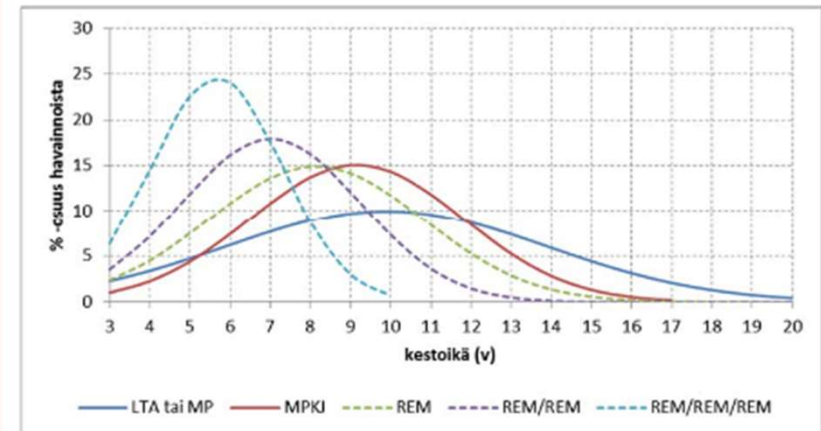
22.01.2026

Johdanto

- Uusiopintaus, tässä työssä REM, on menetelmä, jossa vanha asfalttipäällyste kuumennetaan, jyrsitään ja siihen sekoitetaan uutta asfalttimassaa sekä pehmeää lisäbitumia (elvytin). Nämä sekoitetaan keskenään paikan päällä ja seos levitetään uudeksi asfalttipäällysteeksi
- REM-menetelmällä saavutetaan kustannus- ja materiaalisäästöjä verrattuna LTA- tai MP-menetelmiin
- Asfalttipäällysteen kestoikä lyhenee useamman peräkkäisen REM-käsittelyn myötä.
- Syinä muun muassa bitumin vanheneminen, urautuminen ja hienoneminen
- Bitumi vanhenee päällysteessä jolloin sen jäykkyys kasvaa ja asfalttipäällyste alkaa vaurioitua
- Bitumin jäykkyyden vähentämiseksi REM-menetelmässä lisätään uutta (pehmeämpää) bitumia sisältävää asfalttimassaa sekä pehmeää lisäbitumia (elvytin)
- Menetelmässä on rajoitteensa eikä sitä voida käyttää liian vanhentuneille asfalttipäällysteille

Taulukko 4. KVL 2000–5000 osaverkon kestoikien keskiarvo, keskihajonta, keskiarvojen suhteellinen ero LTA tai MP toimenpiteen kestoikien keskiarvoon sekä havaintojen lukumäärä eri toimenpideketjuilla.

TP-ketju	Keskiarvo (v)	Keskihajonta (v)	Suhteellinen ero % (ref. LTA)	Havaintoja (kpl)
LTA tai MP	9,9	4,0	-	59865
MPKJ	9,2	2,6	-7 %	5369
REM	8,1	2,7	-18 %	25428
REM/REM	7,0	2,2	-29 %	4393
REM/REM/REM	5,7	1,6	-43 %	593



Kuva 5. KVL 2000–5000 osaverkon kestoikien tiheysfunktioiden kuvaajat eri toimenpideketjuilla.

Tutkimuksen tavoite ja raja

- Nykyisin elvyttimenä käytetään B650/900 (tai V1500).
- Työn tavoitteena oli selvittää olisiko markkinoilla olevilla asfaltin elvyttimillä mahdollista elvyttää tehokkaammin vanhentunutta bitumia.
- Tehokkaamman elvyttimen löytäminen laajentaisi menetelmän soveltuvuutta ja voisi pidentää päällysteen elinkaarta sekä lisätä peräkkäisten REM-käsittelyjen määrä. Tällöin saavutettaisiin kustannus- ja materiaalisäästöjä.
- B650/900 tai muuta pehmeää lisäbitumia ei voida lisätä aina tarpeeksi bitumin pintaan nousun takia
 - Voisi helpottaa toimenpiteen suunnittelua ja toteutusta
- Asfalttipäällysteen ominaisuuksiin vaikuttaa moni asia. Tutkimus rajattiin koskemaan vaikutuksia bitumissa. Elvyttimien vaikutus kohdistuu asfaltissa sideaineena toimivaan bitumiin.
- Tutkimuksen rajallisen keston takia pitkäaikaisvaikutuksia ei tutkittu. Tutkimus toteutettiin vertailemalla muutoksia ennen ja jälkeen REM-menetelmän.

Tutkimusmenetelmät

- Kirjallisuuskatsaus
 - Bitumin vanheneminen
 - Uusiopintausmenetelmät
 - Elvyttimet ja huomioon otettavat asiat
 - Elvyttimien valinta
 - Turvallisuus, soveltuvuus kuumapäällysteille, soveltuvuus laitteistoon (nestemäisiä)
- Laboratoriotutkimus
 - Tavoitteena todistaa elvyttimien toimivuus
 - Auttaa määrittelemään oikea annostus koekohteelle
 - Koemassoja
- Menetelmätestaus koekohteella
 - Tavoitteena todistaa käytettävyys menetelmässä
 - Tutkia elvyttimien välisiä eroja ja verrata vaikutusta referenssinä toimineeseen B650/900
 - Havainnoida mahdollisia ongelmia sekä etuja

Laboratoriotutkimus

Elvytin	Pitoisuus (kg/ m ²)	Rouheseoksen tunkeuma (0,1 mm)	Koemassan mitatut tunkeumat (0,1 mm)	Koemassan tunkeuman keskiarvo (0,1 mm)	Tunkeuman muutos (0,1 mm)
Ei elvytintä	0,0	20	10, 10, 10	10	-10
B 650/900	0,2	18	13, 13, 15	14	-4
Elvytin 1	0,2	18	19, 19, 20	19	1
Elvytin 2	0,2	18	21, 23, 23	22	4
Elvytin 3	0,2	20	18, 18, 19	18	-2
Elvytin 4	0,2	18	19, 20, 20	20	2
B 650/900	0,4	21	14, 14, 15	14	-7
elvytin 1	0,4	21	28, 29, 38	29	8
Elvytin 2	0,4	21	30, 30, 31	30	9
Elvytin 3	0,4	20	28, 29, 29	29	9
Elvytin 4	0,4	21	24, 25, 25	25	4

Täysin ilman elvytintä valmistetun koemassan tunkeuma laskee enemmän kuin B650/900. Laboratoriotutkimuksen tulosten perusteella elvyttimet nostavat tunkeumaa enemmän kuin B650/900.

Menetelmätestaus koekohteella

Koekohde oli 15 km pitkä osuus kantatietä. Kohteella testattiin 4 elvytintä ja referenssinä toiminut B650/900.

Näytteet otettiin ennen ja jälkeen REM-toimenpiteen samoista kohdista.

Näytteistä tehtiin analyysit

- koostumus, tyhjätila, tunkeuma, mscr, btsv ja dsr.

Koekohde

- Kohtalaisen tasalaatuinen, urautunut, AB16
- Tunkeuma välillä 24–40 1/10 mm. keskiarvo oli 33 1/10 mm.
- Tyhjätilojen keskiarvo oli 1,15 % ja vaihteluväli 0,3 %–2,4 %.

Taulukko 8 Koekohteen ennakkonäytteiden tuloksia ennen REM-käsittelyä

Elvytin	Ennakkonäytteet				
	Tunkeuma (1/10 mm)	Pehmenemispiste (°C)	Bitumipitoisuus (%) sarja 1	Bitumipitoisuus (%) sarja 2	Tyhjätila (%)
B650/900	30	56,6	5,9	6,9	2,4
B650/900	24	60,6	5,2	5,1	1,3
B650/900	26	60,0	5,9	5,8	1,1
B650/900	34	55,8	5,6	5,3	1,3
B650/900	34	55,6	5,3	5,4	1,5
B650/900	30	56,8	5,2	5,9	0,6
Elvytin 4	39	54,8	5,9	5,1	0,6
Elvytin 4	37	54,7	5,7	5,4	1,5
Elvytin 4	40	54,4	5,6	5,7	0,3
Elvytin 4	40	53,2	5,6	5,7	0,9
Elvytin 3	32	56,6	5,5	5,3	1,7
Elvytin 3	37	55,4	5,2	5,3	1,2
Elvytin 3	38	54,2	5,6	5,6	1,3
Elvytin 3	27	59,0	5,2	5,2	1,7
Elvytin 2	32	56,2	5,3	5,1	1,0
Elvytin 2	26	59,4	5,1	5,1	1,0
Elvytin 2	38	52,8	5,6	5,5	0,9
Elvytin 2	29	57,6	5,2	5,0	1,5
Elvytin 1	28	57,4	5,3	5,3	1,3
Elvytin 1	34	54,8	5,5	5,6	0,6
Elvytin 1	33	55,8	4,9	4,9	1,3
Elvytin 1	41	55,0	5,6	5,4	0,4

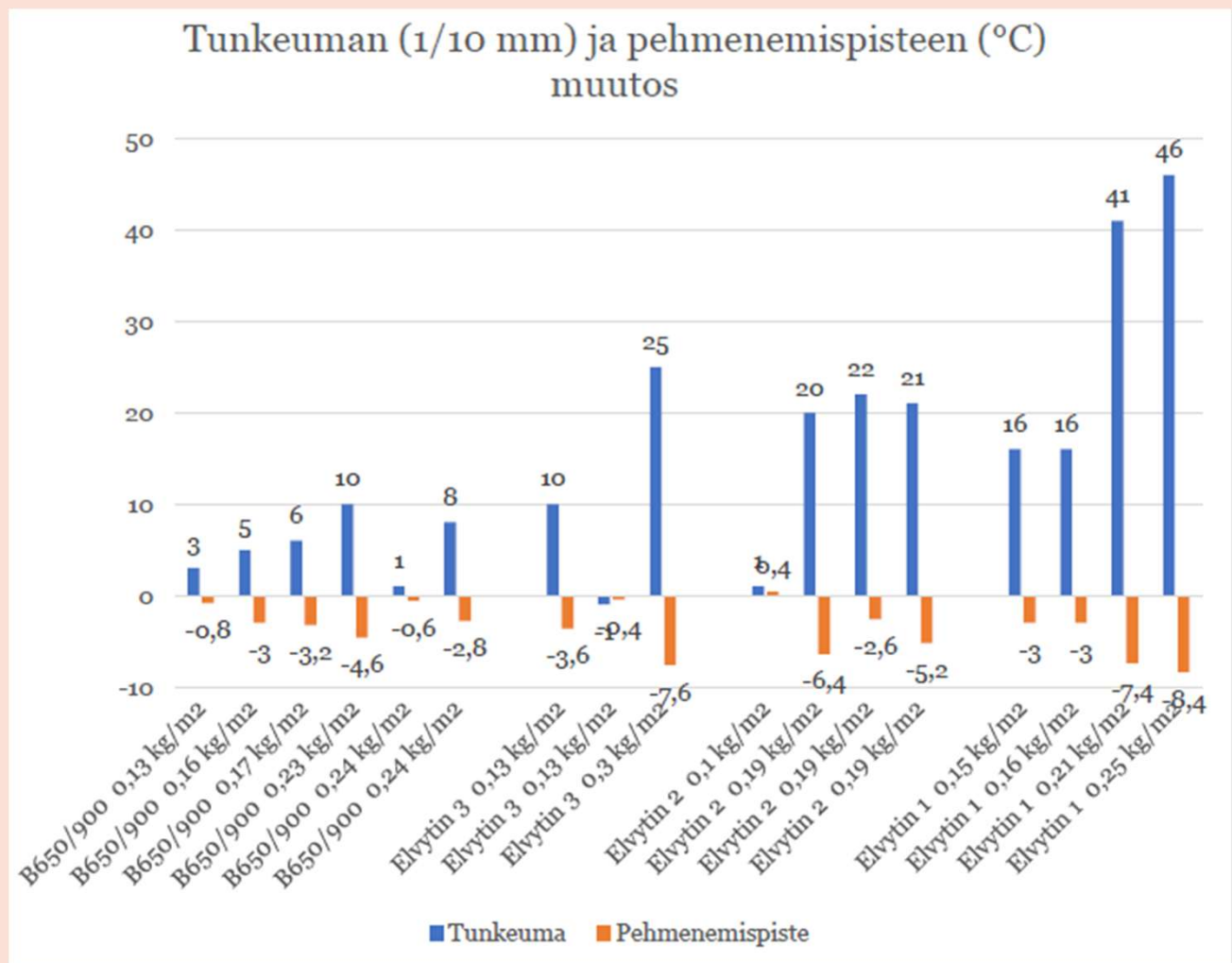
Havaintoja työkohteelta

- Käsittelyvyys huomattavasti helpompi, koska ei tarvitse kuumentaa eivätkä sotke tai aiheuta tukoksia
 - Säästöä varastoinnissa, kuljetuksessa, lämmityksessä ja käsittelyssä
- Ei häiritsevissä määrin lisähajuja, bitumi haisee enemmän
- Annostelu olisi vaatinut kalibroinnin tms. remixer-laitteen mittari ei vastannut todellista kulutusta
 - Vaikutti toteutuneisiin pitoisuuksiin, mutta pysyttiin ns. ”tavoite-alueella”
 - Annostelua pystyi säätämään vaikka lukemat eivät vastanneet oikeaa kulutusta
- Elvytintä 4 käytettäessä havaittiin ongelma asfalttimassan tarttuessa jyrän valssiin kuumana.
 - Tiivistäminen ei ollut mahdollista ennen kuin asfalttimassa jäähtyi noin 90 °C lämpötilaan.
 - Aiheutti puutteellisen tiivistymisen ja korkeammat tyhjätilat
 - Elvytin 4 todettiin soveltumattomaksi ja sen tuloksia ei käsitellä tarkemmin

Elvytin	Tyhjätila keskiarvo (%)
Elvytin 1	1,0
Elvytin 2	1,8
Elvytin 3	1,4
Elvytin 4	4,1
B650/900	2,3

Taulukko 12 Koekohteen tyhjätilat (%)
REM-toimenpiteen jälkeen

Koekohteen mittaustuloksia



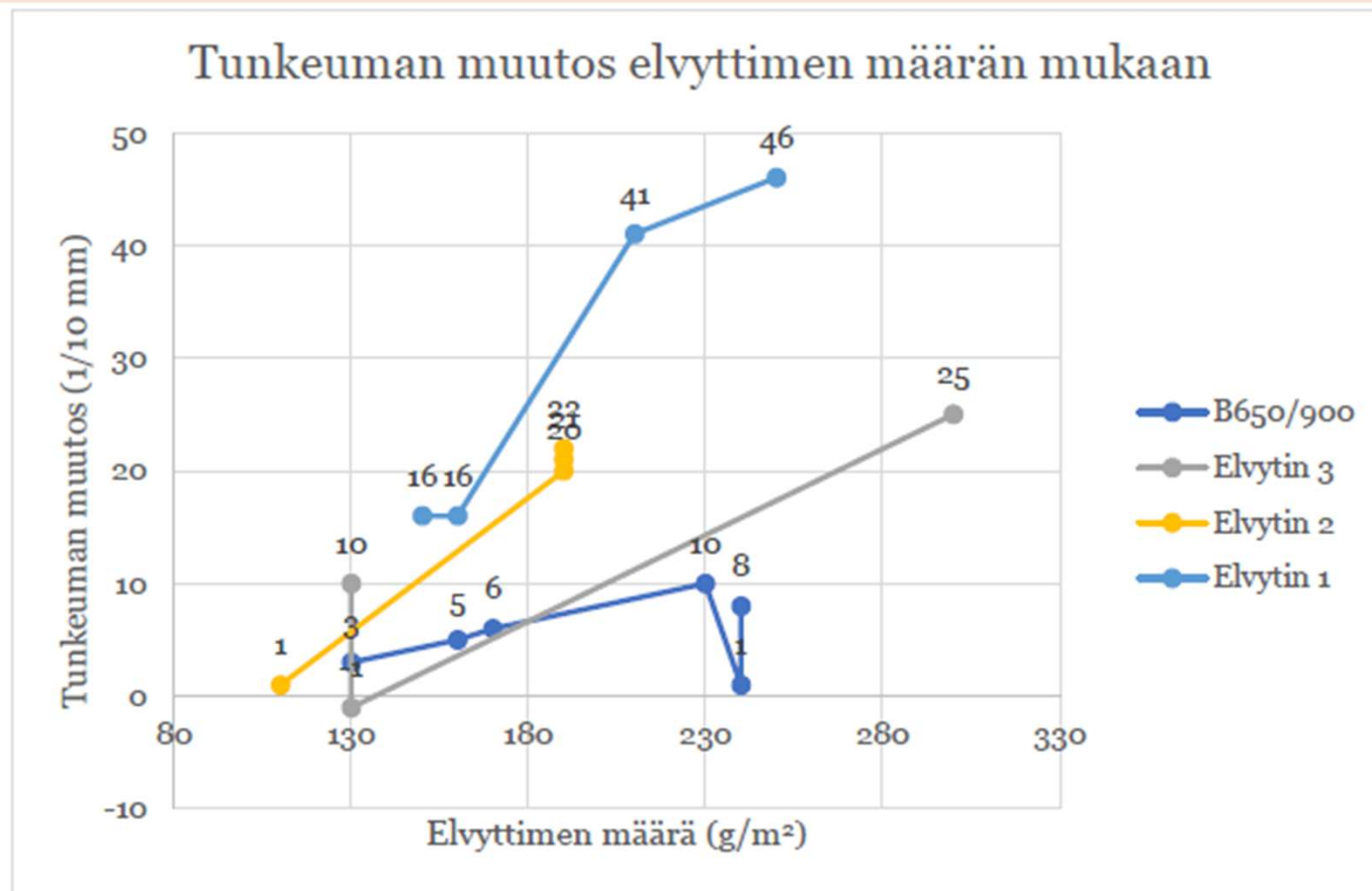
Tunkeuman ja pehmenemispisteen muutokset kulkevat vastakkaiseen suuntaan, joka on bitumille ominaista.

Tulokset kertovat bitumin pehmenemisestä (elpymisestä).

Testatuilla elvyttimillä muutokset suurempia kuin referenssinä olleella B650/900

Tunkeuman ka. ennen toimenpidettä 33 1/10mm.

Koekohteen mittaustuloksia



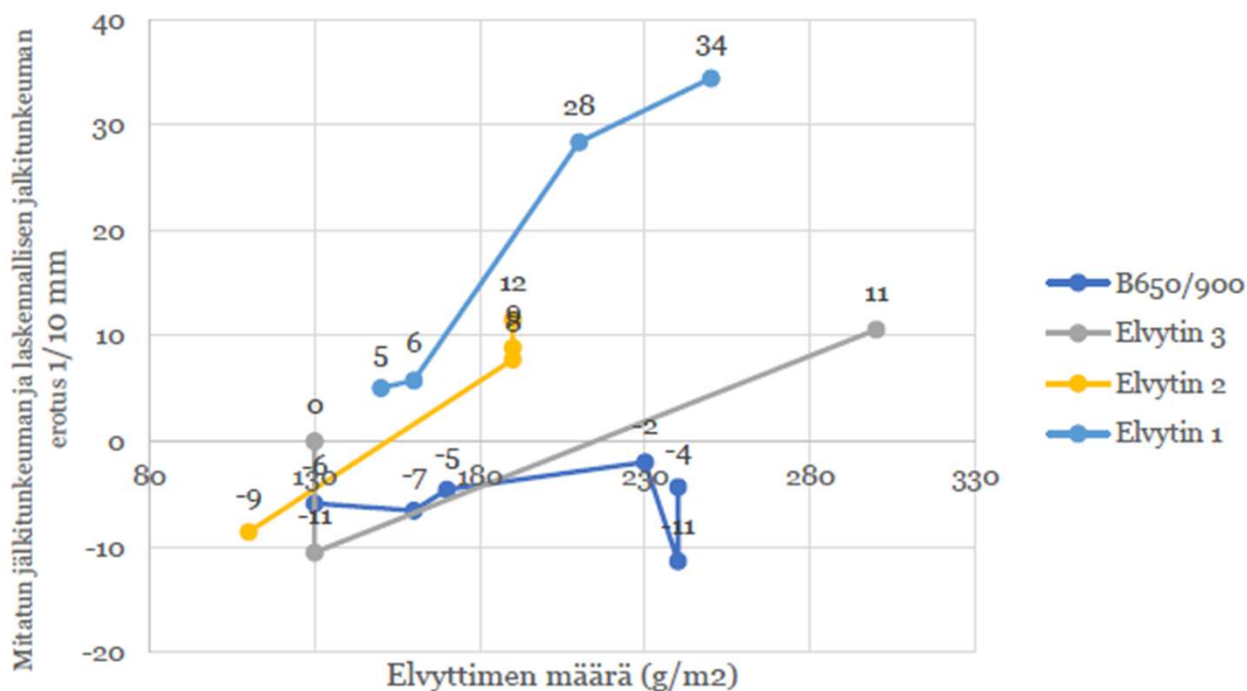
Kuva 12 Tunkeuman muutos koekohteella elvyttimen määrän mukaan

- Elvyttimillä tunkeuman muutos oli suurempaa kuin B650/900

- Annostuksen kasvattamisen vaikutus vaikuttaa olevan suurempaa kuin B650/900 eli derivaatta tunkeuman muutoksen ja annostuksen välillä

Koekohteen mittaustuloksia

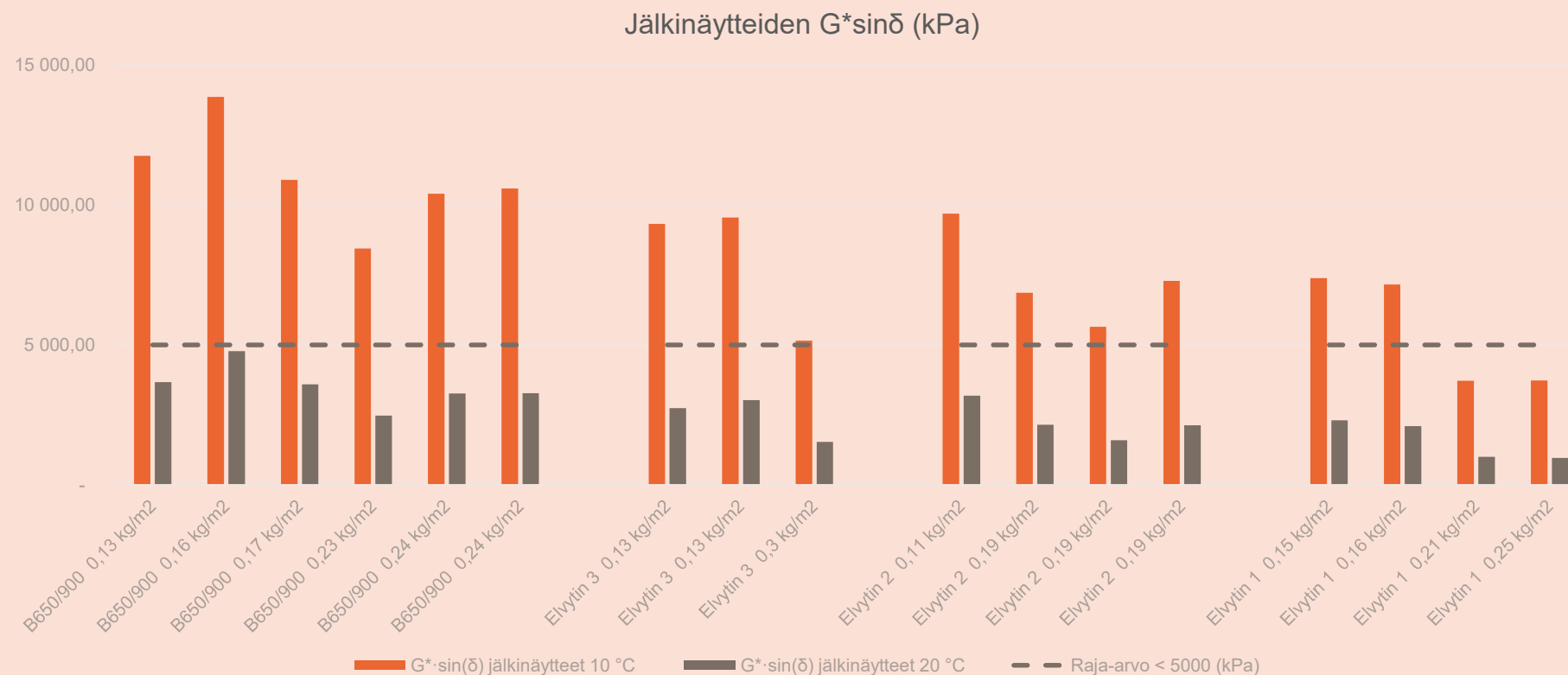
Mitatun jälkitunkeuman ja laskennallisen jälkitunkeuman erotus elvyttimen määrän mukaan



Kuva 14 Mitatun jälkitunkeuman ja laskennallisen jälkitunkeuman erotus elvyttimen määrän mukaan koekohteella

- REM-toimenpiteen jälkeistä tunkeumaa voidaan arvioida laskennallisesti Väyläviraston Uusiopäällysteohjeen (Väylävirasto, 2024) kaavalla.
- B650/900 mitatut tunkeumat ovat alhaisempia kuin laskennallinen
- Testatuilla elvyttimillä laskennallinen arviointi vaatisi erilaisen menettelyn

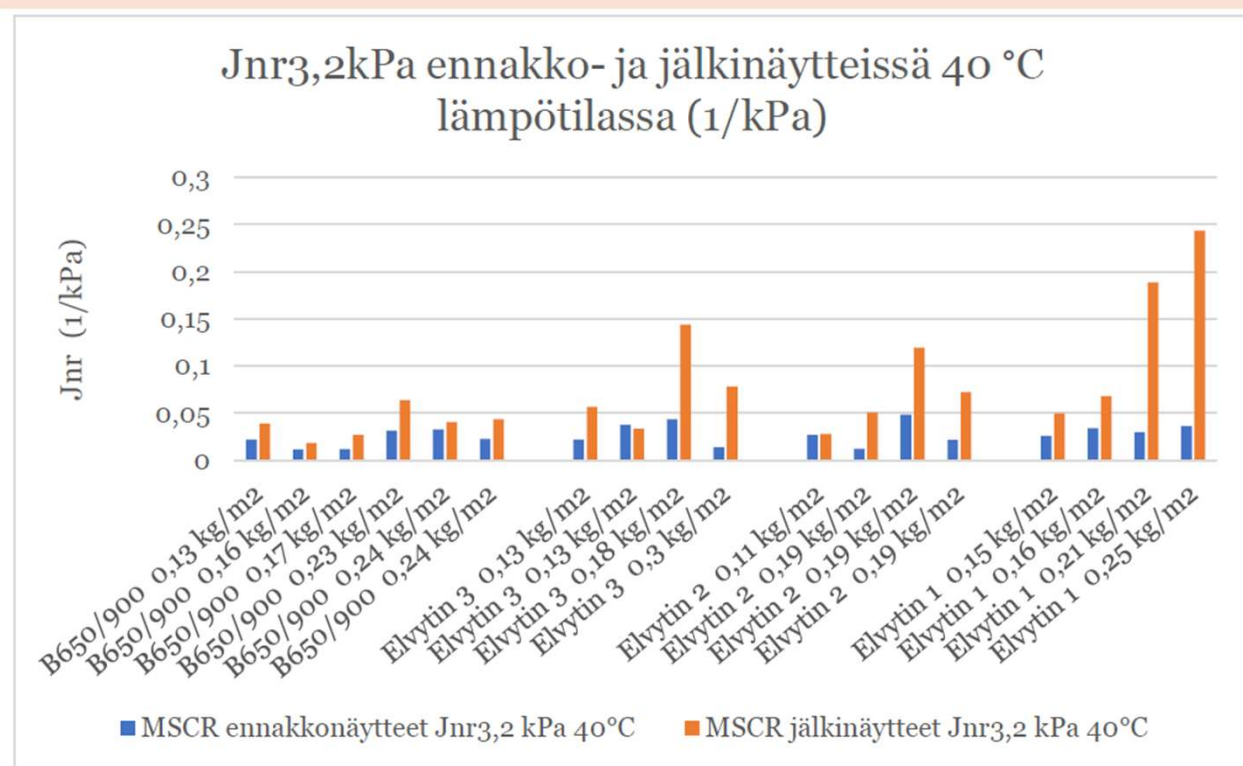
Koekohteen mittaustuloksia



- Parametrin $G^* \sin \delta$ tarkoituksena on kuvata väsymiskestävyyttä alhaisemmissa lämpötiloissa
- 20 °C lämpötilassa kaikki täyttävät, 10 °C lämpötilassa vain elvytin 1 kaksi yli 0,2 kg/m² annoksella.
- Elvyttimien tulokset matalampia kuin referenssi (viittaa tehokkaampaan elvyttämiseen ja parempaan suorituskykyyn matalissa lämpötiloissa)

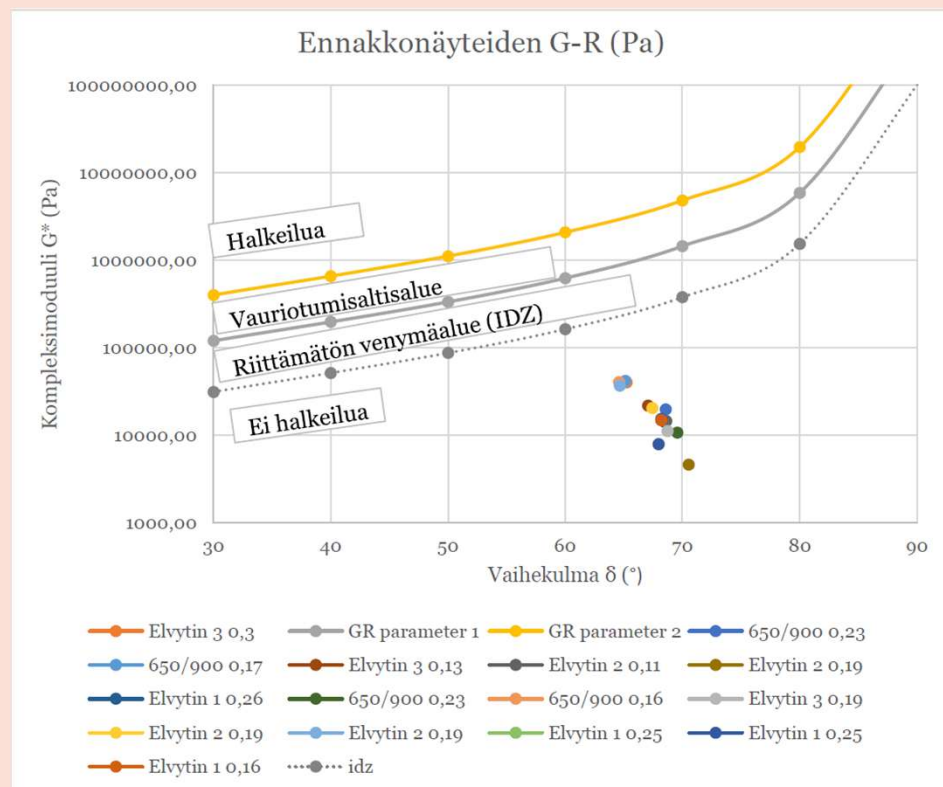
Koekohteen mittaustuloksia

- Kaikkien jälkinäytteiden urautumista ennustavat Jnr3,2 kPa arvot täyttävät PG-luokituksen korkeimman kuormituksen E-luokan vaatimuksen ($<0,5$ 1/kPa) 40 °C mittaustilassa.
- Tämän perusteella liiallista urautumista ei ennusteta esiintyvän millään elvyttimellä kokeessa käytetyillä annostuksilla.

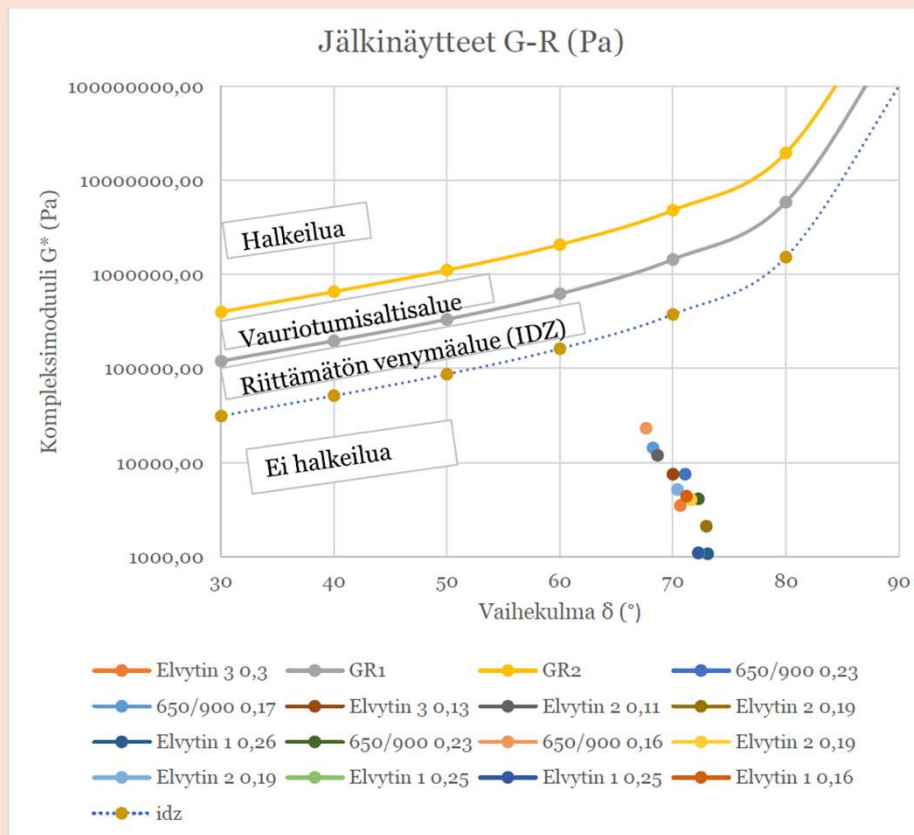


Kuva 15 Jnr parametri ennen ja jälkeen REM-käsittelyn 3,2 kPa kuormituksella 40°C mittaustilassa MSCR-mittauksessa

Koekohteen mittaustuloksia

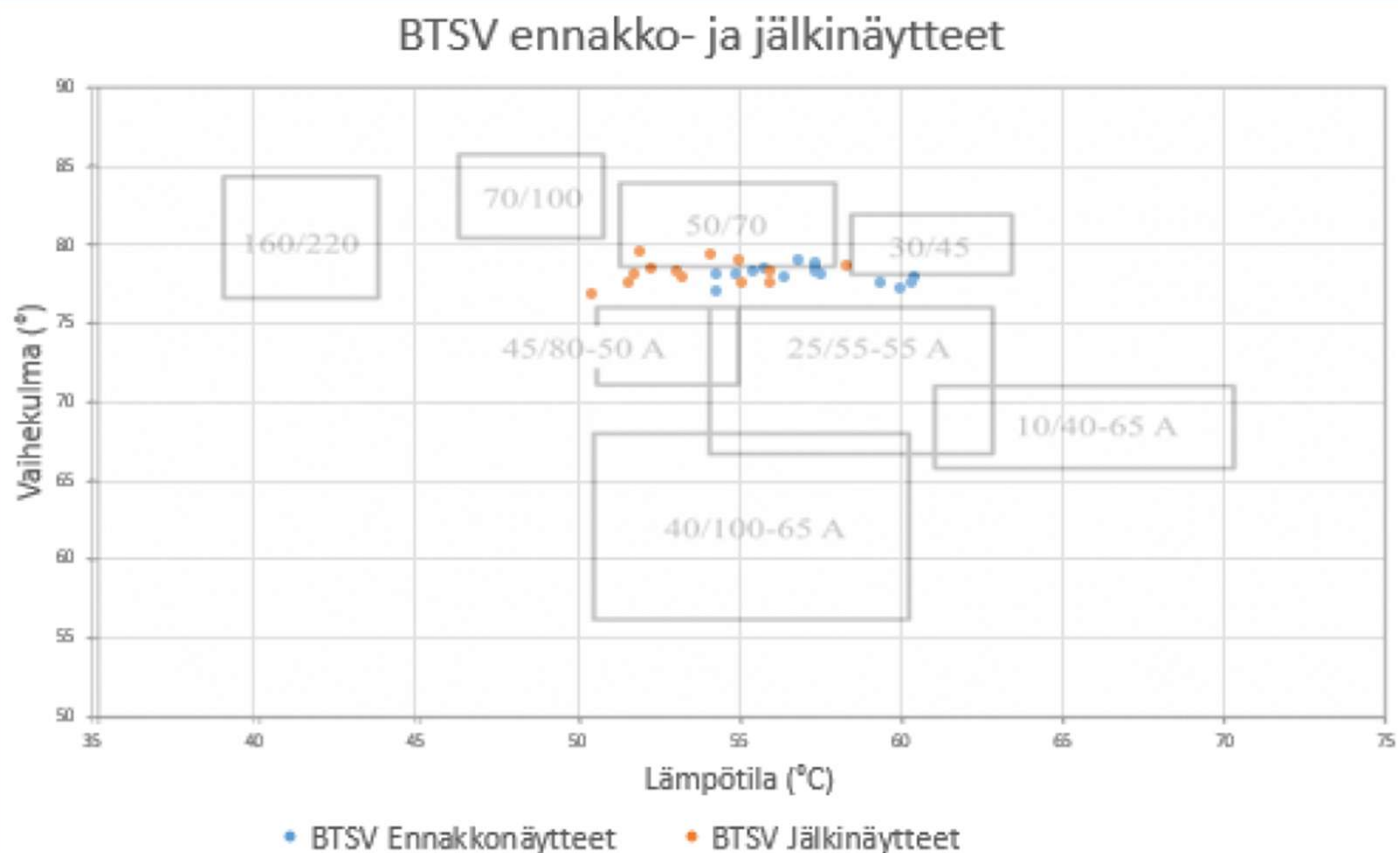


Kuva 22 Koekohteen G-R-parametrit ennen REM-toimenpidettä



Kuva 23 Koekohteen G-R-parametrit REM-toimenpiteen jälkeen

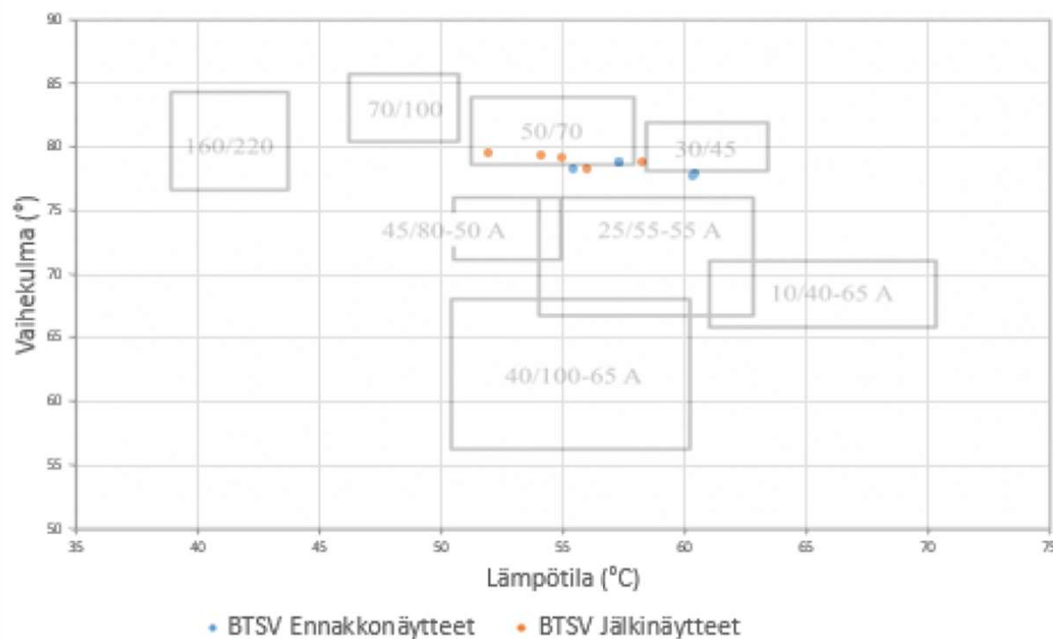
Koekohteen mittaustuloksia



Kuva 24 Koekohteen BTSV-mittauksen tulokset ennen ja jälkeen REM-toimenpiteen

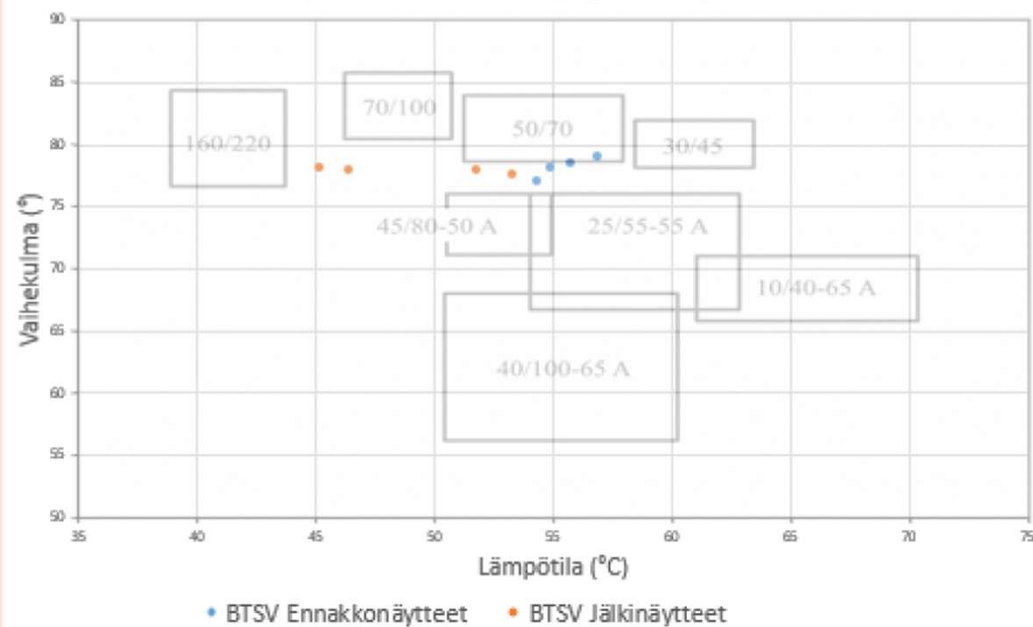
Koekohteen mittaustuloksia

B650/900 BTSV ennakko- ja jälkinäytteet



Kuva 25 Koekohteen B650/900 BTSV-mittausten tulokset ennen ja jälkeen REM-toimenpiteen

Elvytin 1 ennakko- ja jälkinäytteet



Kuva 26 Koekohteen elvyttimen 1 BTSV-mittausten tulokset ennen ja jälkeen REM-toimenpiteen

Yhteenveto koekohteen tuloksista

- Elvytin 4 ei soveltunut koekohteen perusteella käytettäväksi REM-menetelmässä
- Muiden testattujen elvyttimien osalta tulokset antavat viitteitä tehokkaammasta bitumin elvyttämisestä kuin B650/900
- DSR-mittausten perusteella ei havaittu ongelmia bitumin käyttäytymisessä
- Muutokset saman suuntaisia kuin tunkeuman ja pehmenemispisteen osalta
- Käytettävyys parempi

Taulukko 15 Yksinkertaistettu yhteenveto koekohteen tutkimustuloksista. Olennaisimpia tuloksia on havainnollistettu erivärisillä palloilla, joissa ● = "huono", ● = "välttävä" ja ● = "parempi kuin B650/900".

	B650/900	Elvytin 1	Elvytin 2	Elvytin 3	Elvytin 4
Tunkeuman muutos	Tunkeuma kasvaa, vaikutus vähäinen ●	Tunkeuma kasvaa, vaikutus suurempi ●	Tunkeuma kasvaa, vaikutus suurempi ●	Tunkeuma kasvaa, vaikutus suurempi ●	
Annostuksen vaikutus	Vähäinen ●	Vaikutus suurempi kuin B650/900 ●	Vaikutus suurempi kuin B650/900 ●	Vaikutus suurempi kuin B650/900 ●	
Tyhjätila	OK	OK	OK	OK	Huomattavasti korkeampi. ●
J_{nr} 3,2 kPa 40°C	OK	OK	OK	OK	
J_{nr} Diff	OK	OK	OK	OK	
$G^*/\sin\delta$ 60°C	OK	OK	OK	OK	
$G^*\sin\delta$ 20°C	OK	OK	OK	OK	
$G^*\sin\delta$ 10°C	Ei täytä PG-vaatimusta	2/4 täyttää PG-vaatimuksen	Ei täytä PG-vaatimusta	Ei täytä PG-vaatimusta	
G-R-parametri	OK	OK	OK	OK	
BTSV	Bitumin jäykkyys laskee ●	Bitumin jäykkyys laskee enemmän kuin B650/900 ●	Bitumin jäykkyys laskee enemmän kuin B650/900 ●	Bitumin jäykkyys laskee enemmän kuin B650/900 ●	
Alku-ura	OK	OK	OK	OK	OK
Kuumenustarve	Vaatii lämmitystä ●	Ei vaadi lämmitystä ●	Ei vaadi lämmitystä ●	Ei vaadi lämmitystä ●	Ei vaadi lämmitystä ●
Havaitut ongelmat koekohteella	Ei	Ei	Ei	Ei	Tarttuminen ja puutteellinen tiivistyminen ●

Johtopäätökset

- Elvyttimien käyttö REM-menetelmässä on mahdollista
 - Lisäksi testatuilla elvyttimillä on etuja helpomman käytettävyyden ansiosta
- Tulokset antavat viitteitä tehokkaammasta bitumin elvyttämisestä testatuilla elvyttimillä
 - Valintaan on kuitenkin kiinnitettävä huomiota
- Tutkimuksen näytemäärä oli rajallinen käytössä olleiden resurssien takia
 - Laajempi käyttö vaatii suuremman otannan vaikutusten tarkempaa arviointia varten
- Mahdollisesti voidaan laajentaa REM-käyttöä tai pidentää päällysteen elinikää ja saavuttaa selviä kustannussäästöjä
- Mahdollistaa jatkotutkimuksen
 - Pitkäaikaiskestävyys
 - Annostuksen vaikutuksen tarkempi arviointi
 - Elvyttimillä tehdyn REM-päällysteen vanheneminen
 - Uudelleen kierrätys

Kiitos!

Linkki työhön: [Elvyttimien käyttö asfaltin uusiopintauksessa](#)