



Päällysteen lajittumavirheiden mittaaminen pistelasertekniikalla

Pertti Virtala, Pauli Alanaatu, Juha-Matti Vainio, Sami Similä



Päällysteen lajittumavirheiden mittaaminen

- ☐ Kirjallisuusselvitys
- ☐ Poranäytetutkimukset
- ☐ Tunnusluvut
- ☐ Tosimittatesti
- ☐ Toistettavuustesti
- ☐ Pilotointi
- ☐ Suositukset
- ☐ Jatkotutkimuksia





Kirjallisuus

Hiljaiset asfaltit

- ❑ **Van Ooijen, W., van den Bol, M and Bouman, F. (2004).** High-speed measurement of raveling on porous asphalt. SURF 2004, 5th Symposium on Pavement Surface Characteristics, June 6–10 2004, Toronto, Ontario, Canada.

Purkauma&bitumin pintaan nousu

- ❑ **Scott, P., Fairclough, R., Radband, K., Zohrabi, M., Sanders, P., McRobbie, S., Wright, A. (2008).** Measuring surface disintegration (ravelling and fretting) using traffic speed condition surveys. 7th International Conference on Managing Pavement Assets (ICMPA). Calgary, Canada.

Bitumin pintaan nousu

- ❑ **Wright, A., (2004):** The use of surface texture measurements to identify fretting on hot rolled asphalt. TRL report PR/INN/41/04, TRL Limited, Crowthorne, UK.
- ❑ **McRobbie, S., Furness, G., (2008):** Automated detection of fretting on hot rolled asphalt surfaces. TRL report PPR 299. TRL Limited, Crowthorne, UK. 2010;

Viivalasertekniikka

- ❑ **W.L.C van Aalst, G.B.Derksen, P.P.M. Schackmann, F.G.M. Bouman, P.Paffen:** Automated Raveling Inspection and Maintenance Planning in The Netherlands. International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE) September 15 - 17, 2015, Berlin, Germany.



Mittaustekniikat

- ☒ SandPatch -
- ☒ Tiheysmittaukset
 - ☐ Troxler
 - ☐ Seaman Nuclear
- ☒ Infrapunamittaukset
 - ☐ Lämpökamera
- ☒ Maatutkamittaukset
 - ☐ Tyhjätila
 - ☐ Permittiivisyys
- ☒ Pistelasermittaus
- ☒ Viivalasermittaus
- ☒ Päällystevauriokuvaukset

$$4V/\rho I D^2 > MTD$$

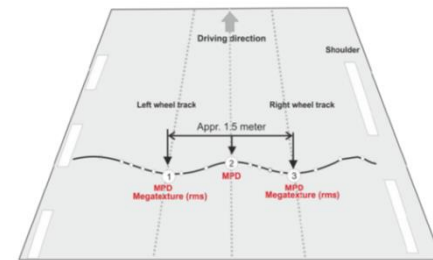
T

%

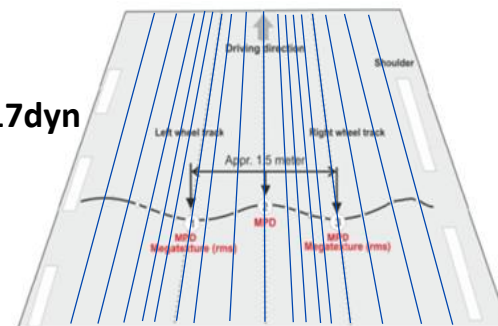
MPD, RMS, ETD

Pistelasermittaus – Makrokarkeus MPD

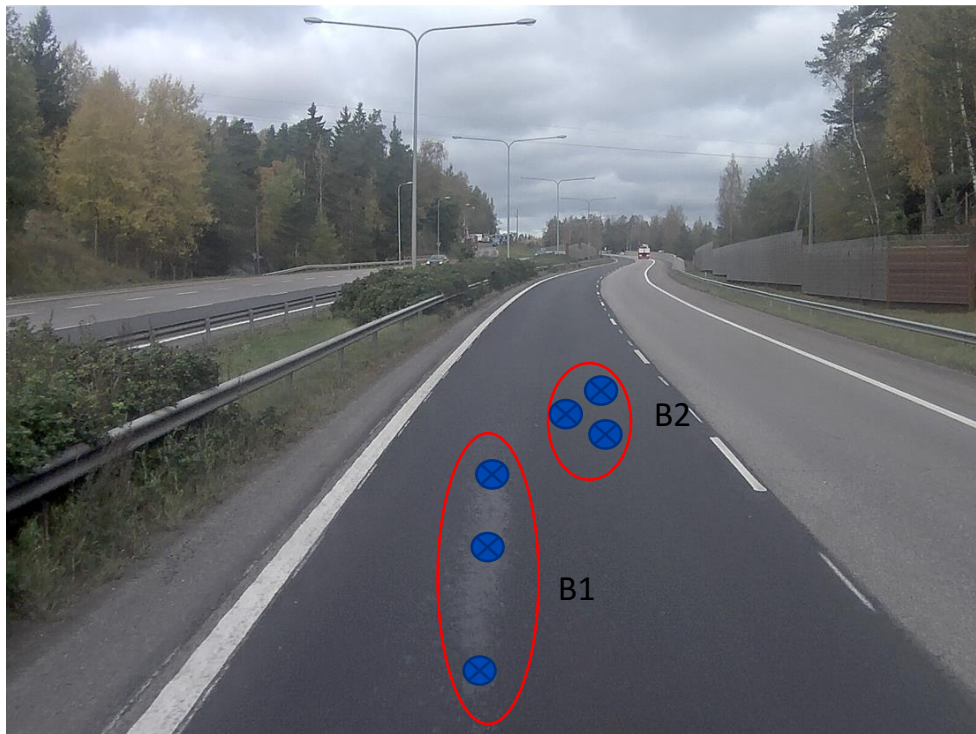
MPD3



MPD17dyn



Poranäytteet

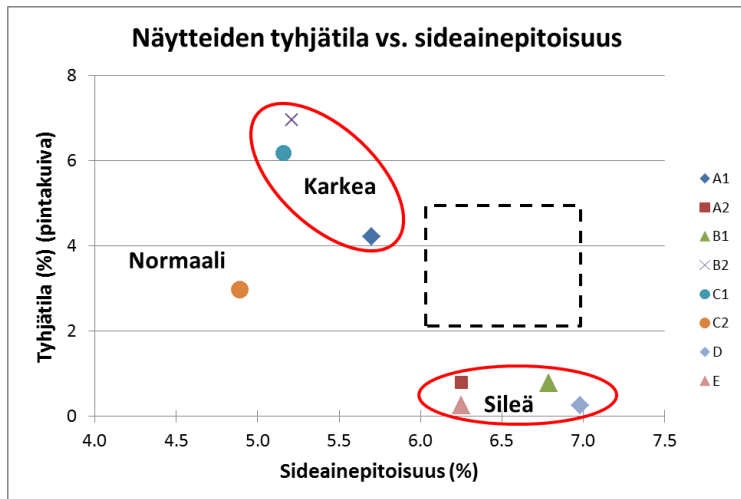


B1

B2



Näytetutkimukset A1,A2,B1,B2,C1,C2,D,E

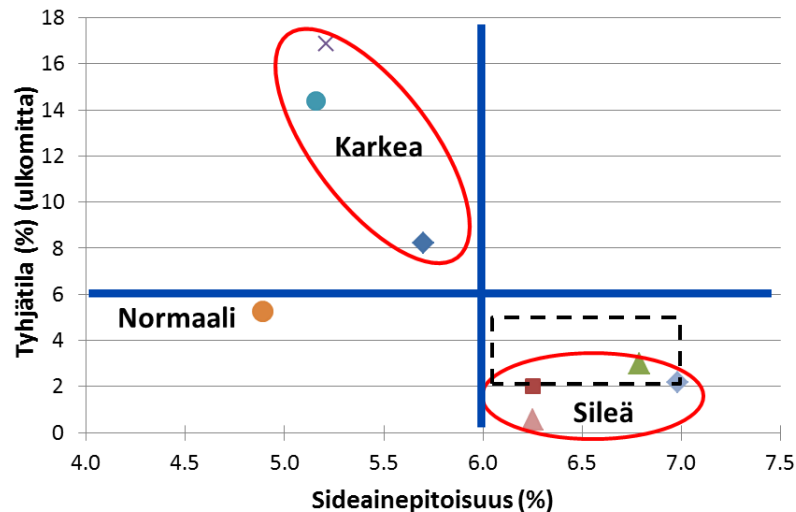


Näytetutkimusten tulokset			Karkea	Sileä	Sileä	Karkea	Karkea	Normaali	Sileä	Sileä
			1/6/3944/karkea	1/6/3945/sileä	1/6/4036-4041/sileä	1/6/4042/karkea	1.6.5328/karkea	1.6.5332/normaali	1/7/3567/sileä	1/7/3610/sileä
Seulat	min	maks	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
16	90	100	88	90	89	89	84	95	96	96
11.2	37	63	60	63	67	67	55	73	69	69
8	25	42	35	41	43	43	33	49	46	48
5.6	21	33	26	31	34	34	24	38	36	39
4.0	18	29	23	27	30	30	21	33	31	34
2	14	24	20	23	25	25	18	29	27	29
1	12	21	18	20	23	23	16	26	24	26
0.5	11	19	17	18	21	21	15	24	22	25
0.25	10	17	15	16	19	19	14	21	20	22
0.125	9	15	13	14	16	16	12	18	16	17
0.063	7	12	11	12	13	13	10	15	13	14
Päällysteen tiheys	ilma-vesi	kg/m3	2292	2335	2322	2289	2292	2344	2380	2384
	pintakuiva	kg/m3	2283	2328	2317	2232	2252	2328	2378	2383
	ulkomitta	kg/m3	2188	2300	2265	1994	2054	2273	2332	2375
Massan tiheys		kg/m3	2383	2347	2335	2399	2400	2400	2384	2388
Tyhjätila	ilma-vesi	%	3.8	0.5	0.5	4.6	4.5	2.3	0.2	0.2
	pintakuiva	%	4.2	0.8	0.8	7.0	6.2	3.0	0.2	0.2
	ulkomitta	%	8.2	2.0	3.0	16.9	14.4	5.3	2.2	0.6
Sideainepitoisuus		%	5.7	6.3	6.8	5.2	5.2	4.9	7.0	6.3
Näyte			A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Keskiarvo			2.10	0.86	0.39	1.93	2.10	1.22	0.35	0.33
Keskihajonta			0.75	0.29	0.10	0.73	0.62	0.35	0.12	0.10

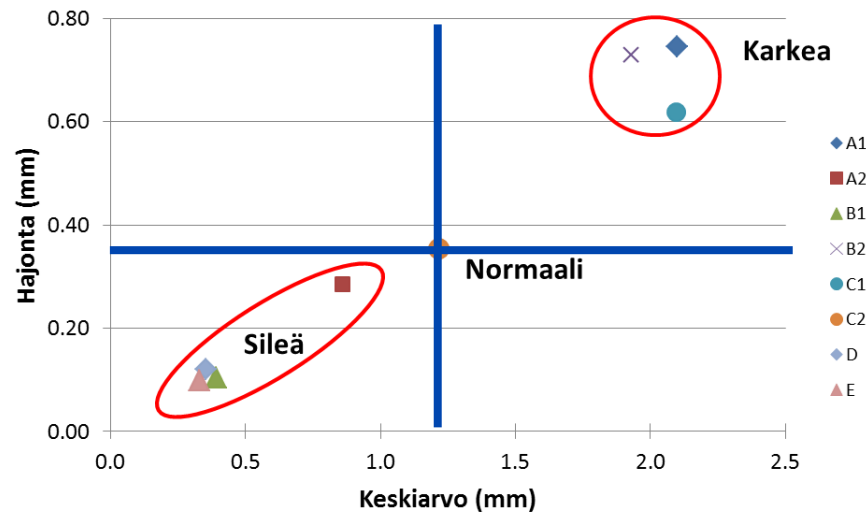


Näytetutkimukset → MPD

Näytteiden tyhjätila vs. sideainepitoisuus



Näytteiden MPD:t





Yhteenveto näytetutkimuksista

- ❑ Avoin pinta oli silmämääräisen tarkastelun mukaan karkea ja suljettu pinta oli sileä. Avoimen pinnan makrokarkeus ja sen vaihtelu olivat suuria ja sileän pinnan makrokarkeus ja sen vaihtelu olivat pieniä.
- ❑ Avoimen päällysteen tyhjätila-% oli suurempi kuin suljetun päällysteen tyhjätila-%.
- ❑ Avoimien päällysteiden sideainepitoisuudet olivat pienempiä kuin suljettujen päällysteiden sideainepitoisuudet. Suljettujen päällysteiden sideainepitoisuudet olivat tavoitealueella, mutta avoimien päällysteiden sideainepitoisuudet olivat alle tavoitearvojen.
- ❑ Normaalin päällysteen tyhjätila-% oli avoimien ja suljettujen päällysteiden tyhjätila-%:n välissä. Sen sijaan normaalin päällysteen sideainepitoisuus oli pienempi kuin suljetun tai avoimen päällysteen sideainepitoisuus.
- ❑ Sileissä päällystenäytteissä oli enemmän hienoaaineksia kuin karkeissa päällystenäytteissä. Kiviainesten rakeisuuden avulla ei kuitenkaan pystytty luokittelemaan pintoja sileisiin tai karkeisiin kovin luotettavasti.
- ❑ **Makrokarkeus ja sen vaihtelu luokittelivat näytteet sileisiin ja karkeisiin paremmin kuin näytteiden laboratoriotutkimusten tulokset.** Makrokarkeus oli siten erittäin lupaava mittaustieto päällysteen lajittuman mittaamiseen.



Pistelasermittaus – Makrokarkeus MPD



Mittausmenetelmät

- ☐ **Menetelmässä A** mittaus tapahtuu poikkisuunnassa kolmella anturilla siten, että on kolme mittauslinjaa, ajourien keskeltä ja niiden välistä.
- ☐ MPD-keskiarvon vertaaminen raja-arvoon
 - ☐ Jos alle x1 niin bitumin pintaan nousu
 - ☐ Jos yli y1 niin purkauma
- ☐ Anturin vaikutusalue 1mx1m – tuloksena neliöitä/pituusyksikkö

- ☐ **Menetelmässä B** mittaus tapahtuu 15+2 anturilla.
 - ☐ Reunaviivojen vaikutuksen eliminoimiseksi kahden uloimman anturin (1 & 17) mittauksiedot jätetään käyttämättä, jolloin käyttöön jäävät anturit 2-16.
 - ☐ Etupalkin antureiden lisäksi käytetään myös takapalkin kahta anturia, jotka sijaitsevat etupalkin antureiden 5 ja 13 kohdilla.
- ☐ MPD-keskiarvon tai hajonnan vertaaminen raja-arvoon
 - ☐ Jos alle x2 niin bitumin pintaan nousu
 - ☐ Jos yli y2 niin purkauma
- ☐ Anturin vaikutusalue 10cmx20cm – tuloksena neliöitä/pituusyksikkö



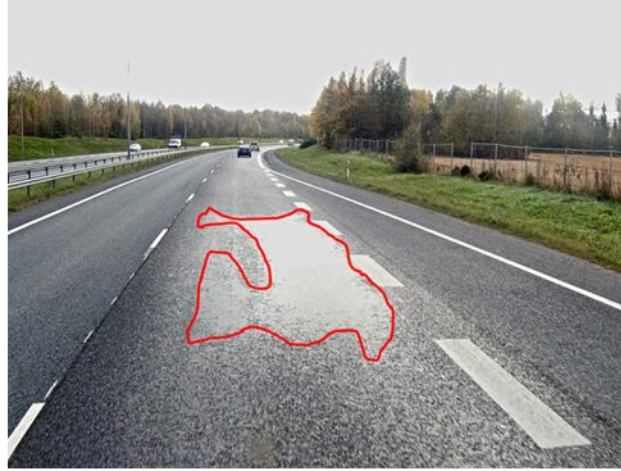


Bitumin pintaan nousu - tosimitatesti

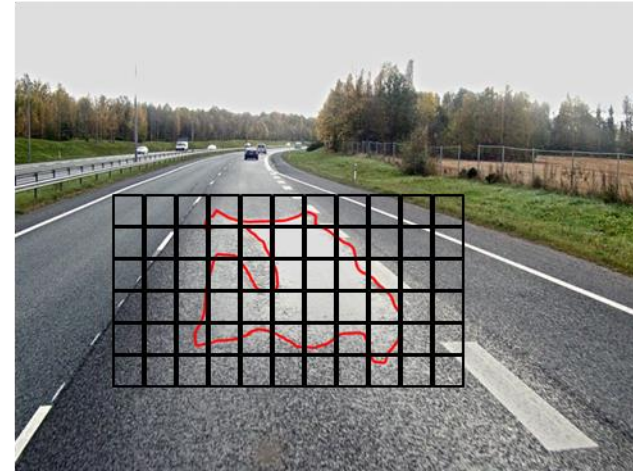
1. Kohteen valinta



2. Lajittuma-alueen määrittäminen



3. Pinta-alan määrittäminen



- ☐ 35 kohdetta kukin 3 m pitkiä (vt 3/117/SMA 16)
- ☐ Määritettiin lajittumaa sisältänyt pinta-ala
- ☐ Ruudutettiin 40cmx40cm kokoisiin aloihin
- ☐ Laskettiin pinta-ala = tosimita



Muodostettiin neljä tunnuslukua

Tunnusluku A: Bitumin pintaan nousun pinta-ala menetelmällä A

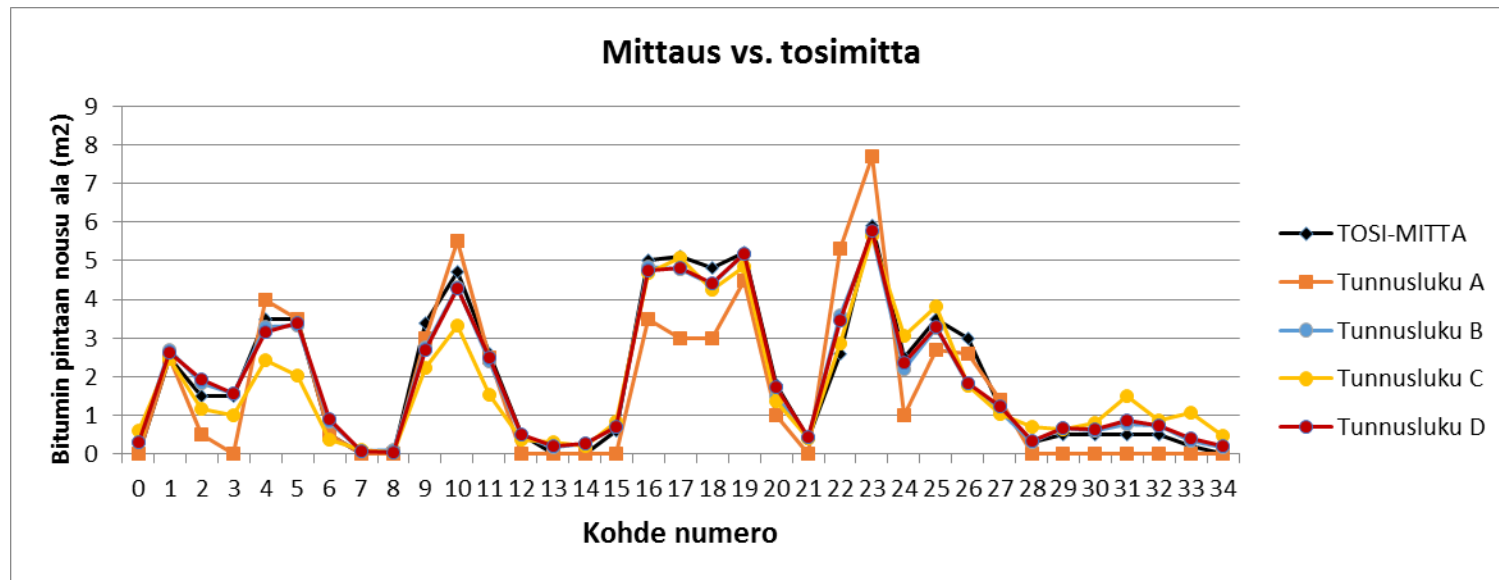
Tunnusluku B: Bitumin pintaan nousun pinta-ala menetelmällä B (MPD-keskiarvo)

Tunnusluku C: Bitumin pintaan nousun pinta-ala menetelmällä B (MPD-hajonta)

Tunnusluku D: Bitumine pintaan nousun pinta-ala menetelmällä B (MPD-ka ja MPD-hajonta)

Ruutu	TOSI-MITTA	Tunnusluku A			Tunnusluku B			Tunnusluku C			Tunnusluku D			Tunnusluku E		
		A	ero	ero^2	B	ero	ero^2	C	ero	ero^2	C	ero	ero^2	E	ero	ero^2
0	0	0.0	0.00	0.00	0.3	0.31	0.09	0.6	0.61	0.37	0.3	0.31	0.10	0.0	0.00	0.00
1	2.5	2.5	0.00	0.00	2.7	0.18	0.03	2.5	-0.03	0.00	2.6	0.11	0.01	0.0	-2.50	6.25
2	1.5	0.5	1.00	1.00	1.8	0.32	0.10	1.2	-0.33	0.11	1.9	0.42	0.18	0.0	-1.50	2.25
3	1.5	0.0	1.50	2.25	1.5	0.05	0.00	1.0	-0.51	0.26	1.6	0.06	0.00	0.0	-1.50	2.25
4	3.5	4.0	-0.50	0.25	3.3	-0.21	0.04	2.4	-1.07	1.14	3.2	-0.34	0.11	4.5	1.01	1.02
5	3.5	3.5	0.00	0.00	3.3	-0.17	0.03	2.0	-1.48	2.20	3.4	-0.13	0.02	1.2	-2.35	5.50
6	0.5	0.5	0.00	0.00	0.8	0.35	0.12	0.4	-0.14	0.02	0.9	0.38	0.15	0.0	-0.50	0.25
7	0	0.0	0.00	0.00	0.1	0.05	0.00	0.1	0.09	0.01	0.1	0.07	0.01	0.0	0.00	0.00
8	0	0.0	0.00	0.00	0.1	0.09	0.01	0.0	0.04	0.00	0.0	0.04	0.00	0.0	0.00	0.00
9	3.4	3.0	0.40	0.16	2.8	-0.63	0.39	2.2	-1.19	1.41	2.7	-0.70	0.49	5.8	2.37	5.63
10	4.7	5.5	-0.80	0.64	4.3	-0.40	0.16	3.3	-1.37	1.88	4.3	-0.41	0.17	3.9	-0.77	0.59

A,B,C,D vs. tosimitta



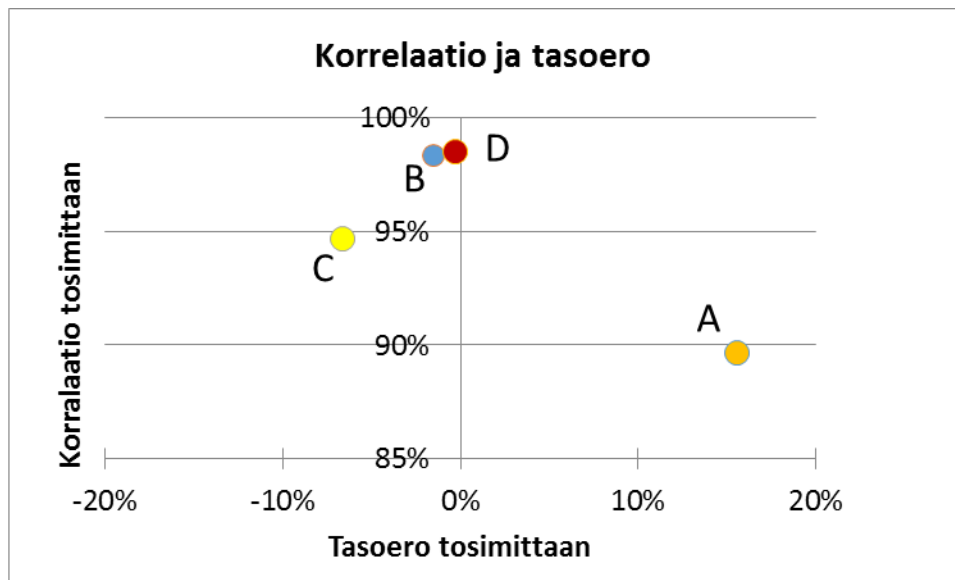


A,B,C,D vs. tosimita

☐ Tunnuslukujen paremmuus

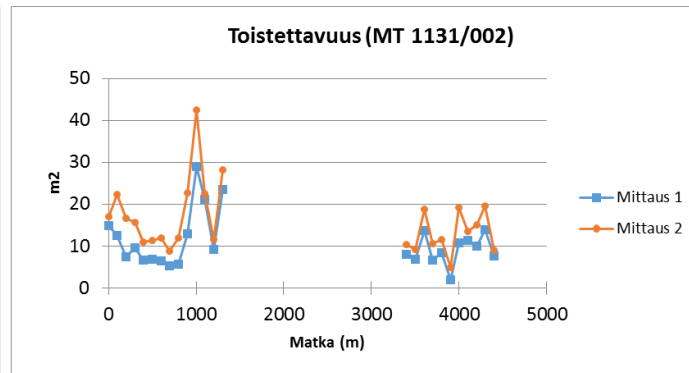
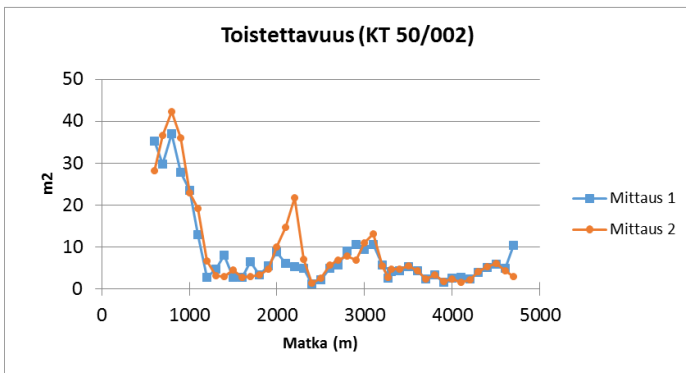
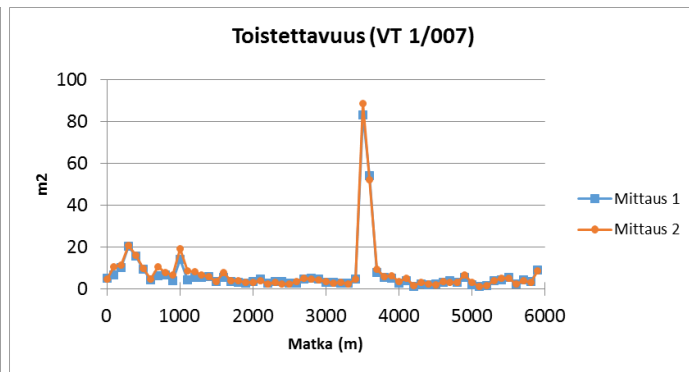
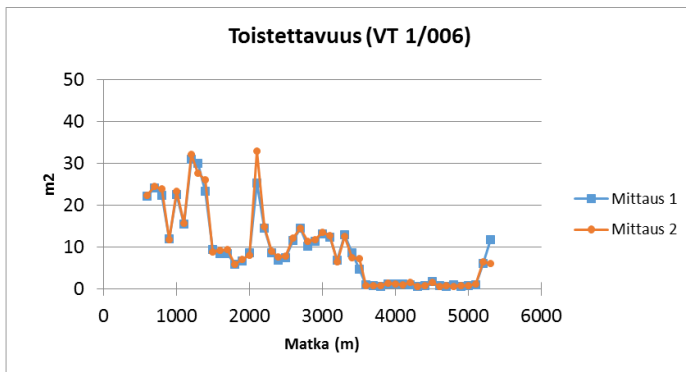
1. D
2. B
3. C
4. A

☐ Valittiin B



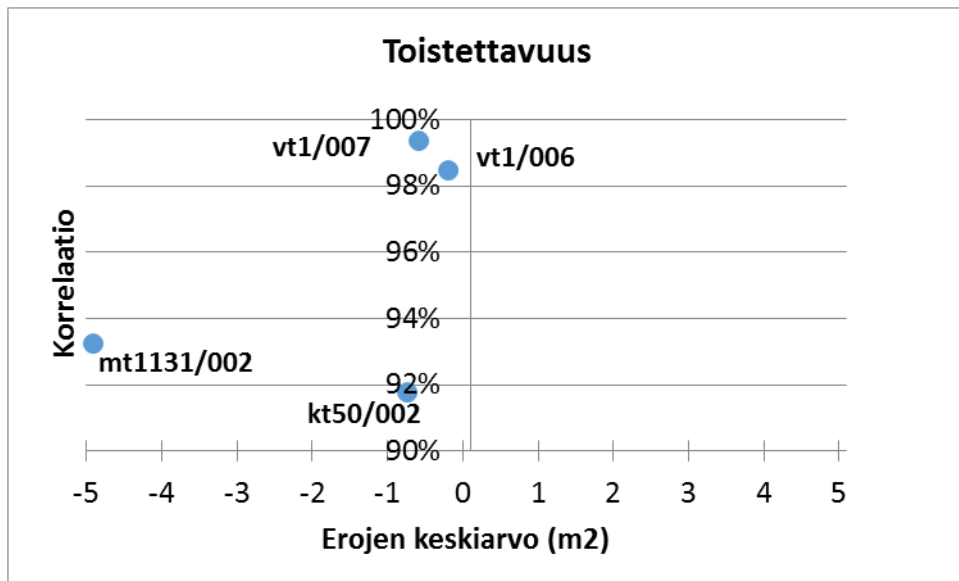


Bitumin pintaan nousu - toistettavuustesti





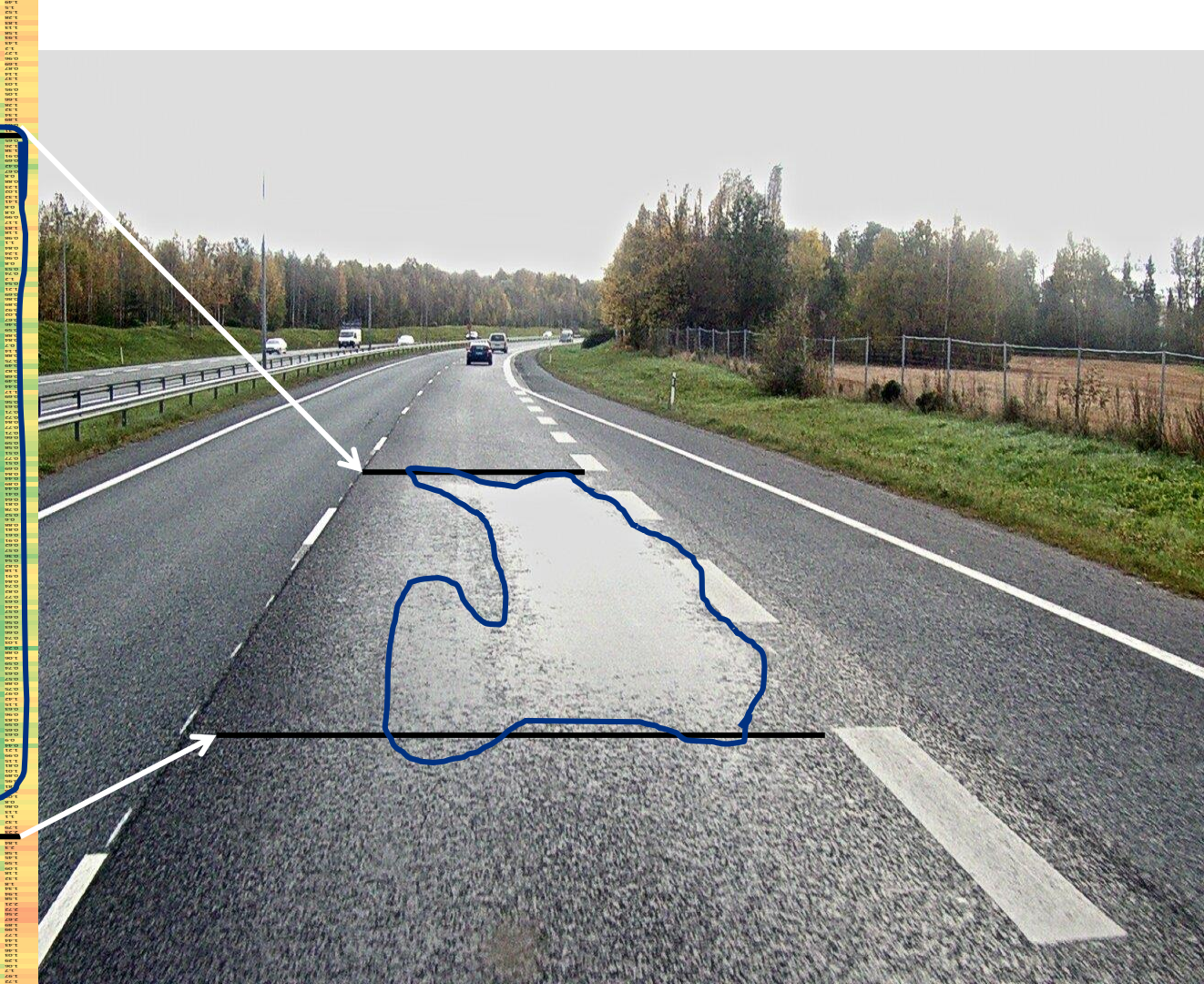
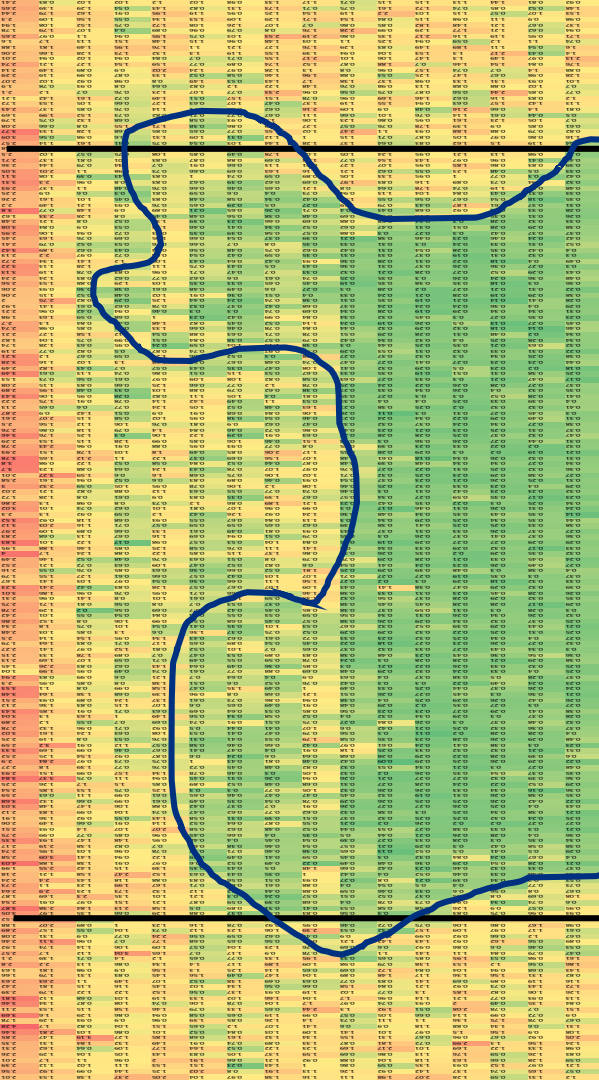
Bitumin pintaan nousu - toistettavuustesti





Bitumin pintaan nousu







Purkauma – tosimitan määrittäminen

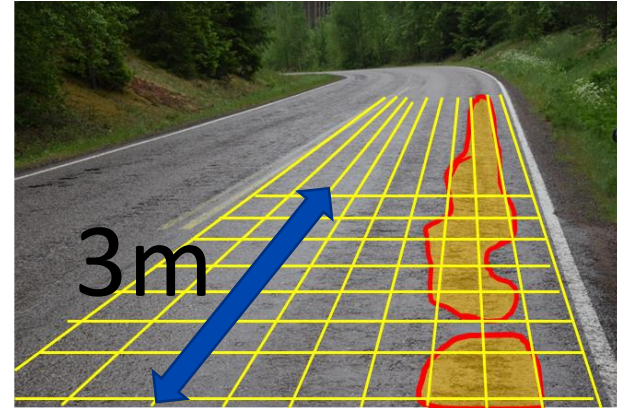
1. Kohteen valinta



2. Purkauman määrittäminen



3. Pinta-alan määrittäminen

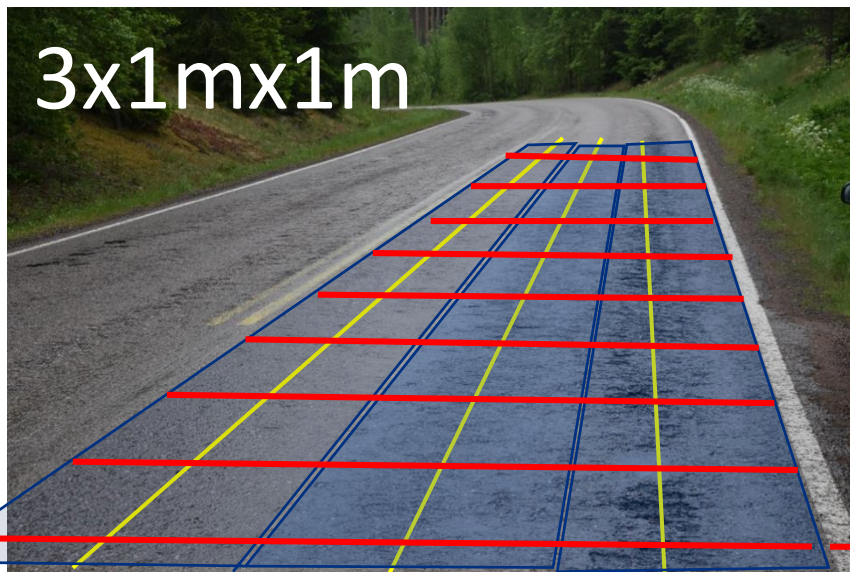


- ☐ 17 kohdetta kukin 3 m pitkiä (vt 3/117/SMA 16)
- ☐ Määritettiin lajittumaa sisältänyt pinta-ala
- ☐ Ruudutettiin 40cmx40cm kokoisiin aloihin
- ☐ Laskettiin pinta-ala = tosimitta

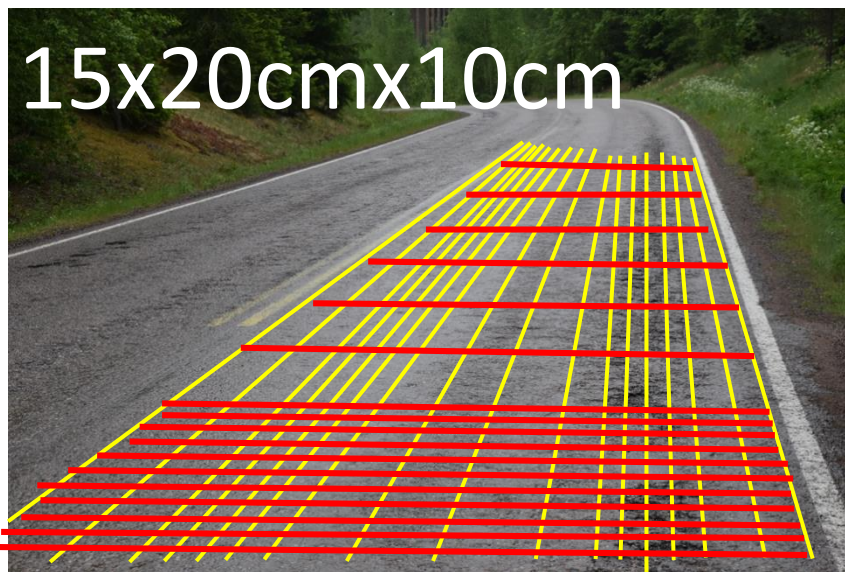


Purkauma - mittausmenetelmä

Menetelmä A



Menetelmä B

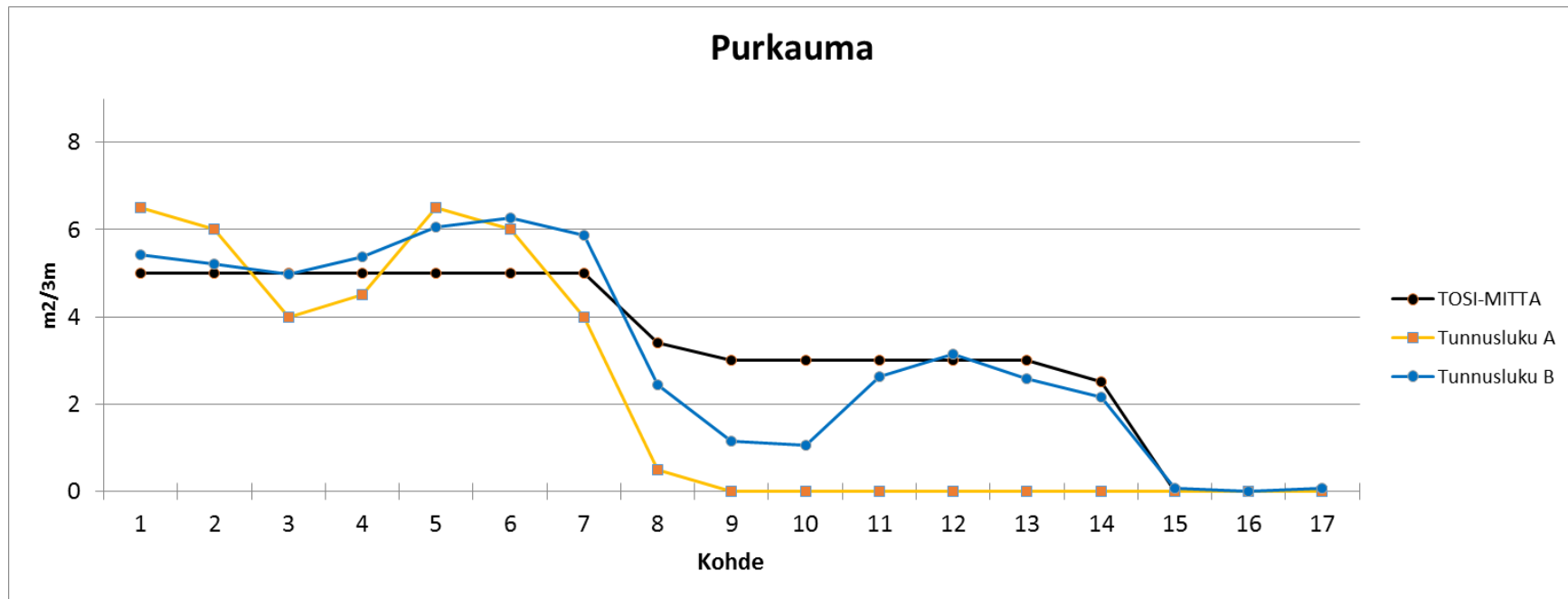




Purkauma - tosimitatesti

Tunnusluku A

Tunnusluku B



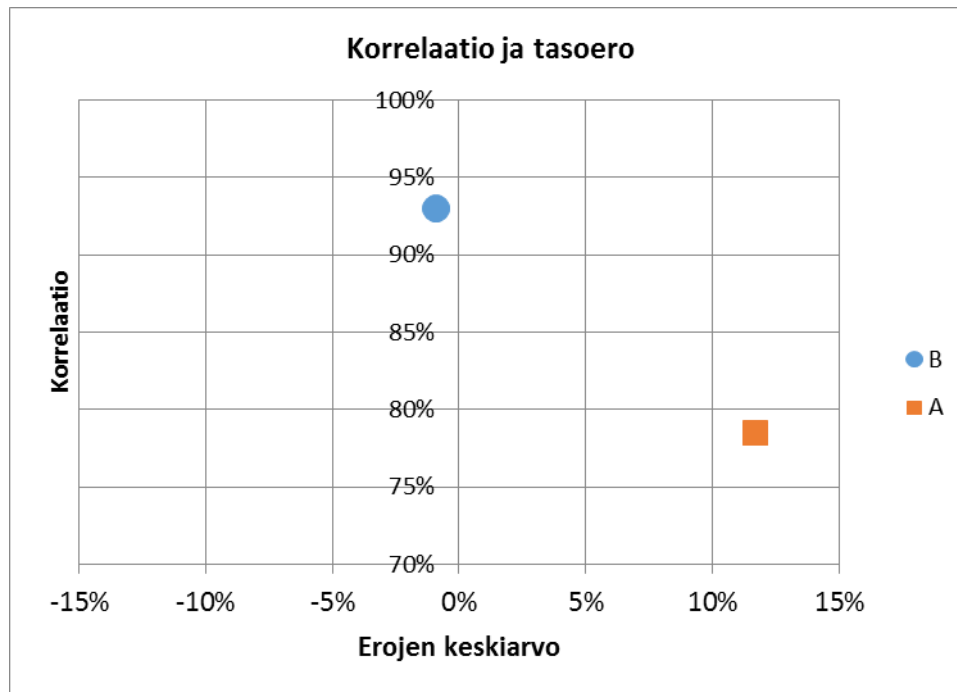


Purkauma - tosimitatesti

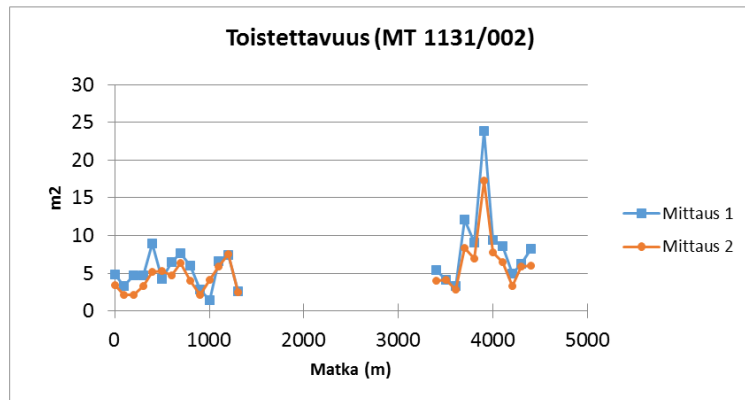
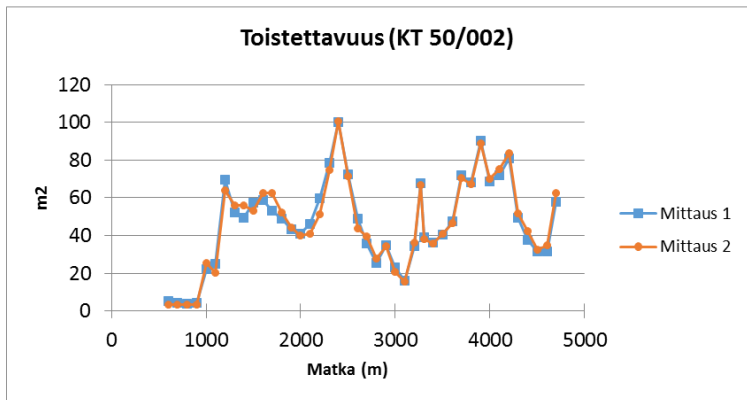
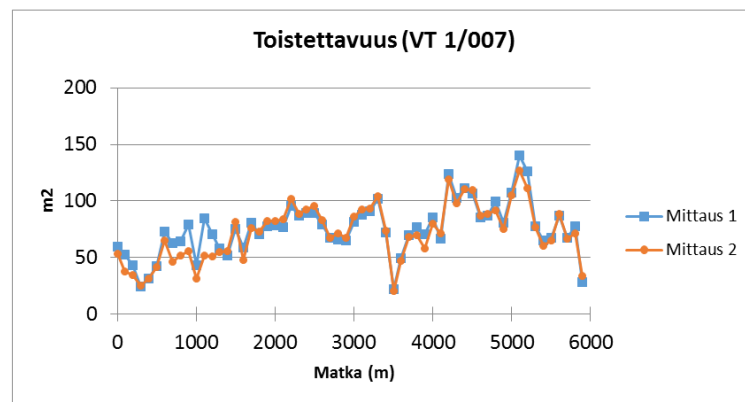
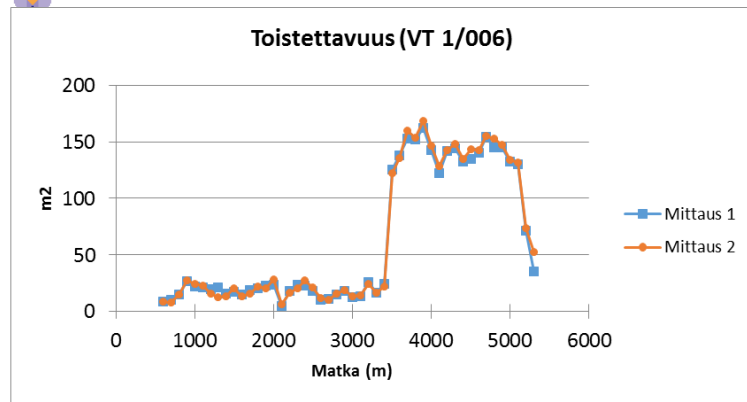
☐ Tunnuslukujen paremmuus

1. B selvästi parempi
2. A

☐ Valittiin B



Purkauma - toistettavuustesti

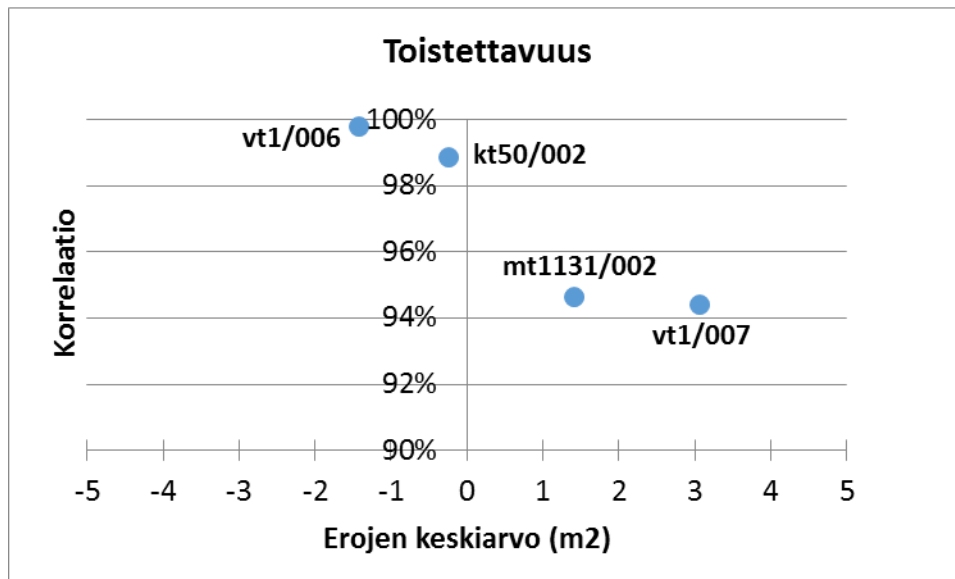




Purkauma - toistettavuustesti

☐ Toistettavuus

1. VT1/6 & KT50/2 erinomainen
2. MT 1131/2 & VT1/7 hyvä





Yhteenveto

- ☐ Lajittumavirheiden mittaustekniikka kehittyy
 - ☐ Lämpökamera, Maatutka, Pistelaser, Viivalaser, Vauriokuvaus.
 - ☐ Pistelaser tekniikkaa tutkittu eniten, tunnuslukuna MPD tai "stone-away"
 - ☐ Ongelmana päällystetyypin hallinta
- ☐ Lajittumakohtien poranäytteet
 - ☐ Lajittuma näkyy näytetuloksissa, mutta joitakin epäloogisuuksia
 - ☐ Näytekohdan MPD kuitenkin lupaava
- ☐ MPD3:ssa resoluutio-ongelma, siksi MPD17
 - ☐ Vaatii dynaamisen korjauksen, = menetelmä B
- ☐ Bitumin pintaan nousu
 - ☐ Suhde tosimitaan hyvä
 - ☐ Toistettavuus hyvä
- ☐ Purkauma
 - ☐ Suhde tosimitaan hyvä
 - ☐ Toistettavuus hyvä
- ☐ Jatko
 - ☐ Päällystetyypin hallintaa paremmaksi
 - ☐ Tosimittatestit AB:lle ja PAB:lle
 - ☐ Maastovastaavuustesti
 - ☐ Pilottimittauksia
 - ☐ Uusia päällysteitä
 - ☐ Vanhoja päällysteitä
 - ☐ Eri ikäisiä -> vuosikehitys
 - ☐ Reikiintymisen seuranta