



# Vertailukoe

Massa-analyysi, maksimitiheys, kappaletiheys, asfalttipäällysteen paksuus

Lemminkäinen



# Näytteet

- Maksimitiheys (1 näyte/laboratorio)
  - N. 900 g yksittäisannokset
- Massa-analyysi (2 näytettä/laboratorio)
  - N. 1 kg yksittäisannokset
- Kappaletiheys (4 näytettä/laboratorio)
  - Kolme samaa palaa kiersivät jokaisessa osallistuvassa laboratoriossa
  - Yksi pala jaetusta näytteestä (jokaisella laboratoriollla oma pala)
- Asf.päällysteen paksuus (4 näytettä/laboratorio)
  - Samat näytteet kiersivät jokaisessa osallistuvassa laboratoriossa
  - 2 palaa olivat yksikerroksisia
  - 1 pala oli kaksikerroksinen



# Kierrossa olleet päällystenäytteet

- Kappaletiheys ja asfalttipäällysteen paksuus

- LIOY Keskuslaboratorio tutki kappaletiheysten ja paksuuden ensimmäisenä ja viimeisenä
- Paksuus

Pala nro	Paksuus ennen kiertoa (mm)	Paksuus kierron jälkeen (mm)	Tulosten välinen ero (mm)	Tulosten välinen ero (%)
1	43,7	43,7	0	0,0
2	37,5	37,4	0,1	0,3
3	37,6	38,2	-0,6	-1,6
4	42,3	41,6	0,7	1,7

- Kappaletiheys

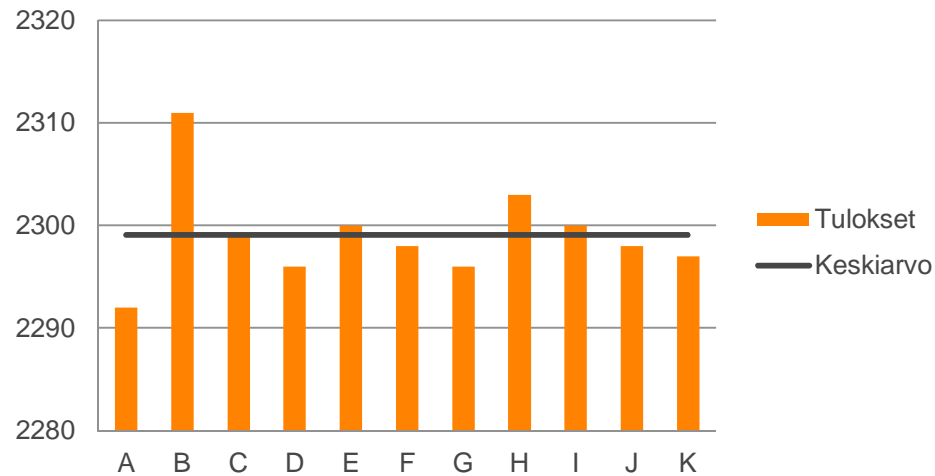
Pala nro	Massa ennen kiertoa (g)	Tiheys ennen kiertoa (kg/m <sup>3</sup> )	Massa kierron jälkeen (g)	Tiheys kierron jälkeen (kg/m <sup>3</sup> )	Massan muutos (g)	Tiheyden muutos (kg/m <sup>3</sup> )	Tiheyden muutos (%)
1	659,2	2300	658,8	2295	0,4	5	0,2
2	677,8	2291	677,6	2284	0,2	7	0,3
3	777,3	2360	777,3	2360	0,0	0	0,0



# Tulokset

- Kappaletiheys SMA (kiertäneet näytteet)

**Pala 1**



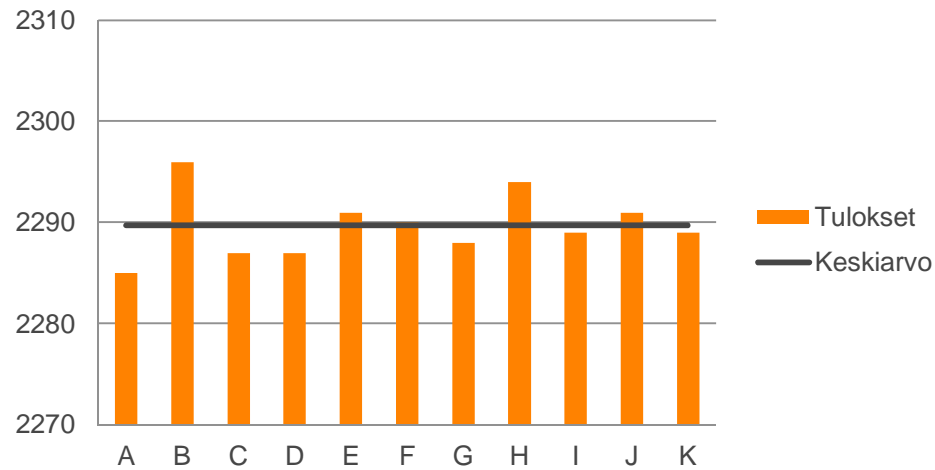
nro	Keskiarvo	Pienin tulos	Suurin tulos	Maksimi ero	Keskihajonta	Kh / ka (%)
1	2299	2292	2311	19	4,85	0,21



# Tulokset

- Kappaletiheys SMA (kiertäneet näytteet)

## Pala 2



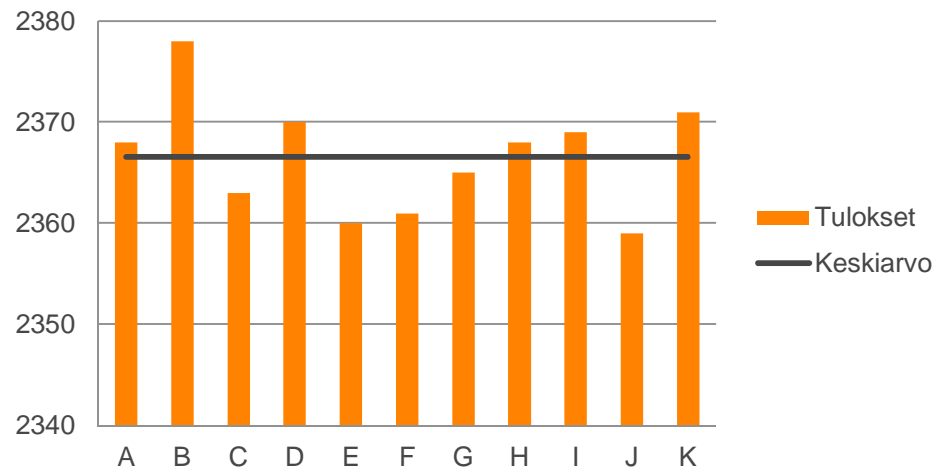
nro	Keskiarvo	Pienin tulos	Suurin tulos	Maksimi ero	Keskihajonta	Kh / ka (%)
2	2290	2285	2296	11	3,20	0,14



# Tulokset

- Kappaletiheys AB (kiertäneet näytteet)

**Pala 3**



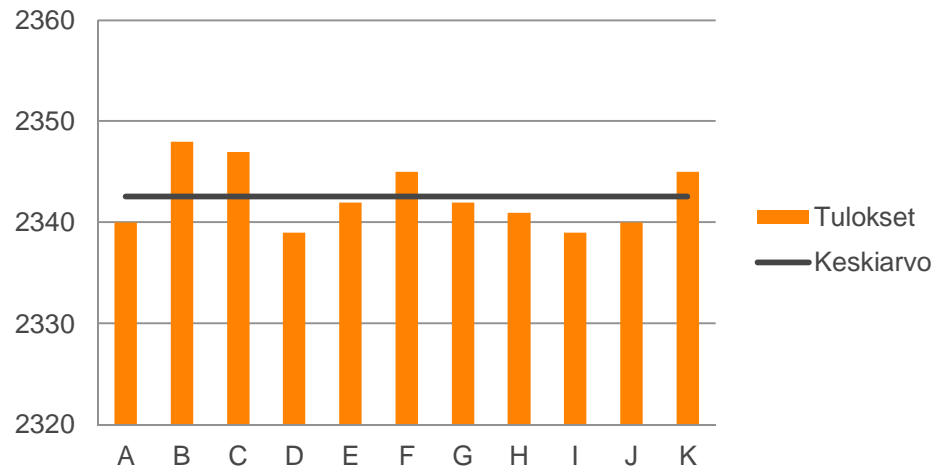
nro	Keskiarvo	Pienin tulos	Suurin tulos	Maksimi ero	Keskihajonta	Kh / ka (%)
3	2367	2359	2378	19	5,65	0,24



# Tulokset

- Kappaletiheys AB (jaettu näyte)

## Pala 4

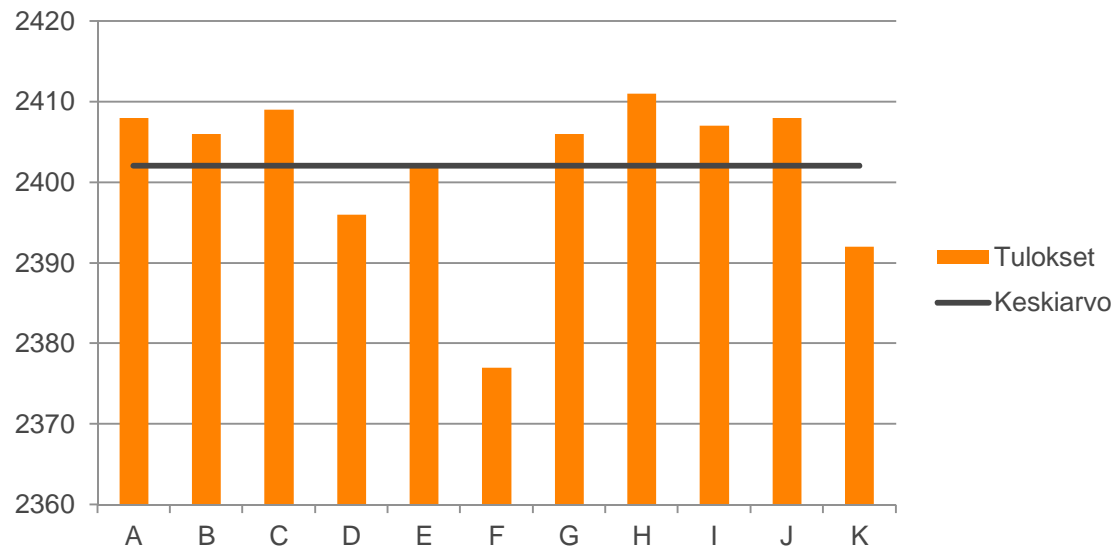


nro	Keskiarvo	Pienin tulos	Suurin tulos	Maksimi ero	Keskihajonta	Kh / ka (%)
4	2343	2339	2348	9	3,21	0,14



# Tulokset

- Maksimitiheys



nro	Keskiarvo	Pienin tulos	Suurin tulos	Maksimi ero	Keskihajonta	Kh / ka (%)
1	2402	2377	2411	34	10,10	0,42

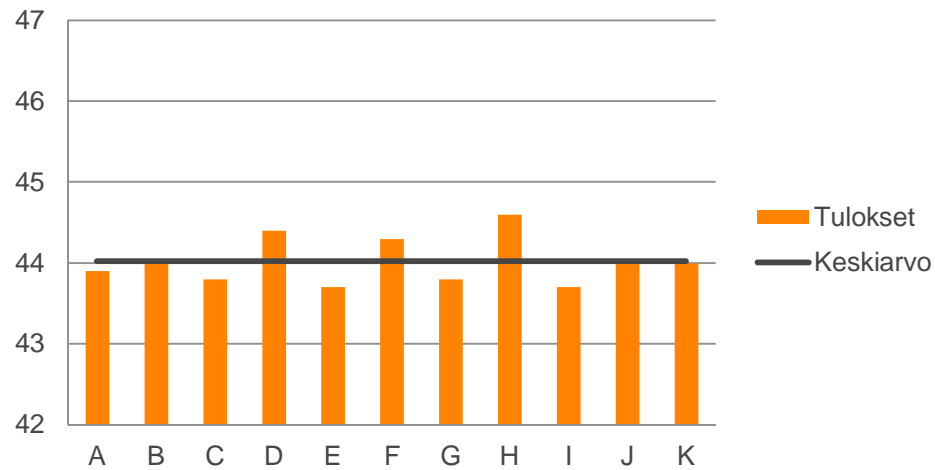




# Tulokset

- Asfalttipäällysteen paksuus (1 kerroksiset palat)

Pala 1



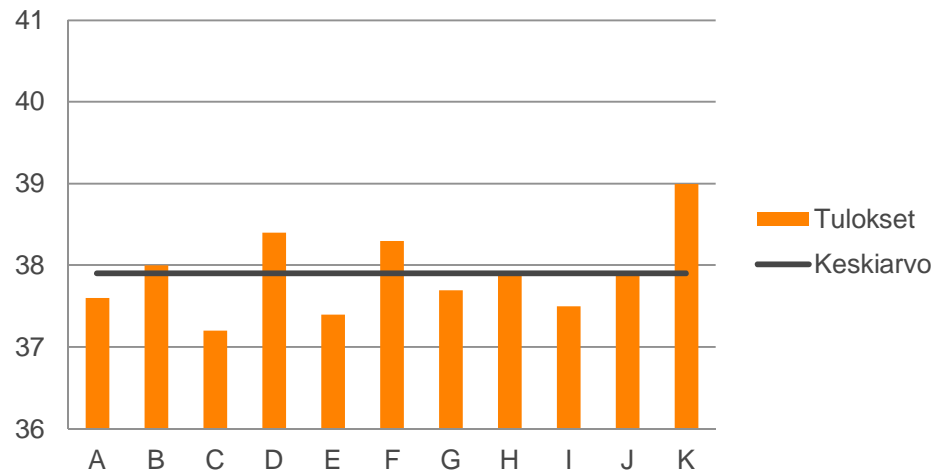
nro	Keskiarvo	Pienin tulos	Suurin tulos	Maksimi ero	Keskihajonta	Kh / ka (%)
1	44,0	43,7	44,6	0,9	0,30	0,67



# Tulokset

- Asfalttipäällysteen paksuus (1 kerroksiset palat)

**Pala 2**



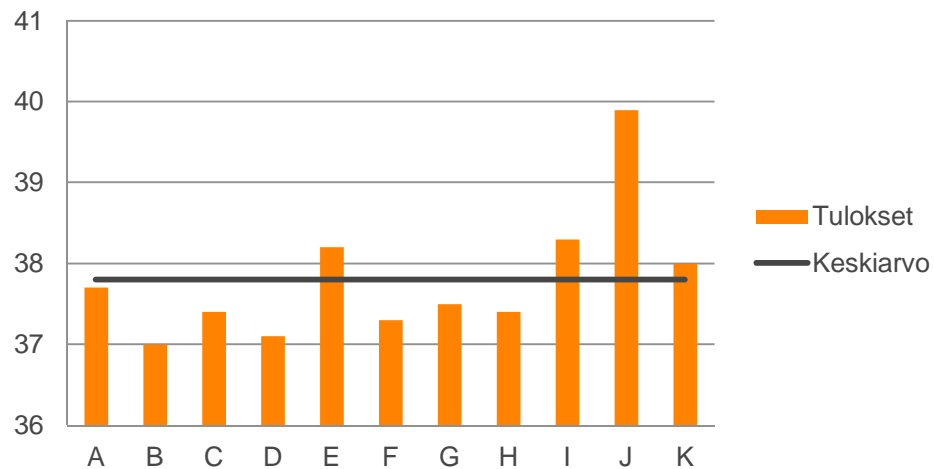
nro	Keskiarvo	Pienin tulos	Suurin tulos	Maksimi ero	Keskihajonta	Kh / ka (%)
2	37,9	37,2	39,0	1,8	0,52	1,36



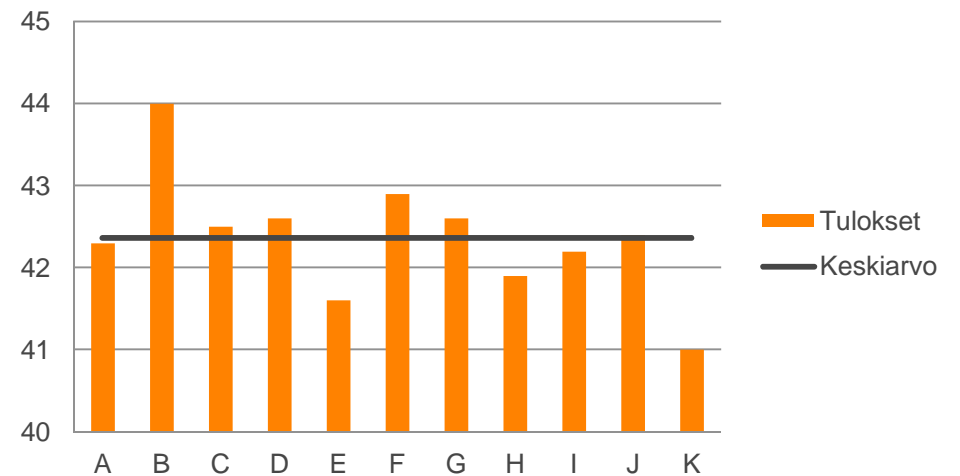
# Tulokset

- Asfalttipäällysteen paksuus (2 kerroksinen pala)

### Pala 3



### Pala 4



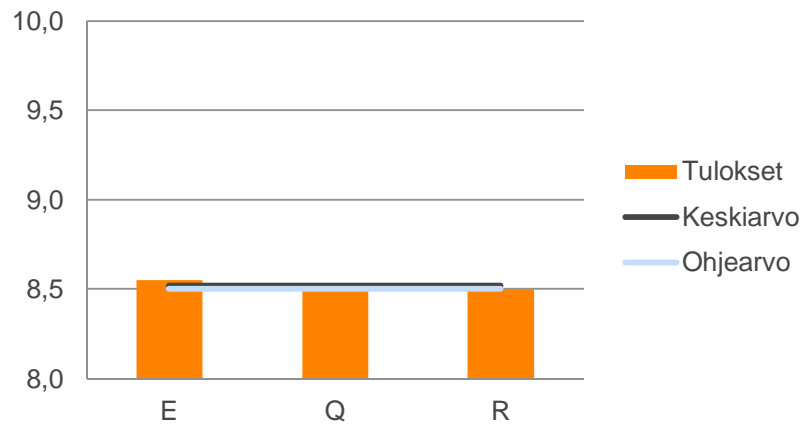
nro	Keskiarvo	Pienin tulos	Suurin tulos	Maksimi ero	Keskihajonta	Kh / ka (%)
3	37,8	37,0	39,9	2,9	0,82	2,16
4	42,4	41,0	44,0	3,0	0,76	1,80
3+4	80,2	79,0	82,3	3,3	0,89	1,11



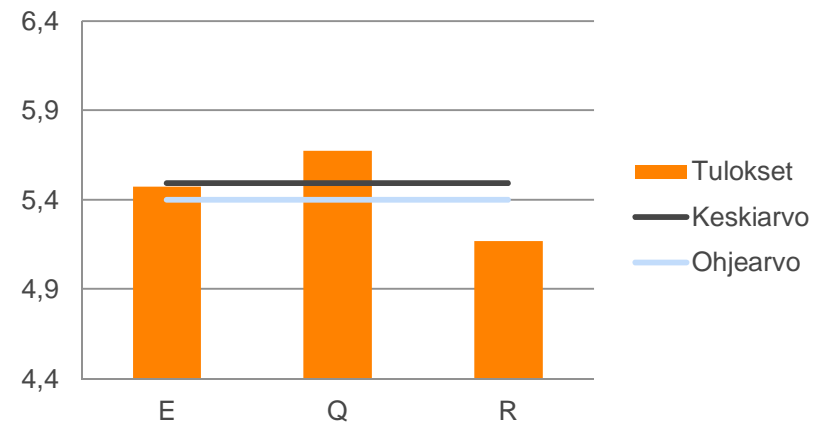
# Tulokset

- Massa-analyysi (Polttomenetelmä)

**Poltto 0,063 mm läpäisy-%**



**Poltto sideainepitoisuus**



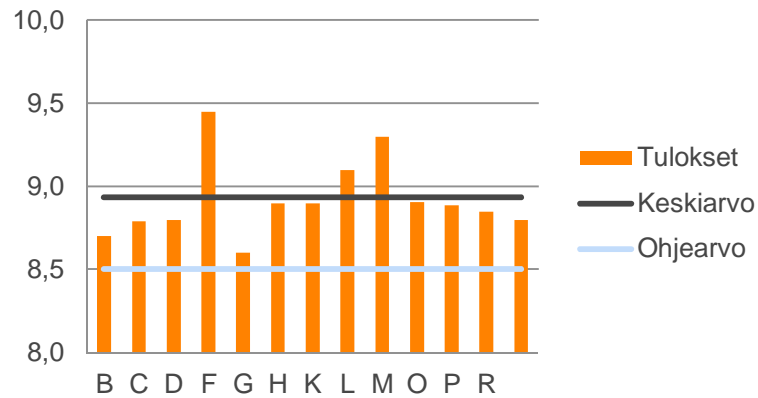
Polttomenetelmä														
KA	5,5	8,5	11	14	19	26	36	47	55	64	77	93	100	
KH	0,21	0,08	0,04	0,44	0,18	0,45	0,55	0,45	0,18	0,45	0,52	0,61	0,00	
R	0,6	0,2	0,1	1,2	0,5	1,3	1,5	1,3	0,5	1,3	1,5	1,7	0,0	
MIN	5,2	8,4	11	14	19	26	36	47	55	63	77	93	100	
MAX	5,7	8,6	11	15	19	27	37	48	55	64	78	94	100	
ERO	0,5	0,2	0	1	0	1	2	1	0	1	1	1	0	
KPL	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Kh / ka (%)	3,8	1,0	0,4	3,1	0,9	1,7	1,5	0,9	0,3	0,7	0,7	0,6	0,0	



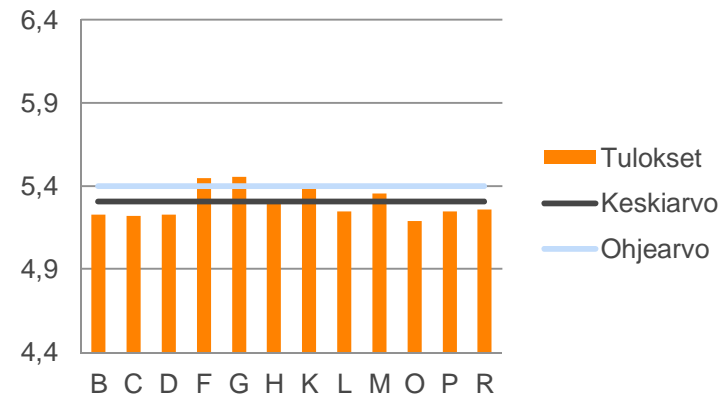
# Tulokset

- Massa-analyysi (Uuttosuodatus)

### Uuttosuodatus 0,063 mm läpäisy-%



### Uuttosuodatus sideainepitoisuus



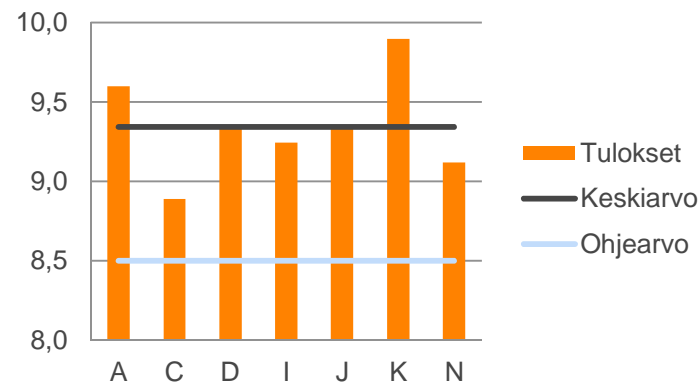
Uuttosuodatus	B	C	D	F	G	H	K	L	M	O	P	R	
KA	5,3	8,9	11	14	19	26	35	47	55	64	76	93	100
KH	0,11	0,34	0,38	0,42	0,32	0,33	0,40	0,34	0,53	0,38	0,89	0,74	0,00
R	0,3	0,9	1,1	1,2	0,9	0,9	1,1	1,0	1,5	1,1	2,5	2,1	0,0
MIN	5,2	8,0	11	14	19	26	35	47	54	63	75	91	100,0
MAX	5,6	9,6	12	15	20	27	36	48	57	64	79	94	100,0
ERO	0,4	1,6	1	1	1	1	1	1	3	1	4	3	0
KPL	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Kh / ka (%)	2,1	3,8	3,3	2,9	1,7	1,3	1,1	0,7	1,0	0,6	1,2	0,8	0,0



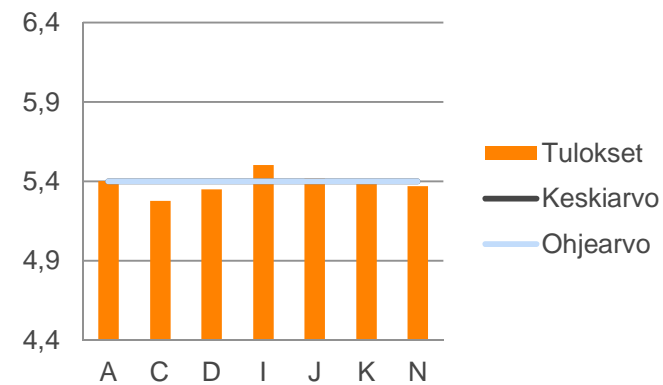
# Tulokset

- Massa-analyysi (Asfalttiansalysointilaitte)

**Analysaattori 0,063 mm  
läpäisy-%**



**Analysaattori  
sideainepitoisuus**



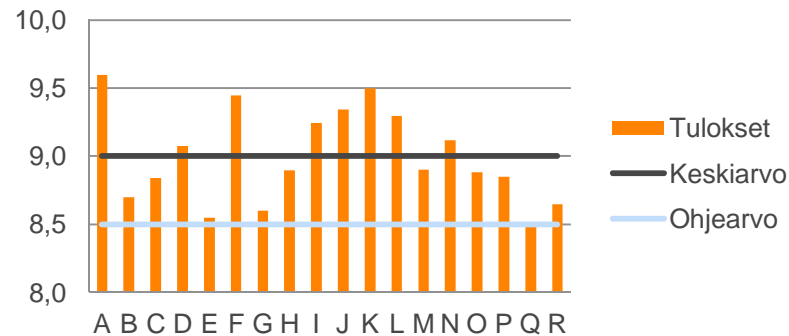
Asf.analysaattori														
KA	5,4	9,3	12	15	19	26	35	47	55	64	77	93	100	
KH	0,07	0,42	0,33	0,30	0,33	0,41	0,36	0,33	0,38	0,24	0,62	0,46	0,00	
R	0,2	1,2	0,9	0,9	0,9	1,2	1,0	0,9	1,1	0,7	1,7	1,3	0,0	
MIN	5,3	8,9	11	14	19	26	35	47	54	63	76	92	100	
MAX	5,5	10,3	12	15	20	27	36	48	55	64	78	94	100	
ERO	0,2	1,4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	0	
KPL	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
Kh / ka (%)	1,3	4,5	2,8	2,1	1,7	1,6	1,0	0,7	0,7	0,4	0,8	0,5	0,0	



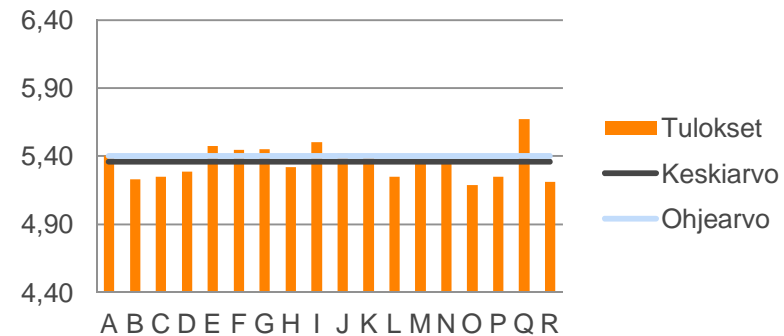
# Tulokset

- Massa-analyysi (Kaikki laitteet)

**Kaikki laitteet 0,063 mm läpäisy-%**



**Kaikki laitteet sideainepitoisuus**



Kaikki														
KA	5,4	9,0	11	14	19	26	35	47	55	64	76	93	100	
KH	0,13	0,43	0,40	0,42	0,31	0,37	0,48	0,35	0,45	0,38	0,83	0,68	0,00	
R	0,4	1,2	1,1	1,2	0,9	1,0	1,4	1,0	1,3	1,1	2,3	1,9	0,0	
MIN	5,2	8,0	11	14	19	26	35	47	54	63	75	91	100,0	
MAX	5,7	10,3	12	15	20	27	37	48	57	64	79	94	100,0	
ERO	0,6	2,3	1	1	1	1	2	1	3	1	4	3	0	
KPL	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
Kh / ka (%)	2,5	4,8	3,5	2,9	1,6	1,4	1,4	0,7	0,8	0,6	1,1	0,7	0,0	



# Tarkkuuden analysointi

- Kappaletiheys

Kappaletiheys (kg/m <sup>3</sup> )	Vertailukoe		Menetelmästandardi		Kh / ka (%)
	Tulosten välinen maksimi ero	R	$r = 17 + 0,3 * A * 10^{-3}$ Mg/m <sup>3</sup>	$R = 22 + 0,6 * A * 10^{-3}$ Mg/m <sup>3</sup>	
2299	19	14	31 kg/m <sup>3</sup>	49 kg/m <sup>3</sup>	0,21
2290	11	9	31 kg/m <sup>3</sup>	49 kg/m <sup>3</sup>	0,14
2367	19	16	23 kg/m <sup>3</sup>	35 kg/m <sup>3</sup>	0,24
2343	9	9	17 kg/m <sup>3</sup>	22 kg/m <sup>3</sup>	0,14

- Maksimitiheys

Maksimitiheys (kg/m <sup>3</sup> )	Vertailukoe		Menetelmästandardi		Kh / ka (%)
	Tulosten välinen maksimi ero	R	$r = 11$ kg/m <sup>3</sup>	$R = 22$ kg/m <sup>3</sup>	
2402	34	28	11 kg/m <sup>3</sup>	22 kg/m <sup>3</sup>	0,42
2405	19	17	11 kg/m <sup>3</sup>	22 kg/m <sup>3</sup>	0,25





# Tarkkuuden analysointi

- Asfalttipäällysteen paksuus

Paksuus (mm)	Vertailukoe		Menetelmästandardi		Kh / ka (%)
	Tulosten välinen maksimi ero	R	r = 1,2 mm	R = 1,8 mm	
44,0	0,9	0,8	1,2 mm	1,8 mm	0,7
37,9	1,8	1,4	1,2 mm	1,8 mm	1,4
37,8	2,9	2,3	1,2 mm	1,8 mm	2,2
42,4	3,0	2,1	1,2 mm	1,8 mm	1,8
<b>Keskiarvo</b>	2,2	1,7	-	-	1,5



# Tarkkuuden analysointi

- Asfalttinäytteen rakeisuus

Seula	Seulan läpäisyn ohjearvo (%)	Seulan läpäisy (%)	Vertailukoe		SFS-EN 933-1	Kh / ka (%)
			Tulosten välinen maksimi ero	R	R (0,063-4 mm seulat)	
16	92	93	3,2	1,9	2,2	0,7
11,2	76	76	4,3	2,3	3,7	1,1
8	63	64	1,3	1,1	4,1	0,6
5,6	54	55	3,0	1,3	4,3	0,8
4	47	47	1,3	1,0	4,3	0,7
2	34	35	2,0	1,4	4,1	1,4
1	25	26	1,3	1,0	3,8	1,3
0,5	18	19	1,4	0,9	3,4	1,4
0,25	13	14	1,2	1,2	3,0	2,8
0,125	10	11	1,0	1,1	2,7	3,4
0,063	8,5	9,0	2,3	1,2	2,6	4,8



# Tarkkuuden analysointi

- Asfaltinäytteen sideainepitoisuus

Sideainepitoisuus (%)	Vertailukoe		Menetelmästandardi		Kh / ka (%)
	Tulosten välinen maksimi ero	R	r = 0,3 %-yks.	R = 0,5 %-yks.	
<b>Kaikki laitteet 5,4 %</b>	0,6	0,4	0,3	0,5	2,4
<b>Uuttosuodatus 5,3 %</b>	0,3	0,3	0,3	0,5	1,7
<b>Asf.analysointi 5,4 %</b>	0,2	0,2	0,3	0,5	1,3
<b>Polttomenetelmä 5,5 %</b>	0,5	- (0,6)	0,3	0,5	3,8



# Johtopäätökset päällystenäytteet

- Kappaletiheys
  - Kiertäneet näytteet
    - Hajonta hieman suurempaa kuin jaetussa näytteessä
      - Palojen tiheys kuitenkin muuttunut hieman kierron aikana? Systemaattista muutosta kierron aikana ei havaittavissa
    - Kaikki tulokset ovat kuitenkin Standardin R-arvon sisällä
    - Pintakuivan määritelmä
- Maksimitiheys
  - Hajonta melko vähäistä lukuun ottamatta yhtä poikkeavaa tulosta
- Asfalttipäällysteen paksuus
  - Kaksikerroksisen palan tulokset eroavat toisistaan
    - Kerrosten välisen rajapinnan löytäminen
    - Mittauskohtien valinta



# Johtopäätökset massa-analyysi

- Asfalttinäytteen rakeisuus (0,063 mm seula)
  - Tuloksissa hajontaa
  - Asfalttianalyssaattori antaa keskimäärin 0,8 %-yksikköä ja uuttosuodatus keskimäärin 0,4 %-yksikköä ohjearvoa suuremman tuloksen
  - Polttomenetelmällä saatiin ohjearvoon nähden yhtenevä tulos
  - Muilla seuloilla pääasiassa vain yksittäisiä poikkeamia
  - Standardin R-arvo...
- Asfalttinäytteen sideainepitoisuus
  - Kaikki tulokset 0,5 %-yksikön sisällä toisistaan
  - Laboratorioiden sisäiset hajonnat hyvin pieniä



# Johtopäätökset vertailukokeesta

- Massanäytteet
  - Näytteiden määrä suurempi (resurssikysymys)
  - Sideaineena ei kannata käyttää kovin pehmeää bitumia
    - B50/70
- Kappaletiheysten vertailussa palojen ei välttämättä tarvitse kiertää jokaisessa laboratoriossa vaan vertailu voidaan tehdä myös ”jaetuilla näytteillä”
  - Maksimirakekoko  $\leq 8$  mm
- Maksimitiheys näytteet saadaan riittävän homogeenisiksi kun rakennetaan näytteet fraktioittain ja käytetään yhden toimituserän sideainetta

# Lemminkäinen

Henri Väisänen  
Tutkimusinsinööri  
Lemminkäinen Infra Oy  
Puusepätie 5, 04360 Tuusula  
Puh. 050 449 7903  
[henri.vaisanen@lemminkainen.com](mailto:henri.vaisanen@lemminkainen.com)  
[www.lemminkainen.fi](http://www.lemminkainen.fi)