

RINGANALYSE PÅ TRØGERMETODEN

Vegdirektoratet
Veglaboratoriet



Veglaboratoriet

RINGANALYSE PÅ TRØGERMETODEN

Vegdirektoratet Veglaboratoriet

Gaustadalleen 25, Postboks 6390 Etterstad, Oslo 6 Tlf. (02) 63 99 00



Veglaboratoriets Interne rapporter omfatter utredninger, forskningsresultater, studiebesøk, forslag til retningslinjer, foredrag og kurskompendier.

Rapportene er delt i to grupper:

- B: For bruk innen Statens vegvesen
- C: For fri distribusjon

Innholdet eller deler av det må ikke publiseres videre uten tillatelse fra Veglaboratoriet.

prosjekt/oppdrag:

seksjon: 44 - Asfalt- og kjemi

saksbehandler: Jens K. Lofthaug

/BN

dato: Mars 1987



VEGLABORATORIET

rapportsammendrag

X	Intern rapport
	Laboratorierapport
	Oppdragsrapport

111	A	Rapportstatus*) N	Seksjon/fylke 44	Prosjekt	Gruppe: C	nr. 1317
-----	---	----------------------	---------------------	----------	--------------	----------

1 2 3 4 5 21 31 41 51 61 71

TITTEL	212	A	Ringanalyse av Trøggermetoden
--------	-----	---	-------------------------------

SAKS-BEHANDLER	221	A	Navn Jens K. Lofthaug	Institusjon Nørconsult A/S (Veglaboratoriet)
	B			
	C			

RAPPORT DATA	421	A	Rapporttype**) FoU	Dato Mars 1987	Erstatter rapport nr:	
	B		Totalt sidetall 35		Språk Norsk	
	C		Antall fotos	Ant. figurer 12	Ant. tabeller 15	Ant. litt.henv.
	D		Sammendrag i andre språk			

SAMMENDRAG	511	A	<p>I 1986 ble det utført ringanalyse med 10 Trøggerapparater. Det ble testet 18 asfaltprøver og 1 standardprøve (sintret carborundum). Alle asfaltprøvene var av samme massetype (Ab16t), men de var proposjonert med 3 ulike steinmaterialer (fraksjonene ≥ 4 mm).</p> <p>Resultatene viser stor spredning i Trøggerverdier mellom laboratoriene. Variasjonen er fra 8,5 (cm³) til 14,7 (cm³), beregnet ut ifra midlet av laboratoriets enkeltverdier (18 stk.).</p> <p>Gjennomsnittlig standardavvik innenfor laboratoriene er ca. 0,8, mens standardavviket mellom laboratoriene er ca. 2,0.</p> <p>Variasjonskoeffisienten varierer fra 5,7 (%) til 10,0 (%) innenfor laboratoriene og fra 14,9 (%) til 22,0 (%) mellom laboratoriene.</p> <p>Det er ikke mulig å oppdage avvik i utførelse eller innstilling som skulle tilsi den store spredningen vi fikk i ringanalysen.</p> <p>Resultatene viser at forskjellen i Trøggerverdi mellom de tre ulike materialtypene er forholdsvis konstant for alle laboratoriene. Denne forskjellen er stor nok til å skille materialkvaliteter fra hverandre.</p> <p>Standardprøven av sintret carborundum egner seg dårlig som referanse.</p> <p>Ved å stille inn nålepistolen v.h.j.a. et elektronisk kalibreringsapparat (PSM/RMS-metoden) vil man halvere spredningen mellom laboratoriene. Dette gir likevel for stor spredning.</p>			
						IRRD kode

FAG-OMR.	611	A	Bituminøse bindemidler og materialer	31
	B			
	C			
NØKKELOD	621	A	Bituminøse materialer	4955
	B		Slitasje	3868
	C		Metoder	9102
	D		Laboratorium	6237
	E		Måleapparat	6155
	F			
	G			
	H			

**) 421A: FoU = forskning og utvikling K = konferansebidrag O = oppdrags
F = forskrifter/normaler A = artikkel

*) 111A: N = ny O = oppdatert

INNHOOLD:

1. BAKGRUNN
2. RINGANALYSE PÅ TRØGERMETODEN
 - 2.1. Deltagende laboratorier
 - 2.2. Materialer
 - 2.3. Gjennomførelse av ringanalysen
 - 2.4. Resultater
 - 2.4A. Asfaltprøver
 - 2.4B. Bruk av standardprøve (referanse)
 - 2.4C. PSM/RMS-metoden
 - 2.5. Statistiske beregninger
 - 2.6. Konklusjon
3. HVA KAN VI BRUKE TRØGERAPPARATET TIL IDAG?
4. MULIGHETER FOR Å FORBEDRE TRØGERAPPARATET

VEDLEGG:

1. Brev av 1985-11-18 fra Veglaboratoriet
2. Brev av 1986-03-13 fra Veglaboratoriet
3. Prosedyrebeskrivelse

1 BAKGRUNN

I dag er det 10 trøgerapparater i Norge. 3 trøgerapparater ble kjøpt inn før 1983 mens 7 apparater ble kjøpt i 1983. I 1985 hadde Veglaboratoriet ett trøgerapparat hos SINTEF, Avdeling for maskinkonstruksjon. Hensikten var å:

- 1 vurdere metoden og de parametrene som skal danne grunnlaget for en entydig og pålitelig kvalitetsbestemmelse av asfalt mht. slitestyrke mot piggdekk
- 2 kjøre praktiske forsøk v.hj.a. trøgerapparatet for å kartlegge spesielle egenskaper og/eller verifisere godheten av en valgt testprosedyre.

Resultatene av denne undersøkelsen er vist i Veglaboratoriets intern rapport nr. 1267 "Vurdering av trøgermetoden". Konsekvensen av undersøkelsen ble at vi gikk over til en ny prosedyre for testing av prøver i trøgerapparatet. Ulikheten mellom gammel og ny prosedyre er vist i tabellen nedenfor.

	Gammel prosedyre	Ny prosedyre
Kjørelengde	16 perioder (å 40s)	10 perioder (å 40s)
Avstand fra nålene til prøveoverflata	6 mm	3 mm
Etterjustering etter hver periode	Ja	Nei
Beregning av trøgerverdier	$\frac{\sum_{i=1}^{i=16} m_i}{s_d}$	$\frac{\sum_{i=2}^{i=10} m_i}{s_d}$

Mi - massetap i gram for hver periode
 sd - dekkets densitet

Ved å gå over til en annen prosedyre fikk vi:

- 1 Lavere trøgerverdier
- 2 Mindre spredning mellom parallelle prøver
- 3 Forskjell mellom god og dårlig kvalitet ble mindre
- 4 Kortere analysetid

Resultatet av undersøkelsen viste også at man fikk ulike trøgerverdier når man skiftet enkeltdeler i tilknytning til pistolen (se figur 2).

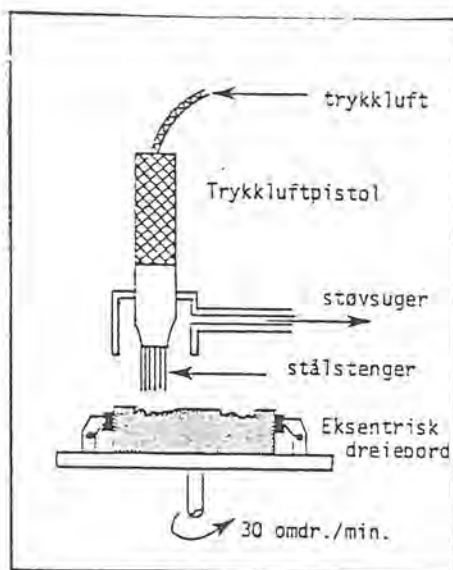


Fig. 1 Prinsippskisse av Trøgerapparaturen

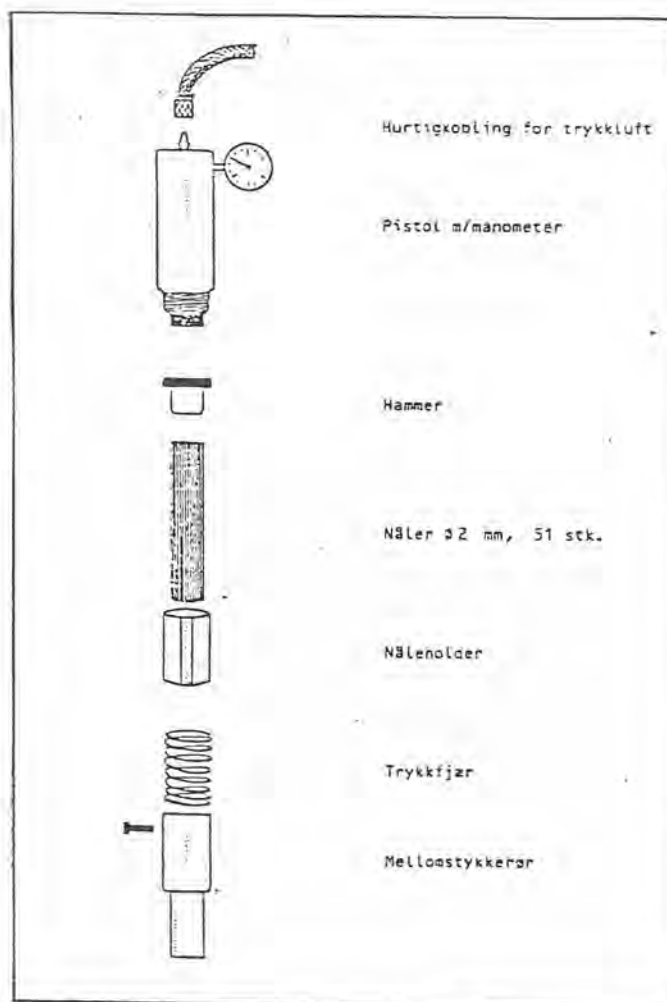


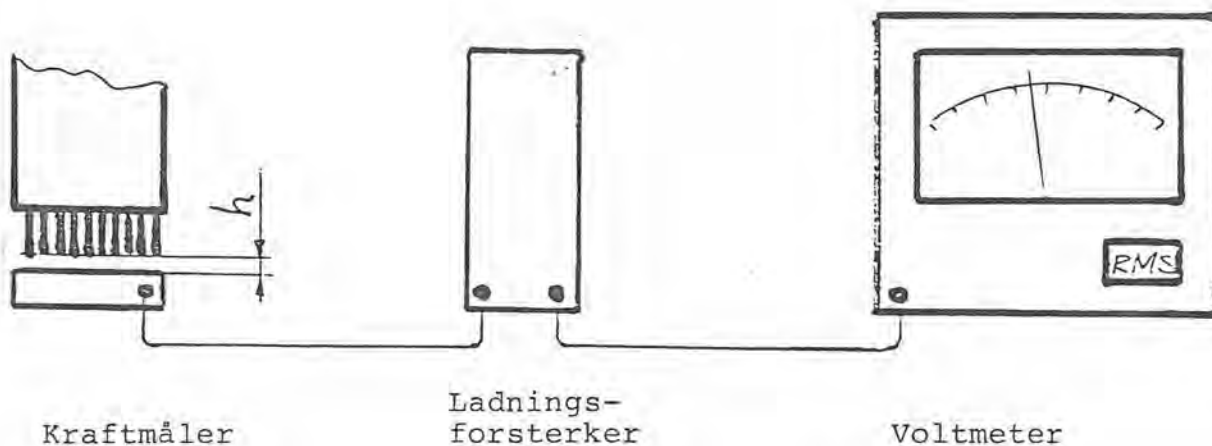
Fig. 2 Oppbyggingen av trykkluftnålepistol

Dette førte til at man utviklet en metode for å regulere slageffekten fra trøgerpistolen.

Metoden består i at slageffekten måles der en elektrisk giver blir plassert under nålene i en avstand $h = 3 \text{ mm}$ (se figur 3).

RMS-verdien av det forsterkede signalet avleses på et elektronisk voltmeter.

Lufttrykket foran nålepistolen blir regulert til man oppnår en bestemt RMS-verdi. Metoden benevnes PSM/RMS.



Figur 3 Prinsipp for måling av slageffekten fra nålene i nålepistolen; forkortet PSM.

Dette utstyret var med i ringanalysen på trøgermetoden i 1986.

2 RINGANALYSE PÅ TRØGERMETODEN

2.1 Deltakende laboratorier

I 1986 ble det utført en ringanalyse med 10 trøgerapparater etter ny prosedyre. Følgende laboratorier deltok:

Laboratorium A:	A/S Fjeldhammer Brug
"	B: A/S S. Hesselberg
"	C: Vegkontoret i Hordaland
"	D: Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Island
"	E: Nodest Vei A/S
"	F: SINTEF, Avd. Vegteknikk
"	G: Vegkontoret i Sør-Trøndelag
"	H: Vegkontoret i Telemark
"	I: Veglaboratoriet - Grått trøgerapparat
"	J: Veglaboratoriet - Blått trøgerapparat

2.2 Materialer

Veglaboratoriet stampet 9 marshallklosser til hvert laboratorium. Tilslagsmaterialene i fraksjonen < 4 mm var likt i alle prøvene, mens tilslagsmaterialene ≥ 4 mm besto av 3 ulike steinmaterialer. Det ble stampet 3 marshallklosser av hver variant og marshallklossene ble delt slik at det ble 6 trøgerprøver. De mekaniske egenskapene til tilslagsmaterialene ≥ 4 mm er vist i tabell 1.

Materialtak	Flisighetstall	Korrigert sprøhetstall, s	Abrasjonsverdi, a Norsk metode	$a \cdot \sqrt{s}$	Abrasjonsverdi Nordisk metode	Densitet
Lierskogen	1,40	24	0,31	1,52	1,81	2,90
Steinsskogen	1,39	28	0,45	2,38	2,97	2,91
Klodeborg	1,50	53	0,53	3,86	4,27	2,85

Tabell 1 Tilslagsmaterialene i asfaltprøvene

2.3 Gjennomførelse av ringanalysen

For å se eventuelle variasjoner ved apparatene og utførelsen ble det fylt ut skjema som viste arbeidstrykk under testing, testtid, omdreiningshastighet på dreiebordet, tykkelse på trøgerprøver og variasjon i tykkelse innenfor hver prøve, oppbevaringstid fra tilskjæring til vannlagring og oppbevaringstid fra vannlagring til testing.

Sammen med marshallprøvene ble det sendt en prøve av sintret carborundum. Dette for å se om denne prøven kunne brukes som standardprøve (referanse).

Da prøvene i ringanalysen skulle testes, skulle laboratoriene ta kontakt med Veglaboratoriet slik at de kunne måle slageeffekten fra pistolen samtidig som prøvene i ringanalysen ble testet. Utstyr for måling av slageeffekt er beskrevet under punkt 1. Hensikten var å se om det var sammenheng mellom målt slageeffekt og trøgerverdi på asfaltprøvene. Hvis det var god sammenheng, kunne det bli aktuelt å justere trykket på pistolen i forhold til en fast kraft (PSM/RMS-metoden). I denne ringanalysen skulle lufttrykket holdes konstant (5 bar).

2.4 Resultater av ringanalysen

2.4A Asfaltprøver

Resultatene av ringanalysen er vist i tabell 2. Enkeltverdiene finnes under punkt 2.5. Tabell 3 viser eventuelle variasjoner i innstilling av trøgerapparatene, samt variasjoner i utførelse av metoden. Figur 4 viser laboratorienes gjennomsnittlige trøgerverdi for hver materialvariant og figur 5 viser laboratorienes gjennomsnittlige trøgerverdi for hver materialvariant, samt høyeste og laveste trøgerverdi. Tabell 4 viser hvordan laboratoriene skiller de ulike kvalitetene i forhold til hverandre.

	Lab A A/S Fjeld- hammer Brug	Lab B A/S S.Hesselberg	Lab C Vegktr. i Hordaland	Lab D Island	Lab E Nodest Vei A/S	Lab F SINTEF	Lab G Vegktr. i S.-Tr.lag	Lab H Vegktr. i Telemark	Lab I Veglab. -Grått app.	Lab J Veglab. - Blått app.
	\bar{D} V	\bar{D} V	\bar{D} V	\bar{D} V	\bar{D} V	\bar{D} V	\bar{D} V	\bar{D} V	\bar{D} V	\bar{D} V
Lierskogen L	6,2 5,7- 6,9	7,8 7,3- 8,6	8,8 8,5- 9,5	7,0 6,4- 7,5	7,5 6,2- 8,1	8,3 7,3- 9,3	9,4 8,3- 10,9	9,9 9,1- 10,5	11,1 9,4- 13,2	12,8 10,9- 15,5
Steinsskogen S	8,1 7,8- 8,7	8,7 8,2- 9,0	10,4 9,8- 10,9	7,8 6,7- 8,8	9,1 8,6- 10,0	10,2 9,1- 10,8	10,7 8,7- 13,2	10,5 9,8- 11,5	12,4 11,6- 13,5	14,0 12,8- 15,2
Klodeborg K	11,6 10,3- 12,5	12,3 11,4- 13,3	13,9 13,2- 14,8	10,7 9,4- 11,6	12,1 11,3- 12,7	13,1 12,3- 13,9	12,4 10,8- 13,6	15,2 14,2- 16,1	15,3 14,8- 15,8	17,3 15,7- 19,1
	$\bar{D}_A = 8,6$	$\bar{D}_B = 9,6$	$\bar{D}_C = 11,0$	$\bar{D}_D = 8,5$	$\bar{D}_E = 9,6$	$\bar{D}_F = 10,5$	$\bar{D}_G = 10,8$	$\bar{D}_H = 11,9$	$\bar{D}_I = 12,9$	$\bar{D}_J = 14,7$
Standardstein	14,8	14,7	25,7	14,7	17,1	18,6	19,0	20,3	20,2	20,1

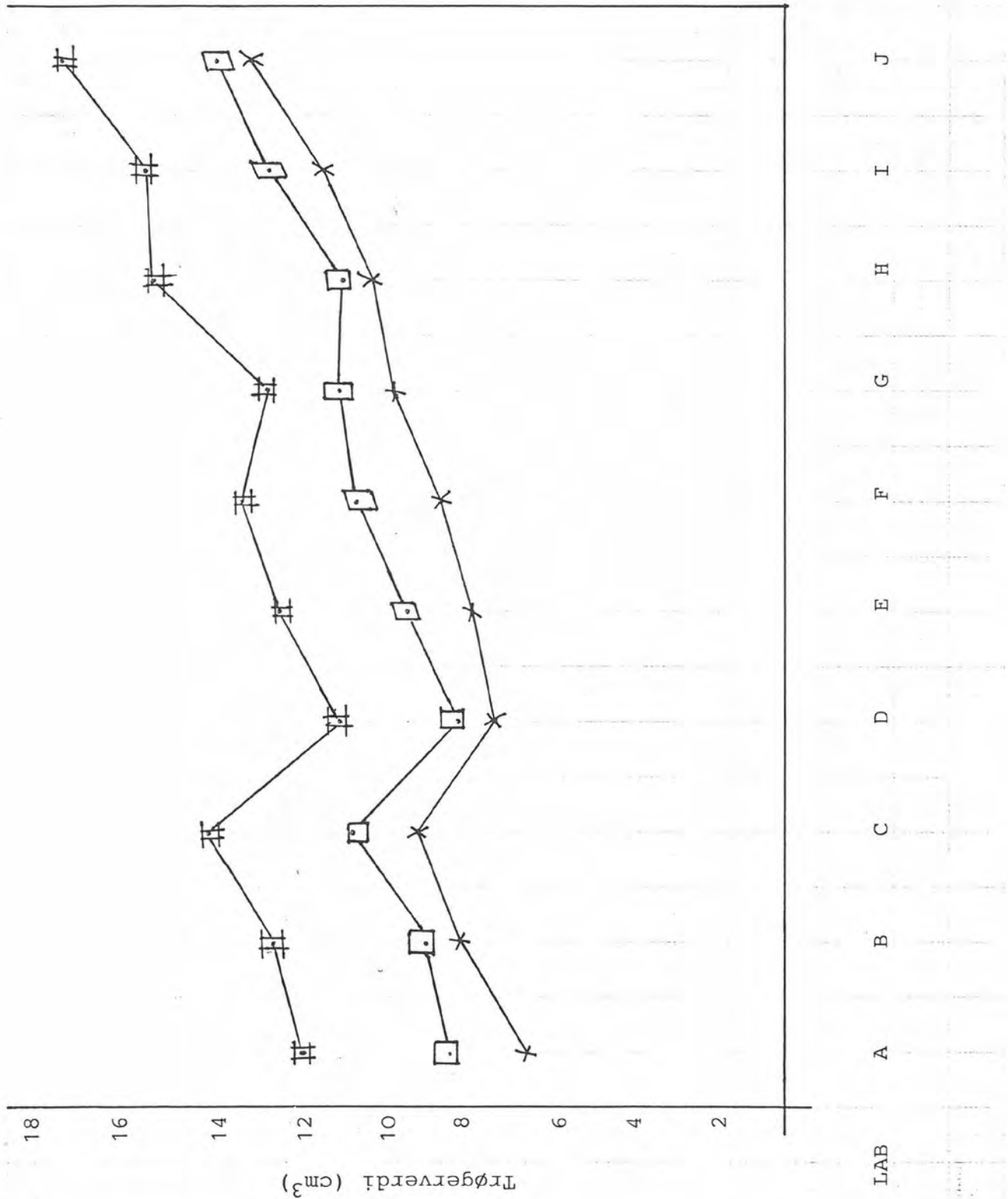
\bar{D} : Gjennomsnittlig trøgerverdi for hvert materiale
V: Variasjonsområde dvs. høyeste og laveste trøgerverdi

Tabell nr. 2

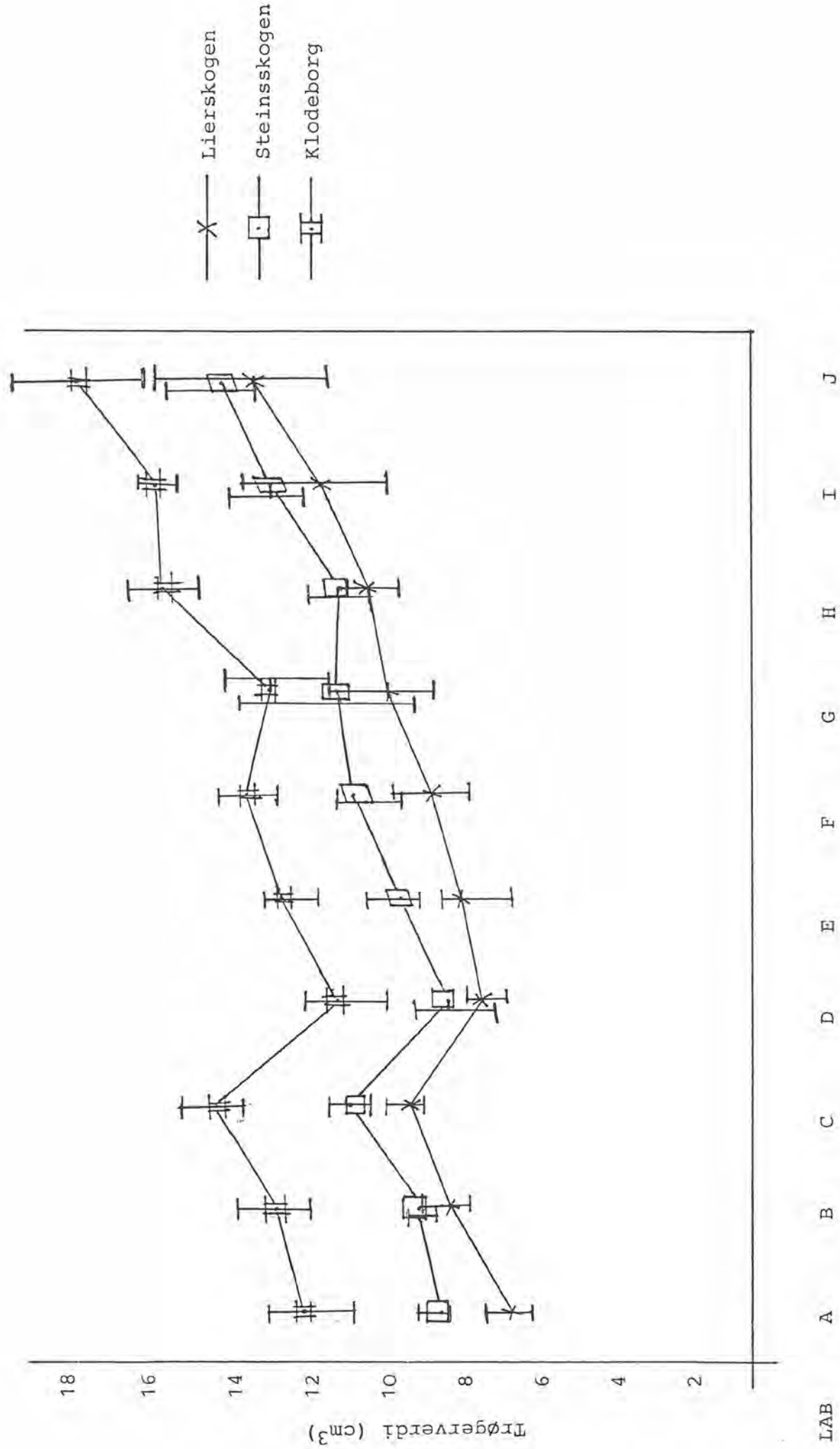
	Lab A A/S Fjeld- hammer Brug	Lab B A/S S.Hesselberg	Lab C Vegktr. i Hordaland	Lab D Island	Lab E Nodest Vei A/S	Lab F SINTEF	Lab G Vegktr. i S.-Tr.lag	Lab H Vegktr. i Telemark	Lab I Veglab. Grått app.	Lab J Veglab. Blått app.
Gjennomsnittlig tregerverdi	8,6	9,6	11,0	8,5	9,6	10,5	10,8	11,9	12,9	14,7
Gjennomsnittlig densitet	2,51 g/cm ³	2,51 g/cm ³	2,51 g/cm ³	2,51 g/cm ³	2,51 g/cm ³	2,52 g/cm ³	2,51 g/cm ³	2,50 g/cm ³	2,50 g/cm ³	2,49 g/cm ³
Antall prøver hvor tykkelsen varierte mer enn kravet (1 mm)	- *	9 prøver	0	1 prøve	1 prøve	0	4 prøver	7 prøver	0	0
Arbeidstrykk	5 bar	5 bar	5 bar	5 bar	5 bar	5 bar	5 bar	5 bar	5 bar	5 bar
Omdreiningshastighet på dreiebordet	30 omdr/min	30 omdr/min	30 omdr/min	30 omdr/min	30 omdr/min	30 omdr/min	30 omdr/min	30 omdr/min	30 omdr/min	30 omdr/min
Tid	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s
Antall dager fra tilskjæring til vannlagring	- *	- *	38 dager	7 dager	3 dager	5 dager	5 dager	9 dager	10 dager	10 dager
Antall dager fra vannlagring til testing	- *	- *	8 dager	7 dager	7 dager	7 dager	35 dager	20 dager	15 dager	17 dager

* ikke oppgitt

Tabell nr. 3



Figur 4



Figur 5

	Lab A A/S Fjeld- hammer Brug R	Lab B A/S S.Hesselberg R	Lab C Vegktr. i Hordaland R	Lab D Island R	Lab E Nodest Vei A/S R	Lab F SINTEF R	Lab G Vegktr. i S.-Tr.lag R	Lab H Vegktr. i Telemark R	Lab I Veglab. - Grått app. R	Lab J Veglab. - Blått app. R
Lierskogen L	- 29 %	- 19 %	- 20 %	- 18 %	- 21 %	- 21 %	- 13 %	- 16 %	- 14 %	- 13 %
Steinsskogen S	- 6 %	- 9 %	- 6 %	- 8 %	- 5 %	- 3 %	- 1 %	- 12 %	- 4 %	- 5 %
Klodeborg K	+ 35 %	+ 28 %	+ 26 %	+ 26 %	+ 26 %	+ 24 %	+ 14 %	+ 28 %	+ 18 %	+ 18 %

R: Variasjon i forhold til laboratoriets middelværdi (\bar{D}_x) i %

Tabell nr. 4

Resultatene viser stor spredning i trøggerverdier mellom laboratoriene. Variasjonen er fra 8,5 (cm³) til 14,7 (cm³), beregnet ut ifra midlet av hvert laboratoriums enkeltverdier (18 stk.). En statistisk vurdering av spredningen innenfor laboratoriene og mellom laboratoriene er behandlet under kap. 2.5.

Det er ikke mulig å oppdage avvik i utførelse eller innstilling av apparatene som skulle tilsi denne variasjon mellom apparatene (tabell 3). En vil nevne at for ca. 14 % av prøvene varierte tykkelsen mer enn det kravet tilsier.

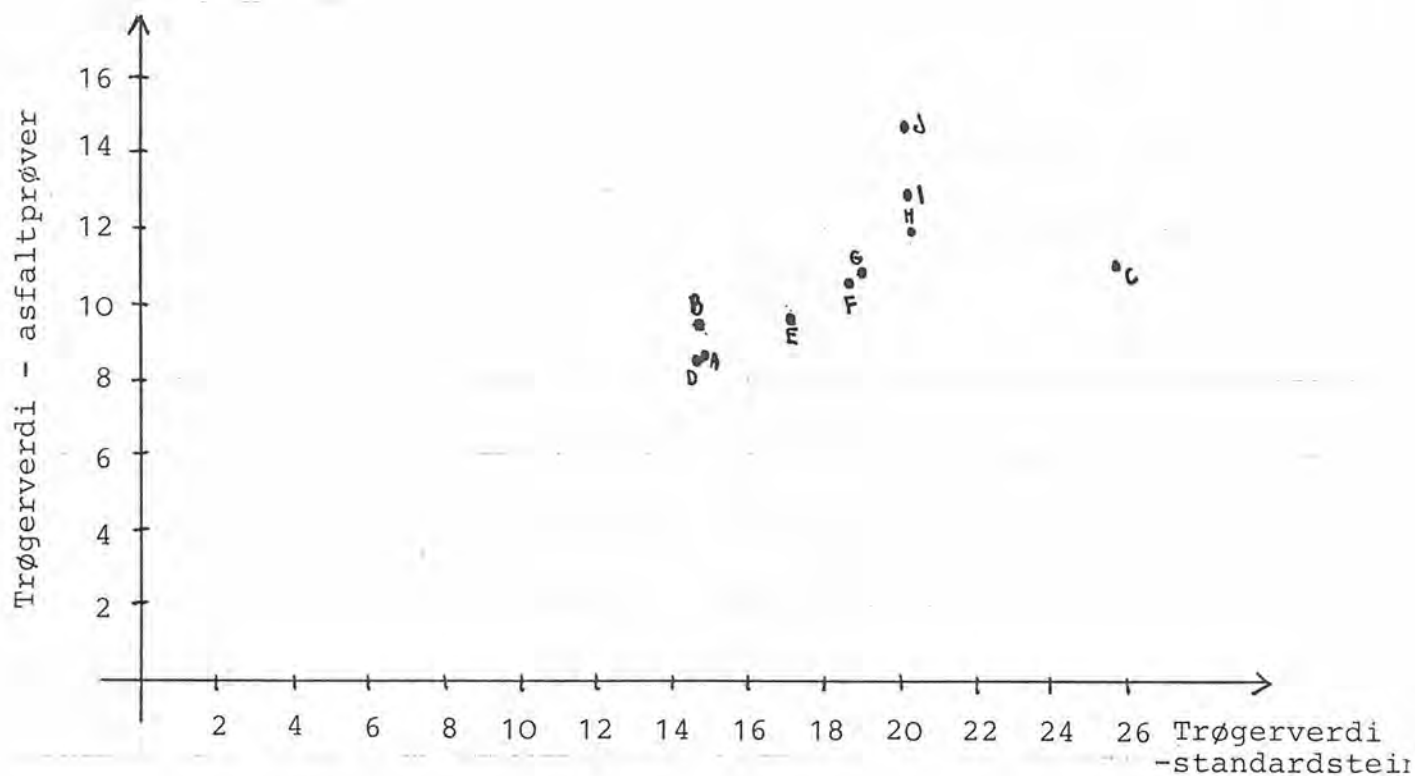
Resultatene viser at forskjellen i trøggerverdi mellom de tre ulike materialtypene er forholdsvis konstant for alle laboratoriene (figur 4 og tabell 4). Denne forskjellen er stor nok til å skille materialkvalitetene fra hverandre.

2.4B Bruk av standardprøve (referanse)

Tabell 5 og figur 6 viser sammenhengen mellom trøggerverdi på asfaltprøver og trøggerverdi på standardprøve (sintret carborundum).

Laboratorium		Gjennomsnittlig trøggerverdi-asfaltprøver (ringanalyse)	Trøggerverdi-Standardprøve
A	A/S Fjeldhammer Brug	8,6	14,8
B	A/S S. Hesselberg	9,6	14,7
C	Vegktr. i Hordaland	11,0	25,7
D	Island	8,5	14,7
E	Nodest Vei A/S	9,6	17,1
F	SINTEF	10,5	18,6
G	Vegktr. i Sør-Trøndelag	10,8	19,0
H	Vegktr. i Telemark	11,9	20,3
I	Veglab. - Grått apparat	12,9	20,2
J	Veglab. - Blått apparat	14,7	20,1

Tabell nr. 5



Resultatene viser at det er en nokså svak sammenheng mellom trøggerverdien på standardprøve og trøggerverdier på asfaltprøver.

2.4C PSM/RMS-metoden

I de fleste laboratorier ble slageeffekten målt samtidig med at prøvene i ringanalysen ble testet. Slageeffekten ble målt fra og med 2 bar til og med 6 bar i trinn på 0,5 bar. Nåleavstanden var 3 mm og ved 5 bar ble dessuten PSM/RMS-verdien målt ved 2 mm og 4 mm. Resultatene er vist i tabell 6 og 7 og figur 7-10. I tabell 7 og figur 7-10 har en bare tatt med de laboratorier hvor man målte slageeffekten samtidig med at prøvene i ringanalysen ble testet. Figur 11 viser gjennomsnittlig PSM/RMS-verdi for de enkelte trøggerapparat som funksjon av manometertrykket p (bar). Nåleavstanden er 3 mm. Figur 12 viser gjennomsnittlig PSM/RMS-verdi for de enkelte trøggerapparat som funksjon av nåleavstanden h (mm). Manometertrykket på pistolen var $p = 5$ bar.

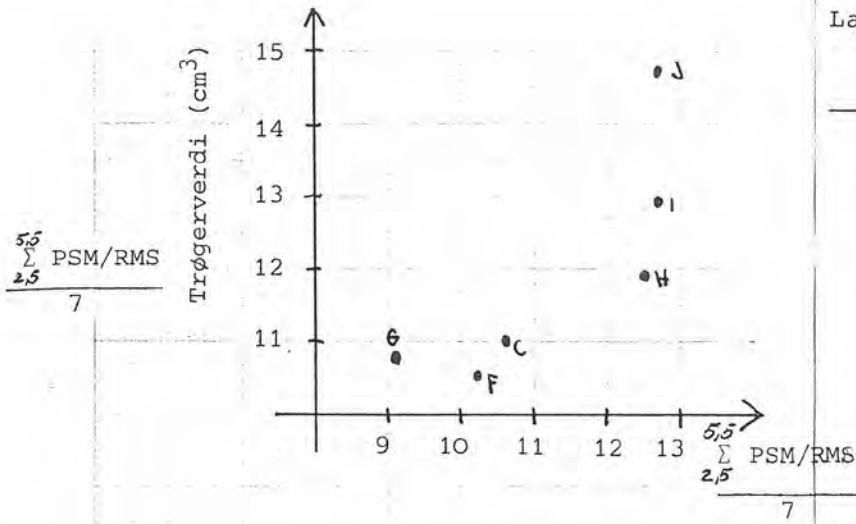
Trykk (bar)	Laboratorium A* A/S Fjeldhammer Brug PSM/RMS (N)		Laboratorium B* A/S S. Hasselberg PSM/RMS (N)		Laboratorium C Vegkontoret i Hordaland PSM/RMS (N)		Laboratorium D Island PSM/RMS (N)		Laboratorium E Nedest Vel A/S PSM/RMS (N)		Laboratorium F SINTEF PSM/RMS (N)		Laboratorium G Vegkontoret i Sar-Trendelag PSM/RMS (N)		Laboratorium H Vegkontoret i Telemark PSM/RMS (N)		Laboratorium I Vegkontoret - Grøtt apparat PSM/RMS (N)		Laboratorium J Vegkontoret - Bløtt apparat PSM/RMS (N)														
	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi	Enkelt- verdier	Middel- verdi													
2	2,0	3,0	2,4	2,7	0,5	2,1	0,5	1,5	1,2	2,8	2,8	2,8	2,8	1,0	3,0	3,1	3,1	4,5	4,7	4,5	4,6	5,0	4,2	4,5	4,7	4,6	2,9	4,8	3,8	4,7	4,1		
2,5	3,5	4,5	4,4	4,3	5,8	4,1	4,3	3,5	4,4	4,8	4,5	4,8	4,7	2,8	3,0	3,1	3,5	3,1	4,5	4,5	4,6	4,6	7,5	7,0	7,0	7,5	7,3	6,5	6,9	6,0	6,8	6,6	
3	4,7	6,5	7,2	6,7	8,0	5,8	6,5	5,5	6,5	7,0	6,1	7,2	6,8	4,0	4,7	4,5	5,3	4,6	7,5	7,0	7,3	7,3	10,0	9,6	9,3	9,8	9,7	9,3	9,2	8,0	9,1	8,9	
3,5	7,0	11,0	9,5	10,8	10,5	7,5	8,8	8,0	8,7	9,9	8,2	9,7	9,3	5,8	6,5	6,5	7,0	6,5	10,0	10,5	10,0	10,0	12,3	10,0	10,7	11,9	11,2	11,4	10,6	10,2	10,8	10,8	
4	8,7	14,5	12,0	13,2	12,8	9,5	11,5	10,7	11,1	11,5	10,0	12,3	11,3	8,0	8,5	9,0	9,0	8,6	12,9	12,5	12,0	12,6	13,2	11,0	12,0	13,0	12,3	14,0	13,0	11,2	13,0	12,8	
4,5	10,0	15,5	14,3	15,0	15,5	11,0	13,5	12,3	13,1	12,5	11,5	13,0	12,3	10,5	11,2	11,2	12,8	11,4	11,5	15,0	14,5	15,5	15,9	15,9	12,8	13,2	14,7	14,4	15,4	15,0	13,5	14,7	14,7
5	18,0	28,0	26,4	26,8	16,5	12,5	14,4	14,5	14,5	13,5	11,5	14,3	13,1	12,8	13,2	13,5	15,0	13,6	18,8	17,0	16,5	16,0	18,5	15,0	15,0	16,8	16,3	16,8	16,5	15,6	16,1	16,3	
5,5	19,5	30,0	28,0	28,2	18,5	13,7	15,5	15,5	15,8	15,0	11,7	14,5	13,7	14,5	15,7	15,5	18,0	15,9	20,1	18,5	20,0	19,6	18,5	16,5	16,8	18,0	17,5	19,5	18,3	17,8	19,0	18,7	
6	20,0	32,0	30,0	30,2	19,5	15,5	17,0	17,5	17,4	16,5	11,8	16,2	14,8	15,8	16,8	18,0	19,5	17,5	21,0	21,5	20,0	20,8	19,0	17,8	17,2	19,2	18,3	20,6	20,8	20,2	20,5	20,5	

* slageffekten ble ikke målt samtidig med at prøvene i ringanalysen ble testet.

Tabell nr. 6

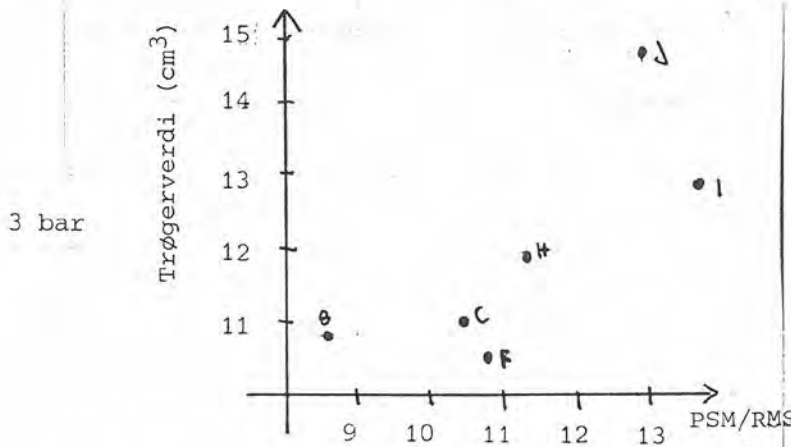
Laboratorium	Eier	Trøger-verdi	$\frac{5,5 \text{ bar}}{2,5 \text{ bar}} \cdot \frac{\text{PSM/RMS}}{7}$	RSM/RMS-verdi ved 3 bar	PSM/RMS-verdi ved 4 bar	PSM/RMS-verdi ved 5 bar
C	Vegktr. i Hordaland	11,0	10,6	6,5	11,1	14,5
F	SINTEF	10,5	10,2	6,8	11,3	13,1
G	Vegktr. i Sør-Trøndelag	10,8	9,1	4,6	8,6	13,6
H	Vegktr. i Telemark	11,9	12,5	7,3	12,6	18,0
I	Veglab. - (Grått app.)	12,9	12,7	9,7	12,3	16,3
J	Veglab. - (Blått app.)	14,7	12,7	8,9	12,8	16,3

Tabell nr. 7



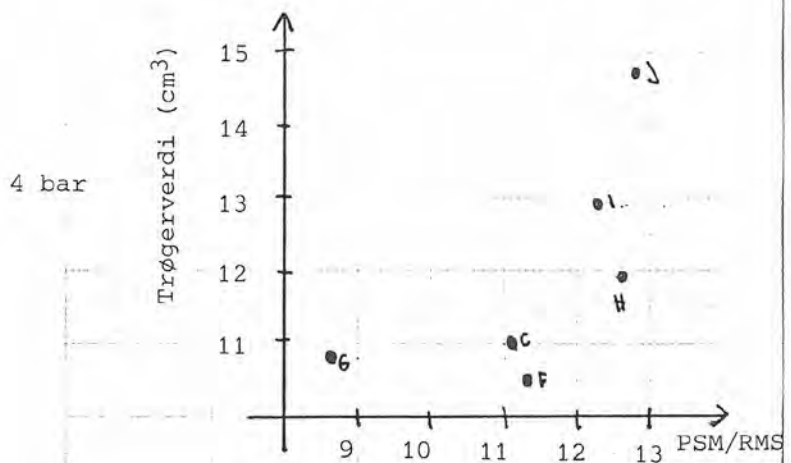
Laboratorium	Trøggerverdi	$\frac{5,5}{2,5} \sum \text{PSM/RMS}$
		7
C	11,0	10,6
F	10,5	10,2
G	10,8	9,1
H	11,9	12,5
I	12,9	12,7
J	14,7	12,7

Figur 7



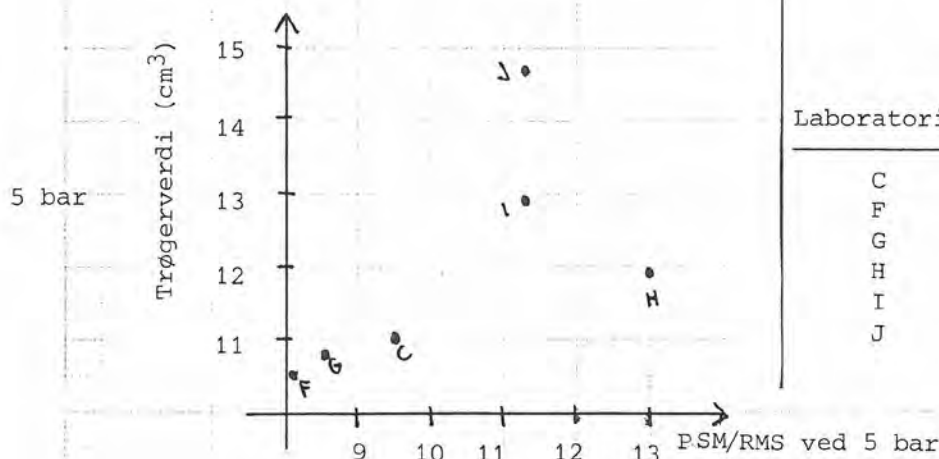
Laboratorium	Trøggerverdi	PSM/RMS 3 bar
C	11,0	6,5
F	10,5	6,8
G	10,8	4,6
H	11,9	7,3
I	12,9	9,7
J	14,7	8,9

Figur 8



Laboratorium	Trøggerverdi	PSM/RMS 4 bar
C	11,0	11,1
F	10,5	11,3
G	10,8	8,6
H	11,9	12,6
I	12,9	12,3
J	14,7	12,8

Figur 9



Laboratorium	Trøggerverdi	PSM/RMS 5 bar
C	11,0	14,5
F	10,5	13,1
G	10,8	13,6
H	11,9	18,0
I	12,9	16,3
J	14,7	16,3

Figur 10

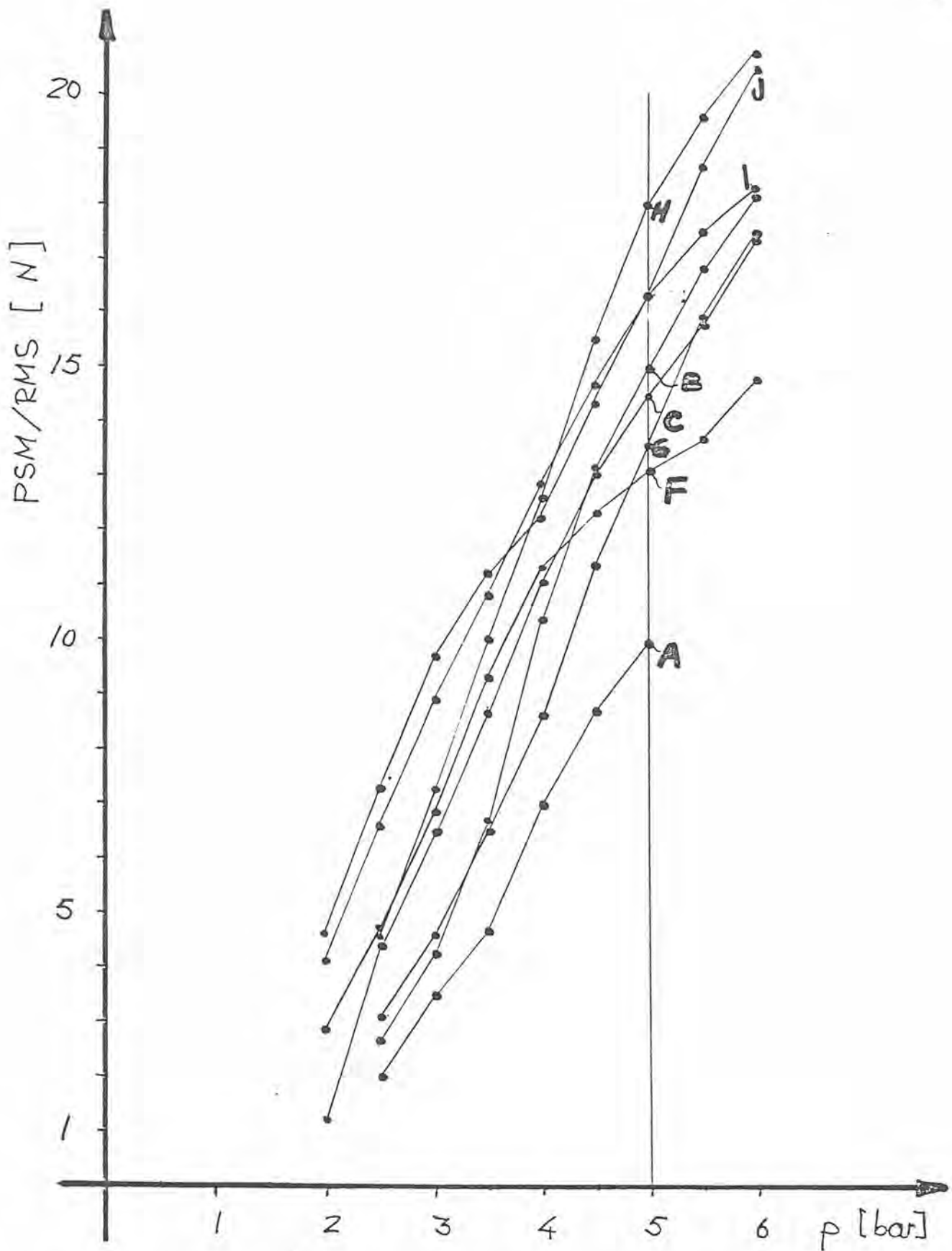


Fig. 11 Gjennomsnittlig målt PSM/RMS-verdi (3-4 målinger) for de enkelte Trøger-apparatene betegnet A, B, C, F, G, H, I, J, som funksjon av manometertrykket p [bar]. Nåleavstand $h = 3$ mm.

h (mm) \ Lab	A	B	C	F	G	H	I	J
2	10,5	14,7	16,0	-	13,6	18,6	15,9	17,0
3	10,0	15,0	14,5	-	13,9	18,0	16,3	16,3
4	9,6	12,7	13,5	-	14,0	16,8	15,3	14,9

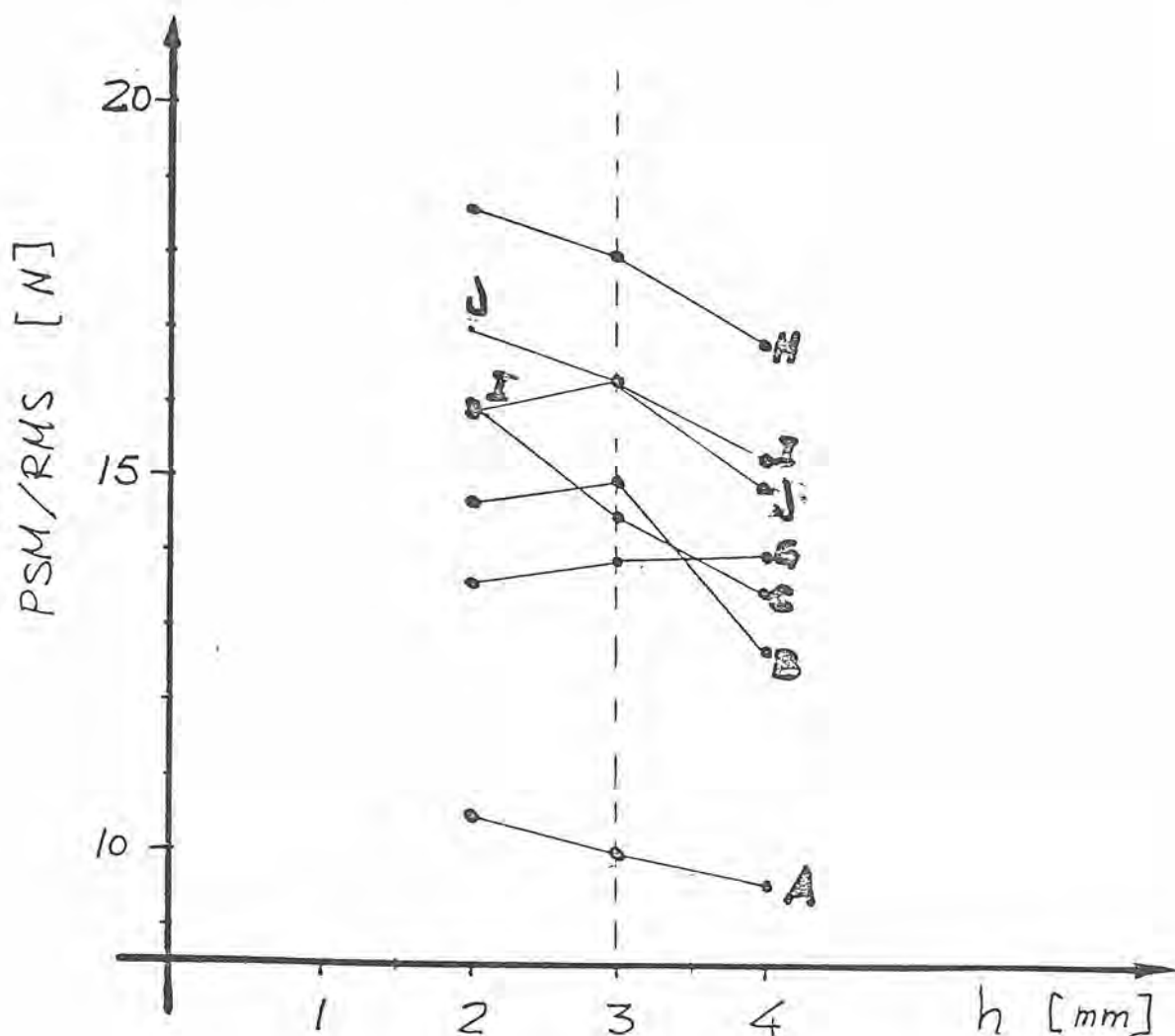


Fig. 12 Gjennomsnittlig målt PSM/RMS-verdi (3-4 målinger) for de enkelte Trøgerapparater betegnet A, B, C, G, H, I, J, som funksjon av nåle-avstanden h (mm). Manometertrykk på nålepistol p = 5 bar

Resultatene av ringanalysen, samt målingene av slag-effekten (PSM/RMS-metoden) er vurdert av SINTEF, avdeling for maskinkonstruksjon sammen med resultatene fra en tidligere undersøkelse SINTEF har gjort. Hensikten var å finne hvilke variasjoner man kunne forvente mellom laboratoriene hvis man gikk over til å kalibrere trøgerapparatet etter PSM/RMS-metoden.

Konklusjonen er at man ved å stille inn nålepistolen etter PSM/RMS-metoden vil få en halvering av spredningen mellom laboratoriene.

2.5 Statistiske beregninger

I statistikk brukes ofte uttrykkene repeterbarhet og reproduserbarhet for å uttrykke en metodes presisjon.

Repeterbarhet, r , er uttrykk for hvilke differenser man kan forvente seg mellom to enkeltverdier når materialet og metoden er lik, samt at prøvene er testet under like forhold (samme forsøksperson, utrustning og laboratorium, og testet innenfor en kort tidsperiode).

Reproduserbarhet, R , er uttrykk for hvilke differenser man kan forvente seg mellom to enkeltverdier når materialet og metoden er lik, men prøvene er testet under ulike forhold (ulike forsøkspersoner, utrustning og laboratorium og/eller ikke testet samtidig).

Resultatene av ringanalysen er beregnet etter ASTM-standard "Road and Paving Materials; Traveled surface Characteristics, Volume 04.03" punkt C802-80 "Standard Practice for Conducting an interlaboratory test program to determine the precision of test methods for construction materials".

Formler som er brukt for å beregne standardavvik og variasjonskoeffisienter innenfor laboratoriet og mellom laboratoriene er vist nedenfor. I parentes står symbolet som ASTM-standard bruker. Formler for beregning av repeterbarhet og reproduserbarhet er hentet fra ISO 5725.

p = antall laboratorier
 n = antall paralleller (prøver)

Gjennomsnittlig trøggerverdi for hvert enkelt laboratorium (for et materiale)

$$(\bar{x}_i) \quad \bar{x}_Q = \frac{\sum X_{iQ}}{n} \quad , \quad i = 1, 2 \dots n \text{ (paralleller)}$$

Standardavvik for hvert enkelt laboratorium (for et materiale)

$$(s_i) \quad s_Q = \sqrt{\frac{\sum (X_{iQ} - \bar{x}_Q)^2}{n-1}} \quad , \quad i = 1, 2 \dots n \text{ (paralleller)}$$

$$(s_i^2) \quad s_Q^2 = \frac{\sum (X_{iQ} - \bar{x}_Q)^2}{n-1}$$

Gjennomsnittlig trøggerverdi for alle laboratoriene (for et materiale)

$$(\bar{X}_A) \quad \bar{X}_M = \frac{\sum \bar{X}_Q}{p} \quad Q = A, B, \dots, J \text{ (laboratorier)}$$

Gjennomsnittlig standardavvik for alle laboratoriene (for et materiale), beregnet ut ifra standardavviket for hvert laboratorium

$$(S_A \text{ (pooled)}) \bar{S}_M = \frac{\sum S_Q}{p} \quad Q = A, B, \dots, J \text{ (laboratorier)}$$

$$(S_A \text{ (pooled)}^2) \bar{S}_M^2 = \left(\frac{\sum S_Q}{p} \right)^2$$

Standardavvik for alle laboratoriene (for et materiale) beregnet ut ifra gjennomsnittlig trøggerverdi for hvert laboratorium (for et materiale)

$$(S_{\bar{X}_A}) \quad S_{\bar{X}_Q} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X}_Q - \bar{X}_M)^2}{p-1}} \quad Q = A, B, \dots, J \text{ (laboratorier)}$$

$$(S_{\bar{X}_A}^2) \quad S_{\bar{X}_Q}^2 = \frac{\sum (\bar{X}_Q - \bar{X}_M)^2}{p-1}$$

Standardavviket mellom laboratoriene (for et materiale)

$$(S_{L_A}) \quad S_{L_M} = \sqrt{(S_{\bar{X}_Q}^2 - \frac{\bar{S}_M^2}{h})}$$

$$(S_{L_A}^2) \quad S_{L_M}^2 = S_{\bar{X}_Q}^2 - \frac{\bar{S}_M^2}{h}$$

Gjennomsnittlig variasjonskoeffisient for alle laboratoriene (for et materiale)

$$k = \frac{\bar{S}_M}{\bar{X}_M} \cdot 100$$

Variasjonskoeffisient mellom laboratoriene (for et materiale)

$$k = \frac{S_{L_M}}{\bar{X}_M} \cdot 100$$

Repeterbarhet

$$r = 2,83 \cdot \sqrt{\bar{s}_M^2}$$

Reproduserbarhet

$$R = 2,83 \cdot \sqrt{\bar{s}_M^2 + s_{LM}^2}$$

Tabell 8-10 viser alle enkeltverdier, samt middelve-
rdier og standardavvik. Tabell 11, figur 13 og figur 14
viser standardavvik og variasjonskoeffisient innenfor
laboratoriet og mellom laboratoriene. Figur 15 viser
repeterbarheten og reproduserbarheten som funksjon og
gjennomsnittlig trøggerverdi.

Tabell 8 Lierskogen

Labora- torium	L1A	L1B	Paralleller		L3A	L3B	Middel- verdi \bar{x}_Q	Standardavvik for hvert la- boratorium s_Q	s_Q^2
			L2A	L2B					
A	6,0	6,3	6,0	6,3	5,7	6,9	6,2	0,41	0,17
B	7,7	7,3	7,4	8,6	7,7	7,8	7,8	0,46	0,21
C	9,0	8,6	8,3	9,5	8,9	8,5	8,8	0,43	0,18
D	7,5	7,2	6,7	6,7	7,2	6,4	7,0	0,41	0,17
E	8,1	7,1	6,2	8,0	8,1	7,6	7,5	0,75	0,57
F	8,0	9,3	9,2	8,3	7,3	7,6	8,3	0,82	0,68
G	9,7	9,8	8,3	8,9	10,9	9,0	9,4	0,91	0,82
H	10,4	9,4	9,1	9,9	10,5	9,8	9,9	0,55	0,30
I	10,8	11,5	9,4	11,1	10,3	13,2	11,1	1,28	1,64
J	14,1	12,1	12,7	15,5	11,2	10,9	12,8	1,77	3,13

$$p = 10 \quad \bar{x}_M = 8,9 \quad s_{\bar{x}_Q}^2 = 3,97$$

$$n = 6 \quad \bar{s}_M^2 = 0,79 \quad s_{L_M}^2 = 3,84$$

Tabell 9 Steinsskogen

Laboratorium	S1A	S1B	Paralleller		S3A	S3B	Middelverdi \bar{x}_Q	Standardavvik for hvert laboratorium s_Q	s_Q^2
			S2A	S2B					
A	7,9	7,8	8,1	7,8	8,7	8,1	8,1	0,34	0,11
B	8,9	8,2	8,5	8,9	8,8	9,0	8,7	0,31	0,09
C	10,4	10,2	10,9	9,8	10,4	10,9	10,4	0,42	0,18
D	7,4	7,8	6,7	7,7	8,8	8,3	7,8	0,73	0,53
E	9,2	8,9	8,9	8,6	10,0	8,7	9,1	0,51	0,26
F	9,1	10,7	10,4	9,7	10,7	10,8	10,2	0,69	0,47
G	9,7	11,4	10,0	11,0	8,7	12,2	10,7	1,57	2,46
H	10,3	9,8	-	11,5	10,4	10,7	10,5	0,56	0,31
I	11,9	12,1	13,5	11,6	12,3	12,8	12,4	0,69	0,47
J	12,8	13,3	15,2	14,4	13,7	14,8	14,0	0,92	0,85

$$p = 10 \quad \bar{x}_M = 10,2 \quad s_{x_Q}^2 = 3,70$$

$$n = 6 \quad \bar{s}_M^2 = 0,57 \quad s_{L_M}^2 = 3,61$$

Tabell 10 Klodeborg

Laboratorium	K1A	K1B	Paralleller		K3A	K3B	Middelverdi \bar{x}_Q	Standardavvik for hvert laboratorium s_Q	s_Q^2
			K2A	K2B					
A	11,8	11,8	12,5	10,3	11,6	11,4	11,6	0,72	0,52
B	12,2	13,3	12,7	12,7	11,4	11,6	12,3	0,73	0,53
C	14,4	13,9	14,9	13,2	13,4	13,9	13,9	0,60	0,36
D	11,4	10,2	11,1	11,6	9,4	10,6	10,7	0,83	0,68
E	12,6	12,7	11,3	12,4	12,1	11,7	12,1	0,55	0,30
F	13,4	13,2	12,5	13,4	12,3	13,9	13,1	0,60	0,37
G	12,8	12,3	10,8	12,3	13,6	12,5	12,4	0,92	0,84
H	14,2	15,2	-	15,4	14,9	16,1	15,2	0,69	0,48
I	14,9	15,3	15,6	14,8	15,8	15,4	15,3	0,39	0,15
J	19,1	18,1	16,2	15,7	17,6	16,9	17,3	1,26	1,58

$$p = 10 \quad \bar{s}_M^2 = 0,58$$

$$n = 6 \quad s_{x_Q}^2 = 4,09$$

$$\bar{x}_M = 13,4 \quad s_{L_M}^2 = 3,99$$

Tabell 11 Standardavvik og variasjonskoeffisient for alle materialene

	\bar{X}_M	(Standardavvik) ²		(Standardavvik) ²		Standardavvik		Variasjonskoeffisient	
		S_M^2	S_{LM}^2	S_M^2	$S_{LM}^2 + S_M^2$	S_M	S_{LM}	K	
		IL	ML	IL	ML	IL	ML	IL	ML
Lierskogen, L	8,9	0,79	3,84	0,79	4,63	0,89	1,96	10,0	22,0
Steinsskogen, S	10,2	0,57	3,61	0,57	4,18	0,75	1,90	7,4	18,6
Klodeborg, K	13,4	0,58	3,99	0,58	4,57	0,76	2,00	5,7	14,9

I.L: innenfor laboratorium-presisjon

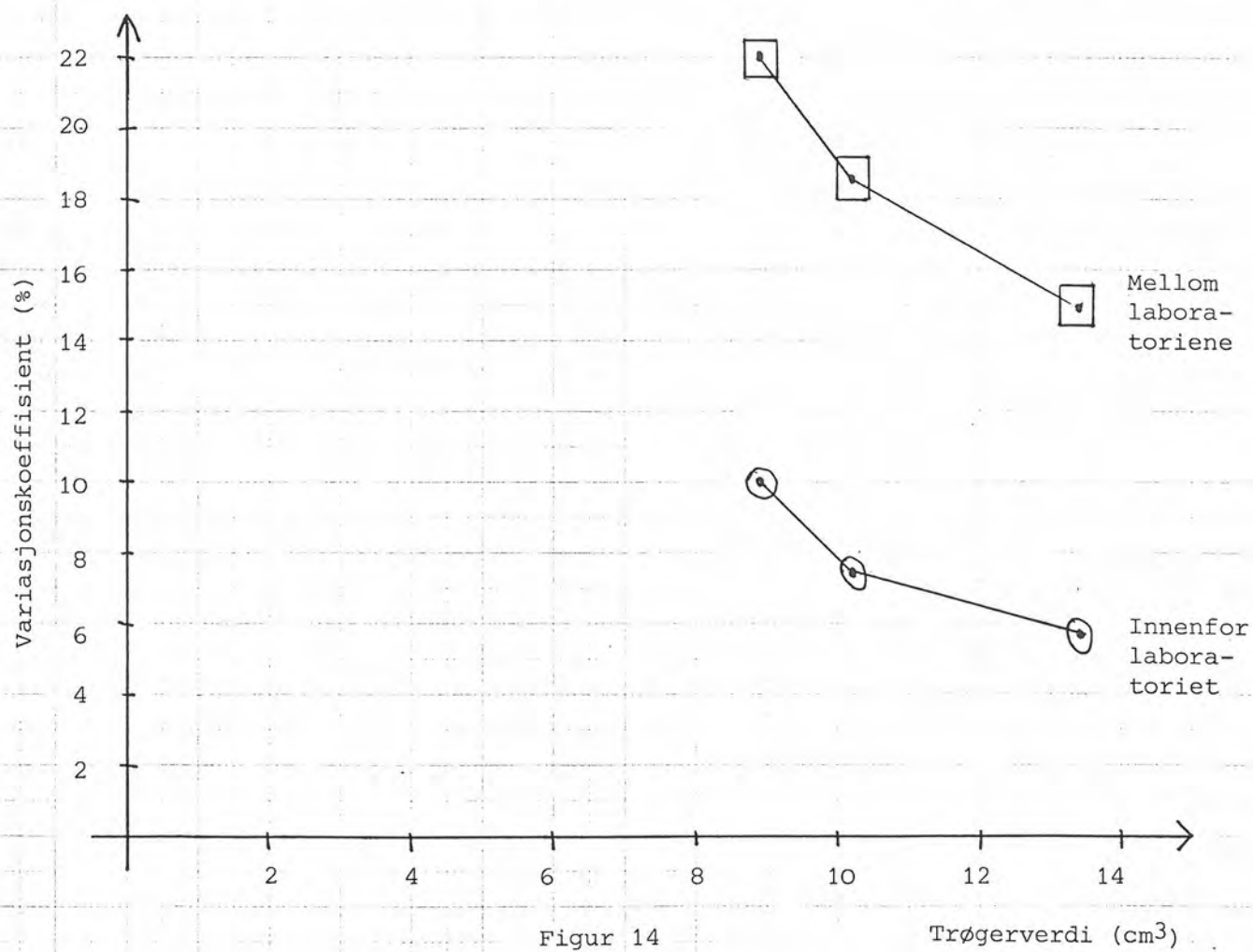
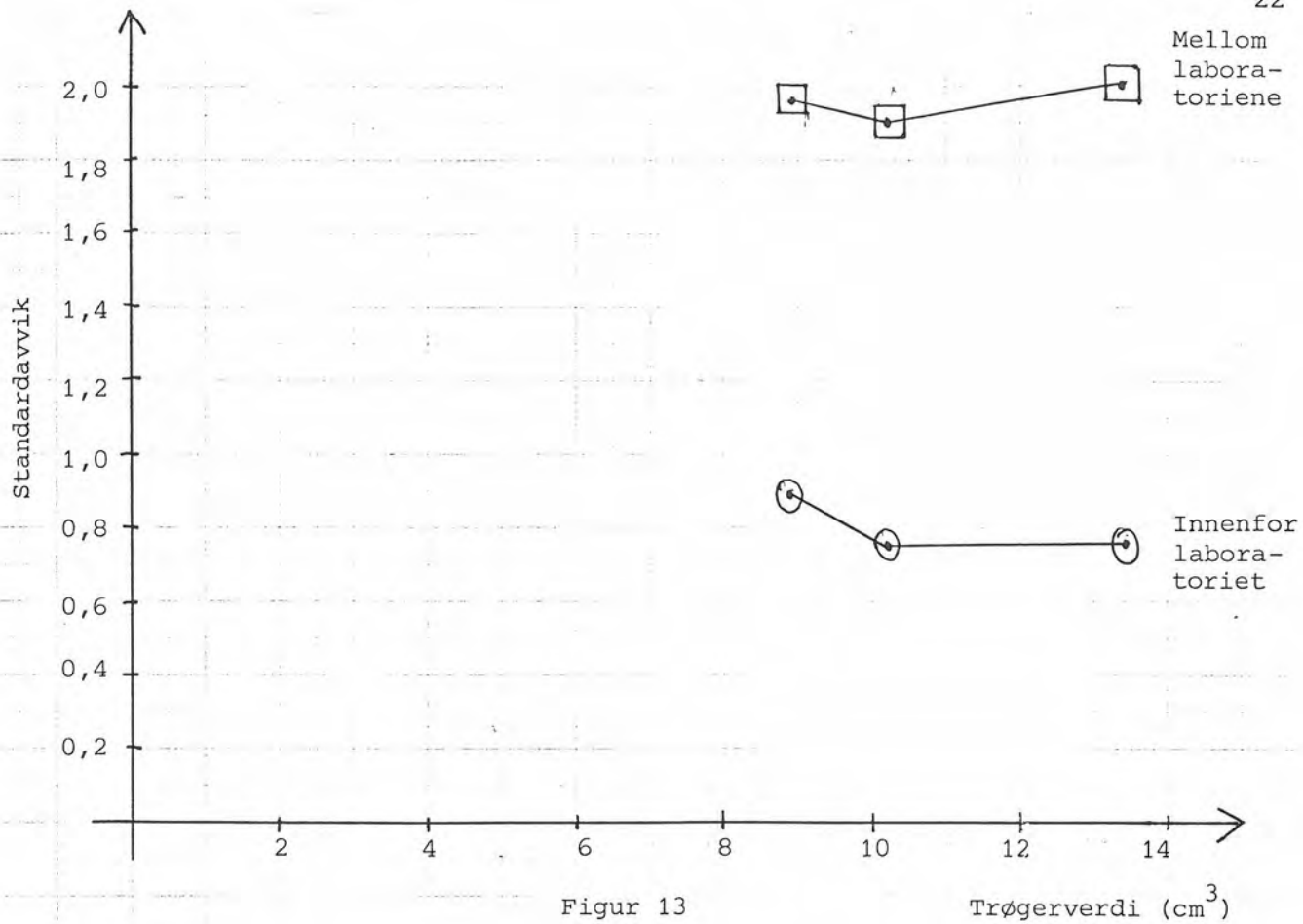
M.L: mellom laboratorier-presisjon

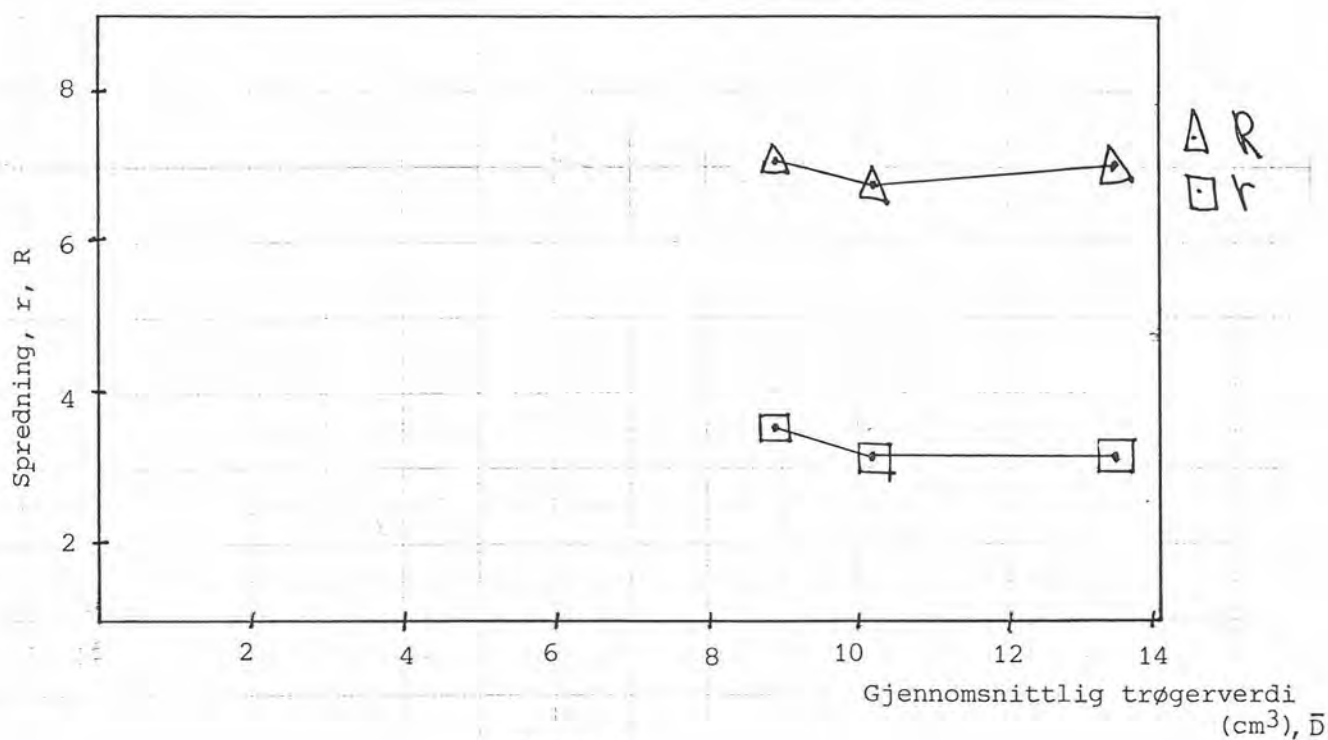
\bar{X}_M : Gjennomsnittlig trøggerverdi for alle laboratoriene

S_M : Gjennomsnittlig standardavvik for alle laboratoriene, beregnet ut ifra standardavviket for hvert laboratorium

S_{LM} : Standardavviket mellom laboratoriene

K: Variasjonskoeffisient





Figur 15

$$r - \text{repetierbarhet} - r = 2,83 \cdot \sqrt{\bar{S}_M^2}$$

$$R - \text{reproduserbarhet} - R = 2,83 \cdot \sqrt{\bar{S}_M^2 + S_{LM}^2}$$

Tabell 12

Gjennomsnittlig trøggerverdi	r	R
8,9	2,52	6,09
10,2	2,12	5,79
13,4	2,15	6,05

Laboratorium I og J har størst spredning (høyest standardavvik) for materiale L (Lierskogen), laboratorium G har størst spredning for materiale S (Steinsskogen) og laboratorium J har størst spredning for materiale K (Klodeborg).

Gjennomsnittlig standardavvik innenfor laboratoriene varierte fra 0,75 til 0,89, mens standardavviket mellom laboratoriene varierte fra 1,9 til 2,0. L (Lier-

skogen) hadde størst spredning (høyest standardavvik) innenfor laboratoriene, mens K (Klodeborg) hadde størst spredning mellom laboratoriene.

Variasjonskoeffisienten varierte fra 5,7 (%) til 10,0 (%) innenfor laboratoriene og fra 14,9 (%) til 22,0 (%) mellom laboratoriene. Variasjonskoeffisienten var høyest for L (Lierskogen) og lavest for K (Klodeborg) både innenfor laboratoriene og mellom laboratoriene, dvs. at spredningen i %, beregnet ut ifra materialets middelverdi, er størst for L (Lierskogen) og minst for K (Klodeborg).

Som vi ser av figur 15 er repeterbarheten og reproduserbarheten uavhengig av materialkvaliteten for de materialene som her er testet. Repeterbarheten er tilnærmet 2,3 og reproduserbarheten tilnærmet 6,0.

Repeterbarheten er beregnet ut ifra at en prøve vil bestå av et enkeltresultat, men dette vil ikke være tilfelle i praksis. En prøve vil bestå av minimum 4 paralleller slik at repeterbarheten som her er beregnet er urealistisk. Hvis man skulle få et riktig uttrykk for metodens repeterbarhet burde like prøver (minimum 4 paralleller pr. prøve) være testet flere ganger på samme apparat og samme laboratorium.

Konklusjon

Resultatene viser stor spredning i trøggerverdier mellom laboratoriene. Variasjonen er fra 8,5 (cm³) til 14,7 (cm³), beregnet ut ifra midlet av laboratoriets enkeltverdier (18 stk.).

Gjennomsnittlig standardavvik innenfor laboratoriene var ca. 0,8 mens standardavviket mellom laboratoriene var ca. 2,0.

Variasjonskoeffisienten varierte fra 5,7 (%) til 10,0 (%) innenfor laboratoriene og fra 14,9 (%) til 22,0 (%) mellom laboratoriene. Variasjonskoeffisienten var høyest for L (Lierskogen) og lavest for K (Klodeborg) både innenfor laboratoriene og mellom laboratoriene.

Repeterbarheten var tilnærmet 2,3 og reproduserbarheten tilnærmet 6,0 for de materialene som her er testet.

Repeterbarheten og reproduserbarheten var uavhengig av materialkvaliteten. En vil bemerke at repeterbarheten er beregnet ut ifra at en prøve består av ett enkeltresultat.

Det er ikke mulig å oppdage avvik i utførelse eller innstilling av apparatene som skulle tilsi den store spredningen vi fikk i ringanalysen.

Men ved å kalibrere nålepistolen etter PSM/RMS-metoden vil man halvere spredningen mellom laboratoriene. Dette gir likevel for stor spredning. Derfor bør en heller forbedre enkeltdeler i apparatet (spesielt pistolen og dens tilhørende deler) for å få spredningen mindre.

Resultatene viser at forskjellen i trøggerverdi mellom de tre ulike materialtypene er forholdsvis konstant for alle laboratoriene. Denne forskjellen er stor nok til å skille materialkvalitetene fra hverandre.

Det er vanskelig å se entydig sammenheng mellom trøggerverdien på standardprøve (sintret carborundum) og trøggerverdien på asfaltprøver. Denne standardprøven egner seg derfor dårlig som referanse.

4 HVA KAN TRØGERAPPARATET BRUKES TIL IDAG?

- A Skaffe erfaringsdata for hvilke trøggerverdier som gir god slitestyrke og hvilke som gir dårlig slitestyrke på hvert apparat. Ut ifra dette kunne bestemme kvaliteten på utlagte dekker og vurdere om det er oppnådd forventet slitestyrke ut ifra steinmaterialets mekaniske egenskaper.
- B Utvikling av nye dekketyper (se pkt. A).
- C Proporsjonering - Variere bindemiddelmengde, bindemiddeltipe, tilslagsmateriale og massesammensetning for å se hvilken betydning dette har for slitestyrken (se pkt. A).
- D Teste betongdekker (se pkt. A).
- E Proporsjonering av betong (se pkt. A).
- F Teste termoplastmaterialer (se pkt. A).

En vil nevne at det bør foregå en regelmessig kontroll av apparatet ved hjelp av en standardprøve. Den beste standardprøven vi har idag er en asfaltprøve. Standardprøven bør bestå av en vanlig massetype (f.eks. Ab 16 t) med et kjent homogent tilslagsmateriale. En bør lage endel like marshallprøver som hver deles til to like trøggerprøver. Disse bør jevnlig testes slik at man har kontroll på at trøggerapparatet gir samme verdier over tid.

5 MULIGHETER FOR Å FORBEDRE TRØGERAPPARATET

For å få variasjonen mellom trøggerapparatene mindre bør en forbedre enkeltdeler i apparatene. Dette gjelder spesielt pistolen og dens tilhørende deler. De andre deler som dreiebord, tidsur, heve-/senkeanordning, støvsuger o.l. har sannsynligvis ingen innvirkning for resultatet. Det bør vurderes å spesialprodusere en pistoltype med høyere krav til presisjon.

JKL 20 NOV 1985 EKSPEDERT

1985-11-18

/85
442

Ing. Jens K. Lofthaug, Veglab

Se vedlagte adresseliste

TRØGERAPPARATET. RINGANALYSE

Viser til vårt brev av 13.03.84 angående bruk av Trøgerapparatet. I det brevet var det antydnet visse endringer i prosedyren. Beskrivelsen av den nye prosedyren er vedlagt.

Da det nå er 10 Trøgerapparater i landet, ønsker Veglaboratoriet å utføre en ringanalyse. Ringanalysen vil bli utført etter den nye prosedyren.

Det tas sikte på å benytte 3 forskjellige steinmaterialer. Av hvert steinmateriale skal det lages 3 Marshallprøver (6 Trøgerprøver). Marshallprøvene blir stampet av oss. Den videre behandlingen av prøvene skal utføres av hvert enkelt laboratorium.

En regner med at prøvematerialene kan bli utsendt i januar - februar.

Hvis dere ønsker å delta i ringanalysen, vennligst gi oss beskjed innen 13. desember 1985.

VEGLABORATORIET
Asfalt- og kjemiseksjonen
Med hilsen

E. Hansen
seksjonsleder

S. Dørum
O.ing.

VEDLEGG

JKL/TRO

Vår dato
1986-03-13

Vår referanse
56/-
442

Vår saksbehandler
Ing. J.K. Lofthaug Lab/Asfalt

Deres dato

Deres referanse

Statens vegvesen
Telemark
Vegkontoret
Lagmannshøgda
3700 SKIEN

EKSPEDERT
14 MARS 1986

TRØGERAPPARAT - RINGANALYSE

Viser til vårt brev av 1985-11-18 samt prosedyrebeskrivelse av 1985-11-07. I prosedyrebeskrivelsen er det foretatt en endring slik at ny revidert beskrivelse vedlegges.

Sender 9 marshallprøver hvor tilslagsmaterialene i fraksjonene <4 mm er likt i alle prøvene mens tilslagsmaterialet >4 mm består av 3 ulike steinmaterialer. Det er stampet 3 marshallklosser av hver variant og hver marshallkloss skal deles slik at det blir 2 Trøgerprøver. Sammen med marshallprøvene sendes en prøve av sintret carborundum. Dette for å se om denne prøven kan brukes som standardprøve (referanse).

For å se eventuelle variasjoner ved maskinen og utførelsen ber vi Dere fylle ut skjemaene som legges ved. Tykkelsen på Trøgerprøvene måles med skyveler på 4 forskjellige steder. Vi ber Dere også returnere kladder-skjemaet hvor Dere har fylt ut vekten på prøven etter hver slitasjekjøring. Prøvene testes i samme prøveserie (19 Trøgerprøver). Standardprøven (merket A) må skylles i vann etter kjøring og før veiling og slitasjeproduktet blir liggende i sporet.

Det er utviklet en metode for å registrere slageffekten på Trøgerapparatet. Utstyret består av kraftcelle, ladningsforsterker og elektronisk voltmeter, og dette utstyret håper vi å kunne bruke under ringanalysen. Utstyret er bestilt og skal være hos oss innen påske. Derfor ber vi Dere gi oss beskjed hvilke dag(er) Dere skal teste prøvene slik at vi kan måle slageffekten. Alle resultatene bør være hos oss innen 1. juni 1986.

Veglaboratoriet
Asfalt- og kjemi seksjon
Med hilsen

Erling K. Hansen
seksjonsleder

Jens K. Lofthaug

4 vedlegg

JKL/SM

SLITASJEKJØRING I TRØGERAPPARATET

PROSEDYREBESKRIVELSE

I. INNSTILLING AV APPARATET

Nålepistolen stilles inn slik at avstanden fra prøvens sentrum til nålene blir 11 mm (fig. 1)

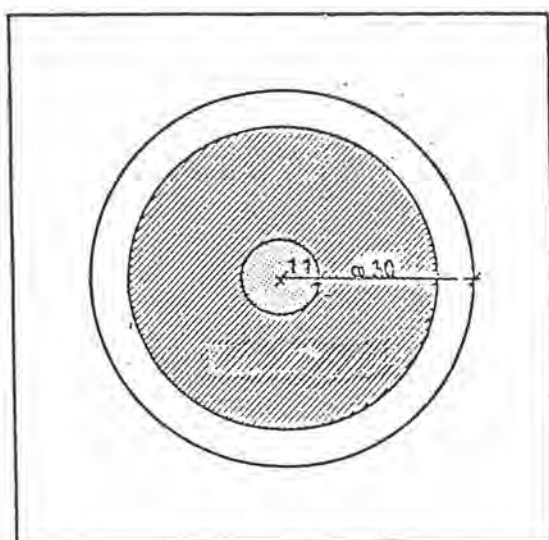


Fig. 1

Lufttrykket stilles inn med reduserventilen slik at arbeidstrykket, avlest på pistolen, blir 5 bar.

Omdreiningshastigheten på dreiebordet innstilles på 30 omr./min. Dreieretningen er med klokka.

Tidsuret innstilles på 40 sekunder ved testing av prøver. Ved innkjøring av pistol og nåler innstilles tidsuret på 3 minutter.

2. INNKJØRING AV PISTOL OG NÅLER

Luftpistolen må kjøres inn før apparatet tas i ordinær bruk. Innkjøringstiden er 3 timer (effektiv tid). Ved innkjøring bruker man 3 minutters intervaller, med smøring av pistol for hvert 3 intervall og smøring av nåler hvert 6 intervall. Innkjøringen skjer på asfaltprøver.

Nye nåler må også kjøres inn på asfaltprøver før ordinær bruk. Innkjøringstiden er 1,5 timer (effektiv tid). Smøring av nåler og pistol skjer på samme måte som ved innkjøring av pistol.

Nålene skal ha "hode" med oval endeflate.

3. BEHANDLING AV PRØVER

3.1 Tilskjæring

Prøvene tilskjæres i ca. 30 mm tykke skiver og endeflatene må være mest mulig parallelle. Avvik i tykkelse på en og samme prøve bør ikke være større enn 1 mm. På borkjerneprøver skjæres det av en tynn skive på toppen, slik at det blir en jevn overflate å teste prøven på. Marshallprøver deles til to like trøgerprøver. Eventuell tykkelsesjustering skal skje på motsatt ende i forhold til delesnittet.

3.2 Bestemmelse av densitet, f_d

Densitet f_d bestemmes som beskrevet i Laboratorieundersøkelser, håndbok 014 fra Statens vegvesen (pkt. 231.52).

3.3 Vannfylling

Prøvene vannfylles i eksikator ved 25 mm Hg (33 mbar) undertrykk i 2 timer.

3.4 Vannlagring

Etter vannfylling lagres prøvene i vann ved romtemperatur i minst 7 døgn.

4. TESTING AV PRØVER

4.1 Temperering av prøvene under testen

Prøvene skal ligge i vannbad med temperatur på 0°C i minst 2 timer før kjøringen starter. Prøvetemperaturen skal være 0°C. Mellom hver kjøring skal prøvene legges tilbake i vannbadet minst 30 minutter for temperering.

4.2 Innstilling av nåler

Avstanden fra nålene og til prøveoverflaten stilles inn ved hjelp av en 3 mm tykk stålplate. Plata legges ovenpå hver prøve slik at nålene såvidt berører stålplata. Ved ulik lengde på nålene skal avstanden fra prøveoverflaten til nålene innstilles etter gjennomsnittslengden av nålene.

Nålene skal skiftes når forskjellen mellom korteste og lengste nål er mer enn 2 mm.

4.3 Slitasjetest

Borkjerneprøver testes på flaten som vender mot toppen av borkjerneprøven. Prøver som er skåret av marshallprøver testes på den skårne flaten mot midten av marshallprøven.

Hver prøveperiode skal være 40 sekunder. Prøvene tørkes og veies etter hver kjøring.

5. SMØRING AV PISTOL OG NÅLER

Trykkluftpistolen bør smøres etter ca. 10 perioder (å 40 sekunder). Dette gjøres ved å fylle litt tynn olje i luftinntaket øverst på pistolen og deretter la trykklufta blåse olja gjennom pistolen (fig. 2).

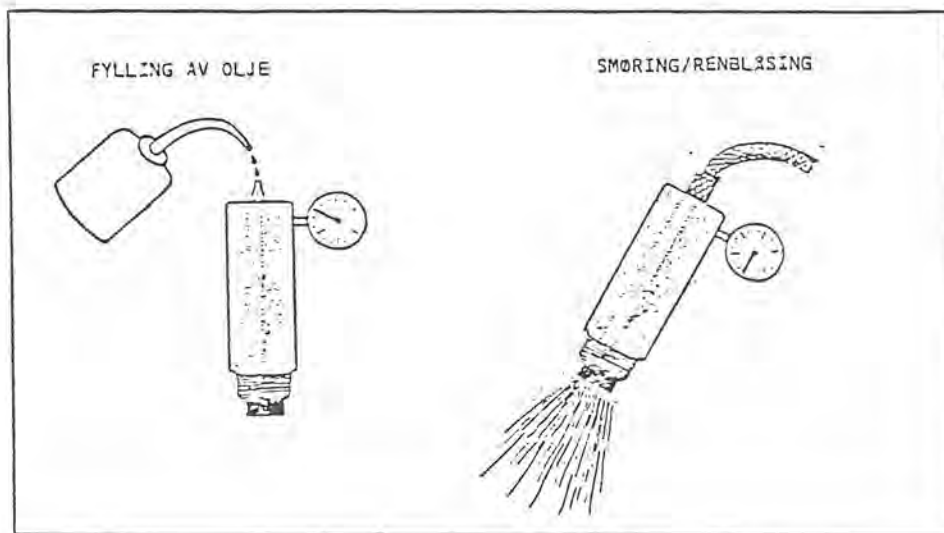


Fig. 2

Nålene med nåleholder bør rengjøres etter ca. 20 perioder (å 40 sekunder). Nålene tas ut av nåleholderen og alt belegg på nålene og nåleholderen fjernes. Den øverste delen av nålene og nåleholderen smøres lett med tynn olje.

F. BEREGNING AV TRØGERVERDI

$$\text{Trøgerverdi, } D_k = \frac{\text{Totalt massetap fra og med periode nr. 2 til og med periode nr. 10}}{\text{Densitet, } \rho_d}$$

$$D_k = \frac{\sum_{i=2}^{i=10} m_i}{\rho_d} \quad m_i - \text{massetap i gram for hver periode (å 40 sekunder)}$$

Den endelige Trøgerverdien bør beregnes ut i fra midlet av minst 4 parallelle prøver.

7. KONTROLL

Tidsuret bør alltid kontrolleres før man begynner å kjøre på en ny prøveserie.

Omdreiningshastigheten på dreiebordet og manometret på pistolen bør også kontrolleres jevnlig. Manometret kontrolleres ved at man tar ut manometret på pistolen og setter inn et annet manometer, som bare brukes til dette formål.