

Rapport nr.: 2003.059		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Pendelmålinger med British Pendulum Tester. The 2003 International Workshop, Gardermoen.				
Forfatter: Eyolf Erichsen		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Akershus		Kommune: Ullensaker		
Kartblad (M=1:250.000) Hamar		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1915-3 Nannestad		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 15	Pris: 35,-	
Feltarbeid utført: Juni 2003		Rapportdato: 11.06.2003	Prosjektnr.: 2664.00	Ansvarlig:
<p>Sammendrag:</p> <p>NGU deltok på en internasjonal Workshop arrangert av Avinor på Gardermoen, juni 2003. Resultater av NGU's målinger med et pendelapparat (British Pendulum Tester) er sammenstilt og presentert i denne rapporten.</p>				
Emneord:		Pendeltesting		

INNHold

1. FORORD.....	4
2. KONKLUSJON.....	5
3. PROSEDYRE	6
4. RESULTATER.....	7
5. LITTERATUR	9

BILAG 1: Pendelapparat – Prosedyre ved friksjonsmåling på veg.

1. FORORD

Et internasjonalt Workshop ble arrangert av Avinor i perioden 2.-6. juni 2003 på Gardermoen. Hensikten var å sammenlikne ulike teksturer i et asfaltdekke (makro-tekstur) med ulike målesystemer. NGU deltok og utførte målinger med sitt pendelapparat (British Pendulum Tester).

NGU benytter pendelapparatet primært for å bestemme poleringsegenskapene (mikro-tekstur), uttrykt ved polished stone value (PSV), til bergartsprøver. I flere mellom-Europeiske land stilles det krav til denne egenskapen for å oppnå best mulig friksjon på vegdekker. NGU har funnet samvariasjoner mellom PSV målt på bergarter i laboratoriet og pendelmålinger på veg med tilsetning av tilsvarende bergarter i ulike asfaltdekker. Det er foreløpig ikke dokumentert sammenheng mellom PSV og friksjon målt på vegdekker.

Målingene på Gardermoen ble utført i den 3. juni 2003 av Norodd Meisfjord og Eyolf Erichsen, begge NGU.

Trondheim 11.06.2003

Peer-R. Neeb
programleder
Mineralsressurser

Eyolf Erichsen
forsker

2. KONKLUSJON

Resultatet av pendelmålingene utført med NGUs instrument, Wessex Skid Tester (British Pendulum Tester), er etter korrigering for temperatur gitt i tabell 1.

Tabell 1.

Felt	Korrigert pendelverdi
B1	66
B2	66
B3	66
B4	63
B5	65
B6	70
B7	69
B8	65
D8	68

3. PROSEDYRE

Målingene ble utført etter standard prosedyre for bruk av pendelapparat på veg [1] (se bilag 1). Pendelverdiene er korrigert for temperatur i.h.t. beskrivelse gitt i håndbok 015-Feltundersøkelser, Statens vegvesen (15.4282 – Måling av friksjon med pendelapparat).

Målingene ble utført tangentielt langs målinger utført med CTMeter med pendelbevegelse i sørlig retning.

Forsøksfeltet må betraktes som et rent testfelt for måling av ulike makro-teksturer. Med noe varierende grad er asfaltdekket ikke blitt utsatt for noe omfattende slitasje, slik at tilslaget fortsatt er dekket med et tynt sjikt med bitumen. Tilslaget er dermed ikke eksponert og mikro-teksturen vil i så måte ikke ha innvirkning for måleresultatene.

4. RESULTATER

Resultatene av enkeltmålingene er gitt i tabell 2.

Tabell 2.

Lokalitet/Trasé	Dato	Test resultat pendelverdier (PV)					Gj.snitt PV	Std. avvik	Min	Max	Diff.	Temperatur i ° C		Korrigert PV
		1	2	3	4	5						Luft	Overflate	
B1-1	3-jun-03	62	62	63	65	63	63	1	62	65	3		24,0	64
B1-2	3-jun-03	66	64	65	63	63	64	1	63	66	3		23,0	65
B1-3	3-jun-03	62	62	65	64	64	63	1	62	65	3		23,0	64
B1-4	3-jun-03	68	67	67	67	68	67	1	67	68	1		24,0	68
B1-5	3-jun-03	68	68	68	68	68	68	0	68	68	0		23,0	69
PV avg + std.avvik felt B1			65 ± 2									#DIV/0!	23,4	66
B2-1	3-jun-03	66	63	63	63	63	64	1	63	66	3		24,0	65
B2-2	3-jun-03	68	69	68	68	68	68	0	68	69	1		24,0	69
B2-3	3-jun-03	68	67	67	65	67	67	1	65	68	3		24,0	68
B2-4	3-jun-03	62	62	60	60	60	61	1	60	62	2		23,0	62
B2-5	3-jun-03	66	66	66	65	65	66	1	65	66	1		24,0	67
PV avg + std.avvik felt B2			65 ± 3									#DIV/0!	23,8	66
B3-1	3-jun-03	63	63	62	63	62	63	1	62	63	1		28,0	65
B3-2	3-jun-03	62	61	62	61	60	61	1	60	62	2		30,0	63
B3-3	3-jun-03	67	66	66	65	65	66	1	65	67	2		30,0	68
B3-4	3-jun-03	66	66	66	66	65	66	0	65	66	1		30,0	68
B3-5	3-jun-03	66	65	64	64	64	65	1	64	66	2		32,0	67
PV avg + std.avvik felt B3			64 ± 2									#DIV/0!	30,0	66
B4-1	3-jun-03	61	58	58	58	58	59	1	58	61	3		30,0	61
B4-2	3-jun-03	63	62	61	60	60	61	1	60	63	3		29,0	63
B4-3	3-jun-03	63	62	63	62	63	63	1	62	63	1		30,0	65
B4-4	3-jun-03	63	62	61	60	60	61	1	60	63	3		30,0	63
B4-5	3-jun-03	60	60	60	58	58	59	1	58	60	2		29,0	61
PV avg + std.avvik felt B4			61 ± 2									#DIV/0!	29,6	63
B5-1	3-jun-03	65	63	64	63	64	64	1	63	65	2		30,0	66
B5-2	3-jun-03	65	64	64	64	64	64	0	64	65	1		28,0	66
B5-3	3-jun-03	65	62	61	62	62	62	2	61	65	4		31,0	64
B5-4	3-jun-03	63	63	63	62	63	63	0	62	63	1		28,0	65
B5-5	3-jun-03	64	63	63	63	63	63	0	63	64	1		31,0	65
PV avg + std.avvik felt B5			63 ± 1									#DIV/0!	29,6	65

Forts. tabell 2.

Lokalitet/Trasé	Dato	Test resultat pendelverdier (PV)					Gj.snitt PV	Std. avvik	Min	Max	Diff.	Temperatur i ° C		Korrigert PV
		1	2	3	4	5						Luft	Overflate	
B6-1	3-jun-03	72	73	73	73	73	73	0	72	73	1		28,0	75
B6-2	3-jun-03	68	68	68	68	68	68	0	68	68	0		28,0	70
B6-3	3-jun-03	69	68	67	68	67	68	1	67	69	2		27,0	69
B6-4	3-jun-03	68	68	69	68	68	68	0	68	69	1		26,0	69
B6-5	3-jun-03	67	67	67	67	66	67	0	66	67	1		26,0	68
PV avg + std.avvik felt B6				69 ± 2								#DIV/0!	27,0	70
B7-1	3-jun-03	69	67	68	68	68	68	1	67	69	2		26,0	69
B7-2	3-jun-03	68	68	67	69	68	68	1	67	69	2		26,0	69
B7-3	3-jun-03	72	72	72	70	70	71	1	70	72	2		26,0	72
B7-4	3-jun-03	67	65	66	65	65	66	1	65	67	2		25,0	67
B7-5	3-jun-03	67	67	67	67	66	67	0	66	67	1		26,0	68
PV avg + std.avvik felt B7				68 ± 2								#DIV/0!	25,8	69
B8-1	3-jun-03	64	63	64	64	65	64	1	63	65	2		25,0	65
B8-2	3-jun-03	63	65	65	65	63	64	1	63	65	2		23,0	65
B8-3	3-jun-03	65	65	65	65	65	65	0	65	65	0		23,0	66
B8-4	3-jun-03	64	62	62	63	63	63	1	62	64	2		23,0	64
B8-5	3-jun-03	65	66	65	65	65	65	0	65	66	1		23,0	66
PV avg + std.avvik felt B8				64 ± 1								#DIV/0!	23,4	65
D8-1	3-jun-03	68	68	67	68	67	68	1	67	68	1		22,0	69
D8-2	3-jun-03	68	68	68	68	68	68	0	68	68	0		23,0	69
D8-3	3-jun-03	69	69	68	68	68	68	1	68	69	1		23,0	69
D8-4	3-jun-03	65	64	64	65	64	64	1	64	65	1		23,0	65
D8-5	3-jun-03	67	65	66	66	65	66	1	65	67	2		22,0	67
PV avg + std.avvik felt D8				67 ± 2								#DIV/0!	22,6	68

5. LITTERATUR

- [1] Erichsen, E. 2001: Pendelapparat – Prosedyrebeskrivelse ved friksjonsmåling på veg.
NGU Intern rapport 2001.012.

Pendelapparat - Prosedyrebeskrivelse ved bruk på veg

Til bruk ved Norges geologiske undersøkelse

Utdrag av Wessex Skid Tester, S885 - Operating Instructions. Wessex Engineering Ltd.
Version 2.0, 08.12.2000.

1.0 Innstilling og bruk av pendelapparatet

Oppstilling av pendelapparatet

- 1.1 Niveller pendelapparatet i horisontal stilling med de tre høydejusteringsskruene.
- 1.2 Hev pendelarmen slik at sleiden kan svinge fritt over vegdekket.
- 1.3 Sjekk at slepeviseren er i vertikalstilling og i linje med pendelarmen når denne henger fritt. Eventuelt juster slepeviseren med dens justeringsskrue. Sjekk at slepeviseren stopper på 0 på skalaen ved å utløse pendelarmen og slepeviseren fra horisontal opphengt stilling. Ved behov juster friksjonen i viserens oppheng slik at viseren stopper på 0.
- 1.4 Med pendelarmen hengende fritt plasser malen, som er festet med et kjede på pendelapparatet, under løftehendelen for å heve sleiden. Senk pendelarmen slik at sleiden akkurat berører testoverflaten. Fest pendelarmen og fjern malen.
- 1.5 Kontroller sleidelengden over overflaten ved forsiktig å senke pendelarmen inntil sleiden berører overflaten først på den ene siden deretter på den andre. Sleidelengden er avstanden mellom berøringspunktene der kanten av sleiden treffer testflaten. Benytt løftehendelen for å unngå unødig slitasje av sleiden ved testing av sleidelengden. Ved behov juster pendelarmen slik at sleidelengden blir 126 ± 1 mm.
- 1.6 Plasser pendelarmen og slepeviseren i horisontal opphengt stilling. Pendelapparatet er nå klart innstilt for måling.

Testing på veg

- 1.7 Fukt testoverflaten og sleiden med destillert vann og sjekk at overflaten er ren for løs smuss.
- 1.8 Utløs pendelarmen med slepeviser og fang pendelarmen på tilbakesvingen før den når overflaten. Les av og registrer slepeviserens utslag på skalaen.
- 1.9 Returner pendelarmen og slepeviseren i utløserposisjonen. Benytt løftehendelen for å unngå unødig slitasje av sleiden. Gjenta prosedyren fem ganger og husk å spray på vann mellom hver test. Registrer gjennomsnittet av de fem målingene forutsatt at differansen mellom enkeltregistreringene ikke overstiger mer enn tre enheter. Hvis differansen er større, gjenta målingene inntil tre registreringer viser samme konstante verdi. Registrer denne verdien.
- 1.10 Hev pendelarmen slik at den henger fritt og sjekk på nytt at slepeviseren stopper på 0.

Sleide preparering

- 1.11 Før en ny sleide kan benyttes, må hver aktiv kant prepareres ved at pendelarmen med sleiden svinges 10 ganger over et 400 graders "resin bonded paper" (papiret er spesifisert i BS 871). Papiret skal være montert i en fast stiv ramme.
- 1.12 Slitekanten på sleiden skal ikke overstige 4 mm.
- 1.13 Gummien på sleiden skal være fri for forurensning som slipemiddel eller olje.
- 1.14 Sleiden skal oppbevares i mørke ved en temperatur på $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

2.0 Friksjonstesting på veg

- 2.1 Inspiser vegen og velg seksjonen som skal testes.
- 2.2 Plasser apparaturen på vegen langs den valgte traseen som skal testes, slik at sleiden svinger i samme retning som trafikken. På vegoverflater med et regulært mønster i form av "rygger" eller frest betong, bør testen utføres med en retning på 80° med "ryggen". Beregn gjennomsnittet av fem målinger som utføres i.h.t. beskrivelsen i pkt. 1.7-1.10, på til sammen fem lokaliteter langs traseen med en avstand på 5 til 10 meters intervall. Gjennomsnittet av disse målingene gir en representativ verdi for friksjonsmotstanden på vegen.
- 2.3 På enkelte vegstrekninger kan det forekomme store variasjoner i friksjonen på tvers av vegen og av og til er vegbanen mest glatt mellom hjulsporene. Hvis dette er tilfelle bør testen også utføres på disse stedene.

2.4 Instrumentet kan også brukes der det er skarp gradient på vegen. Den normale prosedyren følges selv om sleidens travers på vegbanen blir noe forskjøvet i forhold til senter posisjon til pendelapparatet. Det vil ikke bli noen endring fra den normale vektbelastningen mellom sleiden og vegoverflaten og ingen nevneverdig endring i hastigheten til sleiden uavhengig om testen utføres i oppover- eller nedoverbakke. Nivellering av pendelapparatet skal kunne operere med gradienter med et forholdstall opptil 1 til 10 ($5,7^\circ$). Det kan testes på større gradienter ved å benytte forringer under nivelleringskruene.

2.5 Som alle friksjonstester så er bruk av pendelapparatet avhengig av kunnskap om alle faktorer som har innvirkning på friksjonsmotstanden på vegen og resultatene må vurderes ut fra alle forholdene ved selve testens utførelse. De viktigste faktorene som påvirker resultatene er:

Måling med pendelapparatet på veg blir betegnet friksjonsmotstand der intensjonen er å kunne korrelere med effekten for et kjøretøy som har mønstret dekk og som bremses med låste hjul på en våt vegbane med en hastighet på 50 km/t.

Effekten på vegoverflaten kan endres dramatisk mellom 50 til 130 km/t. Friksjonsmotstanden, representert ved en hastighet på 50 km/t, kan ikke alene forventes å gi noen indikasjon om friksjonen på vegen ved høyere hastigheter. Endringen i friksjonsegenskapene med økende hastighet på våt vegbane er avhengig av ruheten til overflatens mikro-tekstur og er vesentlig lavere for ru overflate enn for glatt overflate. Ved testing på veger med høy hastighet må det i tillegg registreres type tekstur på vegdekke. På veger med lav hastighet er det tilstrekkelig med en visuell vurdering av teksturen.

Ru overflate - Vanlige dekk vil gi samme friksjonsmotstand som den målte.

Middels tekstur - Som for ru overflate, men "glatte dekk" vil oppnå en lavere friksjonsmotstand sammenliknet med den verdien pendelapparatet angir.

Glatt tekstur - effekten kan variere avhengig av mønsteret til dekket.

- (i) På veger der hastigheten er høy kan teksturen eller "tekstur dybden" måles med den såkalte "sand patch" metoden.
- (ii) Generelt er friksjonsmotstanden på våt vegbane høyere om vinteren enn om sommeren. Størrelsen på variasjonen er avhengig av:
 - (a) Vegens utforming og trafikkforhold
 - (b) Karakteristikken til vegoverflaten
 - (c) Været

Den kan variere mye fra veg til veg, så det er ikke mulig å forutsi friksjonsmotstanden på ett bestemt tidspunkt av året ut fra en måling utført på en annen tid. Det er også viktig å påpeke at veger med tilfredsstillende verdier om vinteren kan bli glatte i løpet av sommeren. Datoen for utført måling må derfor alltid registreres.

- (iii) Temperaturen påvirker sleidens gummi som har en merkbar effekt ved alle målinger av friksjonsmotstanden. Friksjonsmotstanden blir lavere med økende temperatur. I tillegg vil variasjonen i friksjonsmotstandens temperaturavhengighet kunne variere fra veg til veg, hovedsakelig p.g.a. endring i overflateteksturen. Effekten av temperaturen har kun innvirkning for tester som er utført ved temperaturer under 10° C.

For å kunne tolke resultatene bør temperaturen av vannet som ligger på vegen registreres rett etter friksjonsmålingene. Det må påpekes at endringen i poleringen av vegoverflaten gjennom et år har en mye større effekt på friksjonsmotstanden enn endringen i temperaturen. Temperaturen utgjør ca. 25% av total endring av friksjonsegenskapene.

- (iv) Endring av friksjon på tvers av vegbanen gjør at valg av trase skal gjøres etter en nøye vurdering. Valgt trase bør merkes for eventuelle senere målinger.
- (v) Fyll ut et skjema for alle registreringer (se kap 4.0).

3.0 Målt friksjon med pendelapparat - reell friksjon på vegen

Forholdet mellom den målte verdien med pendelapparatet (pendelverdien, PV) og reell friksjonen på vegen (friksjonskoeffisienten, μ) er gitt ved formelen;

$$PV = \mu * 100$$

Formelen er basert på et matematisk grunnlag gitt en vekt som faller for deretter å heve seg igjen. Den angitte formelen er ikke helt korrekt. Det er mange faktorer som innvirker på avvik i formelen, den viktigste er p.g.a. variasjon i kontaktflaten når sleidens aktive kant stryker over testflaten. Nærmere beskrivelse av de ulike faktorene er gitt i; Development and performance of the portable skid resistance tester. Road Research Technical Paper No 66. Road Research Laboratory. DSIR 1964.

Korreksjon mellom målt pendelverdi og friksjonskoeffisient er gitt tabell 1.

4.0 Skjema for utfylling av testresultater

Skjemaet følger vedlagt.

Tabell 1. Korreksjon mellom pendelverdi (PV) og friksjonskoeffisient (μ).

$\mu*100$	PV	$\mu*100$	PV	$\mu*100$	PV	$\mu*100$	PV
1	1	26	26	51	48	76	66
2	2	27	27	52	48	77	67
3	3	28	28	53	49	78	68
4	4	29	29	54	50	79	68
5	5	30	30	55	51	80	69
6	6	31	31	56	51	81	70
7	7	32	32	57	52	82	70
8	8	33	32	58	53	83	71
9	9	34	33	59	54	84	72
10	10	35	34	60	55	85	72
11	11	36	35	61	55	86	73
12	12	37	36	62	56	87	74
13	13	38	37	63	57	88	74
14	14	39	38	64	58	89	75
15	15	40	39	65	58	90	76
16	16	41	39	66	59	91	76
17	17	42	40	67	60	92	77
18	18	43	41	68	60	93	77
19	19	44	42	69	61	94	78
20	20	45	43	70	62	95	79
21	21	46	44	71	63	96	79
22	22	47	44	72	63	97	80
23	23	48	45	73	64	98	81
24	24	49	46	74	65	99	81
25	25	50	47	75	65	100	82

Dato for testing: _____

FRIKSJONSTESTING PÅ VEG - TESTRESULTAT

Test nummer:

Test utført av:

Prøvested:

Sleidenr./sidekant:

Resultater

Lokalitet/Trase	Test resultat					Gj.snitt	Temperatur i ° C	
	1	2	3	4	5		Luft	Overflate
1								
2								
3								
4								
5								
Gj.snitt	/	/	/	/	/		/	/

Beskrivelse av vegdekke: _____

Testmetode

Referanse til prosedyren:

1. Wessex Skid Tester, S885 - Operating Instructions. Wessex Engineering Ltd. Version 2.0, 08.12.2000.
2. Erichsen, E. 2001: Pendelapparat - Prosedyrebeskrivelse ved friksjonsmåling på veg. NGU Rapport 2001.012.
3. Prøvingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag. Del 8: Bestemmelse av poleringsverdi. NS-EN 1097-8. 1. utgave mai 2000.

Avvik fra prosedyren:

Ingen avvik.

Signatur: _____