

Intern rapport

Intern rapport nr. 2376

Friksjonsmåling på vegger

Statusrapport



Statens vegvesen

Teknologiavdelingen

Intern rapport nr. 2376

Sammendrag

Bakgrunn for rapporten er at det er et behov i Statens vegvesen for å samle mer informasjon om friksjon på veger. Bedring av vegdekkers friksjon har til formål å sikre tilstrekkelig veggrep for sikker manøvrering og bremsing under alle vær- og føreforhold. Det er lagt vekt på å få frem det historiske aspektet i rapporten, om friksjonsmåling i Statens vegvesen og piggdekkutvikling.

Friksjon er gnidningsmotstand mellom to legemer. Faktorer som bestemmer friksjon er trafikk, sesongvariasjoner, lokalisering, målebetingelser, dekkfaktorer og dekketypen. Den viktigste faktoren er om overflaten på vegdekket er våt eller tørr. Det er en sammenheng mellom sikkerhet og friksjon, spesielt reduseres friksjonen med høy hastighet på våt bar veg.

Måling av friksjon kan gjøres ved hjelp av mange metoder og ved bruk av ulike typer utstyr. I praksis opereres det ut fra tre måleprinsipper: Måling av bremselengde, retardasjonsmåling, og måling ved forskjellige typer slipp (konstant slipphastighet eller variabel slipphastighet). Det finnes avansert utstyr for å måle friksjon på vegdekker, målere spesialisert for måling på vinterføre, håndholdt utstyr, spesialutstyr, og friksjonsmålere til luftfart. Statens vegvesen har fastsatt krav til hva friksjonen skal eller bør være på vegoverflaten både på sommer- og vinterføre, og på vegmerking.

Dersom friksjonen på vegdekket er dårlig, finnes det en rekke tiltak som kan gjøres, både på sommerføre og om vinteren. Mest vanlig på sommerføre er fresing eller avstrøing, mens på vinteren strøs eller saltes det.

Det er mange faktorer som spiller inn på friksjonen. Det er ikke et godt nok datagrunnlag enda for å for eksempel kunne si noe om hvilken friksjon ulike dekketyper har. Det skal fremover i Statens vegvesen være en målebil av typen RoAR mark III i hver av de 5 regionene. De nye målebilene skal samle data for både sommer- og vintermålinger. Når dataene er samlet inn, skal friksjonsdata lagres i den nye vegdatabanken (NVDB) for blant annet analyser.

Emneord: *Vegdekke, friksjon, friksjonsmåleutstyr*

Kontor: *Veg- og trafikkfaglig senter Trondheim*
Saksbehandler: *Janne Bakke Groth*
Dato: *Februar 2005*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Abstract

This report is made because Statens vegvesen wants further information about friction on road surfaces. Improved friction on the road surface is necessary to make sure safe manoeuvring and braking during all weather conditions. In this report the historical aspect is emphasized, regarding friction measurements in Statens vegvesen and the history of studded tires.

Friction is defined as the rubbing between two elements. Friction is influenced by many factors, such as traffic, seasonal variations, localization, measuring conditions, tyre factors and road surface factors. The most important factor is whether the road surface/pavement is dry or wet. There is a relation between safety and friction, for example the friction is reduced when driving with high speed on a wet pavement.

There are many methods for measuring of friction and various types of equipment. In general there are three principles of measurement: breaking distance, retardation and measuring different types of slip (such as constant slip velocity or variable slip velocity). There is advanced equipment for measuring friction on road surfaces, equipment specialized for winter conditions, equipment by hand, special equipment and equipment for use in airports. Statens vegvesen has established requirements for friction on pavements during summer and winter conditions.

If the friction on the road surface/pavement is low, there are several actions both in summer and in wintertime to improve the conditions. In the summer the most common actions are milling or sand dressing. Sanding or salting is common during the winter.

There are many factors that influence the friction, and yet there are not enough results for comparison. In future there will be five cars with measuring equipment called RoAR mark III, one in each region in Statens vegvesen. The new cars will gather information during the summer as well as in the winter. This information will be registered in a computer system called "NVDB" – the new road database, where analyses will be performed.

Topic words: *Road surface, pavement, friction, equipment for friction measurements*

Office: *Centre for Road and Traffic Technology*

Case handler: *Janne Bakke Groth*

Date: *February 2005*

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	7
1.1	Bakgrunn.....	7
1.2	Formål og begrensninger.....	7
1.3	Historikk.....	7
1.3.1	Friksjonsmåling i Statens vegvesen – historikk (av Sigmund Dørum).....	7
1.3.2	Piggdekkhistorikk.....	8
1.4	Internasjonalt.....	10
1.5	Rapportliste.....	12
2	Generelt om friksjon.....	14
2.1	Ord og uttrykk.....	14
2.1.1	Adhesjon.....	14
2.1.2	Hysterese.....	14
2.1.3	Støt og kompaktering.....	15
2.1.4	Slitasje.....	15
2.1.5	Vannfilm.....	15
2.1.6	Elektrostatisk ladningseffekt.....	15
2.2	Friksjonslovene.....	16
3	Faktorer som bestemmer friksjon.....	18
3.1	Sesongvariasjoner og lokalisering.....	19
3.2	Trafikk.....	20
3.3	Dekkefaktorer.....	22
3.4	Målebetingelser.....	24
3.5	Dekkfaktorer.....	24
4	Sikkerhet og friksjon.....	25
5	Måling av friksjon på veg.....	27
5.1	Måling av bremselengde.....	27
5.2	Retardasjonsmålere.....	28
5.3	Slippmåling.....	30
5.4	Friksjonsmålere brukt på veger i Norge.....	32
5.4.1	Avanserte målere.....	32
5.4.2	Vinterfriksjonsmålere.....	35
5.4.3	Håndholdt/bærbart utstyr.....	37
5.4.4	Spesialutstyr.....	39
5.5	Friksjonsmålere til luftfart.....	40
5.6	Målerutiner.....	43
6	Krav til friksjon.....	44
6.1	Sommerfriksjon.....	44
6.2	Vinterfriksjon.....	45
6.3	Vegmerking.....	46
7	Friksjonsforbedrende tiltak.....	47
7.1	Tiltak om sommeren.....	47
7.2	Tiltak om vinteren.....	48
7.2.1	Sand.....	48
7.2.2	Salt.....	49
8	Erfaringer.....	51
9	Sluttkommentar.....	53

Tabelliste

Tabell 1: Piggdekkhistorikk [2, 3].....	9
Tabell 2: Påvirkninger på slitasjen av vegdekket.....	9
Tabell 3: Dekketyper og friksjonskrav [4]	11
Tabell 4: Friksjonsutstyr og –krav [4].....	12
Tabell 5: Typiske friksjonskoeffisienter for ulike føreforhold [,].....	16
Tabell 6: Virkninger på ulykker av bedring av vegdekkers friksjon. Prosent endring av antall ulykker [1].....	25
Tabell 7: Virkninger på ulykkene av vintervedlikeholdstiltak. Prosent endring av ulykkestall [1].....	26
Tabell 8: Verdier for friksjonskoeffisient før strøtiltak iverksettes [47].....	45
Tabell 9: Tiltak og tiltakstid for strategi bar veg [47].....	46
Tabell 10: Krav til SRT-verdier på vegmerking	46
Tabell 11: Friksjonsforbedrende tiltak om sommeren	47
Tabell 12: Eksempler på friksjonsmålinger på asfalt.....	52

Figurliste

Figur 1: Prinsipptegning for friksjon [6].....	14
Figur 2: Hysteres ved bremsing [8].....	15
Figur 3: Friksjonslovene [6].....	16
Figur 4: Faktorer som påvirker friksjon.....	18
Figur 5: Forskjell våt- og tørrfriksjon [].....	19
Figur 6: Friksjon over året på forskjellige strekninger [].....	20
Figur 7: Friksjonsmålinger ved forskjellige hastigheter på bart dekke [5].....	21
Figur 8: Sammenheng mellom fart og friksjon [1].....	21
Figur 9: Friksjon avhengig av hastighet og tekstur [17].....	22
Figur 10: Forløp for friksjonskurve [18].....	23
Figur 11: Variasjon i friksjon over strekning [19].....	23
Figur 12: Risikoforløp før og etter iverksetting av vintervedlikeholdstiltak [1].....	26
Figur 13: Bremselengder ved 50 km/t ved ulik friksjon.....	27
Figur 14: Bremselengder ved 80 km/t ved ulik friksjon.....	28
Figur 15: C-μ mark III [23].....	29
Figur 16: ELTRIP [20].....	29
Figur 17: Hastigheten på målehjul ved oppbremsing [6].....	30
Figur 18: Friksjon som funksjon av slipp [].....	30
Figur 19: Friksjonskurver ved ulike føreforhold [].....	31
Figur 20: Friksjonsmålere som benyttes av Statens vegvesen [].....	32
Figur 21: OSCAR [23].....	33
Figur 22: RoAR MARK III [23].....	34
Figur 23: VERTEC/FION [26].....	35
Figur 24: SALTAR [27].....	36
Figur 25: KOFRIKS [28].....	36
Figur 26: Friksjonspendel (BPT)[32].....	37
Figur 27: Portable friction tester [29].....	38
Figur 28: "Thor-Wiggo" fra siden og forfra [29].....	38
Figur 29: T2GO [].....	39
Figur 30: Ytre skall [].....	39
Figur 31: Topplate nedsunket i veg [34].....	39

Figur 32: Indre måleinstrument [34]	39
Figur 33: Friksjonsarm [34]	40
Figur 34: ASFT i bil [35]	41
Figur 35: ASFT på tilhenger [36].....	41
Figur 36: SARSYS Trailer Friction Tester [37].....	41
Figur 37: RUNAR mark II [38].....	42
Figur 38: Bromsvagn BV 11 [40]	42
Figur 39: GripTester [41]	43
Figur 40: Friksjonsmåling på glatt dekke.....	45
Figur 41: FRIMOKAR, friksjonsforbedrende utstyr [5].....	48
Figur 42: Friksjonsforbedring med tørr sand og fastsand [].....	49
Figur 43: Friksjonsmåling på trebru på E39.....	51
Figur 44: Friksjon på vegmerking	52

1 Innledning

Denne statusrapporten innledes med bakgrunn, formål og begrensninger. Det vises en historisk oversikt over hva som har skjedd i Statens vegvesen gjennom tidene, samt hvordan utviklingen av piggedekk har vært. Selv om fokus er på hvordan forholdene er i Norge tas det med en tabell over krav og dekketyper internasjonalt. Det er også med en rapportliste som viser hva slags litteratur som er brukt.

1.1 Bakgrunn

Det er et behov i Statens vegvesen for å samle mer informasjon om friksjon på veier. Mindre påvirkning fra piggedekk og store trafikkmengder medfører at polering av vegdekket har blitt et problem på sommeren. Piggedekkforbud, konkurranseutsetting av vinterdriften og større krav fra trafikantene tilsier at vinterfriksjonen også har større fokus. Friksjon er svært viktig trafikksikkerhetsmessig og påvirker ulykkesstatistikken [1]. Bedring av vegdekkers friksjon har til formål å sikre tilstrekkelig veggrep for sikker manøvrering og bremsing under alle vær- og føreforhold og ved vanlige trafikkforhold.

Problemene har endret seg over tid i Norge, tidligere var ikke mangel på friksjon et problem. Etter hvert har problemene blitt mer like de på kontinentet hvor det ikke benyttes piggedekk. I Norge benyttes det andre typer steinmateriale enn på kontinentet, og disse er ikke optimale for god friksjon.

Det finnes mye ulikt utstyr for å måle friksjonen, og det gjøres mange undersøkelser av friksjon på norske veier.

1.2 Formål og begrensninger

Denne rapporten gir en status (dog ikke komplett) for friksjonsmåling og kunnskapen på dette i Norge. I rapporten blir det i hovedsak sett på sommerfriksjon, men også noe på vinterfriksjon. Det er gjort flere studier av vinterfriksjon enn av sommerfriksjon.

Dessuten er det lagt hovedvekt på utstyr som er benyttet i Norge og resultater fra norske målinger. Utstyret for måling av sommer- og vinterfriksjon er stort sett det samme.

1.3 Historikk

1.3.1 Friksjonsmåling i Statens vegvesen – historikk (av Sigmund Dørum)

Friksjon på bar veg tas i utgangspunktet vare på gjennom materialvalg og sammensetning for vegdekket, beskrevet i vegnormalene. Bl.a. er avstrøing av nylagt dekke beskrevet som et aktuelt tiltak for noen dekketyper. Ved feilslag og uheldige omstendigheter ved veggeometri og klima kan imidlertid friksjonen bli lavere enn forutsatt. For å påvise og dokumentere dette er det ønskelig å kunne måle friksjonen.

Bortsett fra at retardasjonsmålere i egnet kjøretøy har vært brukt i spesielle tilfeller, særlig ved ulykker (biltilsynet), og at Veglaboratoriet anskaffet et pendelapparat for punktmålinger på 60-tallet, leide Statens vegvesen før 1970 friksjonsmåleutstyr fra utlandet ved behov.

I 1971 ble eget utstyr, M μ -meter inklusive trekkvogn med vanntank, anskaffet av Vegdirektoratet/Veglaboratoriet. Dette utstyret sammen med tilsvarende utstyr fra Luftfartsverket, dekket behovet for kontrollmålinger og FoU i 1970-80 årene.

I 1990 ble det etablert et samarbeid med et norsk firma (Norsemeter) og Industrifondet for å utvikle et mer egnet måleutstyr tilpasset nye krav, bl.a. EDB. I 1992 kjøpte Statens vegvesen det nyutviklede utstyret OSCAR som ble det første som kan måle med variabel slipp. Dette er et stort og dyrt utstyr som egner seg best til FoU og som en referanse.

I 1995 anskaffet Statens vegvesen 3 mindre målere, ROAR versjon I, tilpasset vegvesenets behov, bygget på samme prinsipp som OSCAR, men enklere og billigere. Disse ble plassert i forskjellige områder av landet til kontrollformål, først og fremst for å dekke et stadig økende behov for dokumentasjon av friksjonsforholdene om vinteren.

I 1997 kjøpte Sør-Trøndelag vegkontor en ny ROAR-måler oppgradert til versjon II, hvor også en større vanntank fikk plass. I 2003 ble denne måleren oppgradert ytterligere til versjon III, til bl.a. Windows-basert databehandling.

Fra 2002 har Statens vegvesen samarbeidet med VERTEC AS for utvikling av en alternativ friksjonsmåler også basert på variabel slipp. En prototyp er levert Region øst i 2004.

I 2004 er det utlyst et åpent anbud for levering av 4 variabel slipp-målere til Statens vegvesen.

Hittil er måledataene blitt behandlet lokalt og individuelt, bl.a. med Excel, etter behov. Det pågår arbeid med å etablere et register for friksjon i VDB hvor måledata knyttet til vegnettet kan legges.

Dekkeoverflatens tekstur er en viktig parameter for friksjonsnivået, særlig ved høyere hastigheter. Makroteksturen er ved behov blitt målt punktvis ved sandflekkmotoden. Makrotekstur blir i dag registrert vha laser som en del av spor og jevnhet, og måledataene lagt i et register i VDB.

1.3.2 Piggdekkhistorikk

Da bil ble "allmannseie" på 1960-tallet ble det oppsving av faste dekker (asfalt) på norske veier, og piggdekkene ble introdusert [2]. På grunn av kraftig utvikling i trafikken har piggdekkslitasjen økt. Samtidig har utvikling av sterkere vegdekker og overgang til piggdekk som sliter mindre på vegene, ført til en reduksjon av den spesifikke piggdekkslitasjen [3]. Årlig vegslitasje på grunn av piggdekkbruk gir 250-300 000 tonn asfaltstøv i Norge [2]. For veier med ÅDT > 3000 har hjulspor i asfaltdekket i hovedsak vært knyttet til slitasje fra piggdekkene.

De siste 20-30 årene har det vært kontinuerlig utvikling av vegdekker med hensyn til strengere krav til steinmaterialer i asfaltdekkene og utvikling av nye dekker. Retningslinjer for vedlikeholdet av vegdekker på riksvegene, det vil si krav og kriterier for vedlikeholdstiltak på riksvegnettet, finnes i Statens vegvesen håndbok 111 [3]. Det er først og fremst krav til maksimal spordybde og jevnhet i vegens lengderetning som utløser dekketiltak. Hvert år gjennomføres en omfattende registrering av spordybden og jevnheten på vegnettet.

De viktigste aktivitetene de siste 40 årene med hensyn til piggdekk og vegdekkers slitestyrke er presentert i **Tabell 1** [2, 3]:

Tabell 1: Piggdekkhistorikk [2, 3]

År:	Hendelse:
1960-årene	Før piggdekkenes tid var det ofte "sandstormer" i Trondheim på tørre dager om vinteren og våren. Slitasje fra piggkjettinger var et problem på enkelte steder. Mot slutten av 1960-årene oppdages slitasjeproblemer ved at vegdekkene er gjennomslitt flere steder.
1970-årene	Det nedlegges en betydelig forskningsinnsats i å klarlegge hvilke faktorer som påvirker piggdekkslitasjen. Hovedmålet er å komme frem til det optimale vegdekket med hensyn på slitestyrke og kostnader. I 1970 ble det innført begrensning på piggdekkseasonen. I 1972 ble det forbudt å bruke rørpigg, og piggantall, piggvekt, overheng og piggkraft ble regulert. I 1979 kom en ny skjerpning av tillatt vekt på personbilpigger.
1980-årene	Samtidig med utvikling av slitesterke dekker ble det fokus på piggdekkenes betydning. "Miljøpigg" ble utviklet, det vil si lettere pigger med gunstige egenskaper for slitasjen på vegdekkene. I 1988 ble piggdekkseasonen på nytt begrenset. Dessuten ble øvre grense for antall pigger, statisk piggkraft og piggenes vekt revidert. SPS-kontrakter ble tatt i bruk, slik at entreprenørene måtte garantere en minste slitestyrke på dekkene.
1990-årene	"Miljøpigg" tatt i bruk. Økt oppmerksomhet på vegdekkenes homogenitet med hensyn til kvalitet. I 1990 og 1992 ble vekten på personbilpigger på nytt redusert. I 1996 ble det foreslått begrensninger/forbud mot piggdekk i enkelte byer.

Forhold av betydning for slitasjen på vegdekker er oppsummert i **Tabell 2** [2]:

Tabell 2: Påvirkninger på slitasjen av vegdekket

Ytre påkjenninger	• Trafikkpåkjenninger	- Trafikkmengde
		- Andel tungtrafikk
		- Piggdekk/kjettingbruk
		- Trafikkhastighet
	• Klima	- Temperatur
		- Fuktighet og nedbør
		- Overflateaktive stoffer/fuktmidler
• Veggeometri	- Kurvatur	
• Stigning/helning	- Bremsing	
	- Akselerasjon	
Vegdekkets egenskaper	• Hulrom	
	• Steinmengde	
	• Steinstyrke	
	• Maksimal steinstørrelse	
	• Bindemiddelmengde	
	• Bindemiddeltype	
	• Bindemiddelstivhet	

Klimaet og salting har betydning for piggdekkslitasjen ved at fuktig asfalt slites sterkere enn tørt asfaltdekke [3]. Det er fordi heft- og fuktforholdene mellom bitumen og steinmaterialer påvirkes av vannets tilstedeværelse, og at selve steinmaterialet slites sterkere når det er vått. Salting påvirker slitasjen ved at tiden hvor vegdekket er fuktig blir lengre. Snødekket veg har ikke piggdekkslitasje.

1.4 Internasjonalt

Friksjon er og har vært viktig i utlandet. Den tekniske komiteen for overflateegenskaper (C1) i den verdensomspennende vegorganisasjonen PIARC gjorde i 1998 en undersøkelse av hvilke krav som gjelder ved vegarbeider, bl.a. for friksjon, i en del land [4]. For å utfylle dette bildet er det foretatt et studium av hvilke dekketyper og krav til friksjon som benyttes i en del europeiske land [4]:

Danmark

I Vejregler står det at slitelagstypene av varmasfalt er: Pulverasfalt, Asfaltbetong, Skærvemastiks, Drænasfalt og Tyndlagsbelægning. Det stilles ikke poleringskrav til steintilslaget. Friksjonskravet er som angitt i Tabell 4. Minimum er: $\mu \geq 0,4$ målt ved 60 km/t.

Nederland

I Standaard ses at de vanligste slitelag er: Asfaltbetong, Skjelettasfalt, Drensasfalt og Støpeasfalt. Det stilles krav til poleringsverdi (PSV) for tilslaget som angitt i Tabell 3. Krav til friksjon er: $\mu \geq 0,52$ målt ved 50 km/t.

Sveits

Av den sveitsiske standarden framgår at hovedtypene slitelag er: Asfaltbetong, Skjelettasfalt, Drensasfalt og såkalt Ru asfalt (Rauhasphalt). Det er ikke gitt krav til polering for tilslaget. I standarden beskrives kravene til friksjon som er gjengitt i Tabell 4. Minimumskravet er: $\mu \geq 0,32$ målt ved 80 km/t.

Sverige

ATB Väg 2000 viser at slitelagstypene er: Asfaltbetong, Skjelettasfalt, Drensasfalt og Støpeasfalt. Det stilles ikke krav til polering for tilslaget. Friksjonskravet er angitt i Tabell 4 som viser at minimum er: $\mu \geq 0,4$ målt ved 70 km/t.

Tyskland

De vanligste slitelagstypene gitt i retningslinjene er: Asfaltbetong, Skjelettasfalt og Støpeasfalt. Det stilles krav til poleringsverdi for tilslaget som angitt i Tabell 3. I retningslinjer for tilslag er det oppgitt typiske PSV for noen vanlige bergarter. I retningslinjene er det også satt krav til friksjon på $\mu \geq 0,43$ v/80 km/t. Det gjennomføres friksjonsmålinger på vegnettet etter en 5-års syklus.

Østerrike

Fra retningslinjene kan det ses at slitelagene er: Polymermodifisert asfalt, Skjelettasfalt og Tynndekke. Det er gitt krav til poleringsverdi for tilslaget som gjengitt i Tabell 3. Det stilles ikke krav til friksjon, men med visse mellomrom gjennomføres friksjonsmålinger på ulike deler av vegnettet.

England

Hovedtypene slitelag er såkalt Hot rolled asphalt (en slags Topeka), Asphaltbetong, Drensasfalt og Tynndekke. Det stilles omfattende krav til poleringsverdi for tilslaget avhengig av hvor det skal anvendes. Det er også angitt en nedre grense for friksjon knyttet til sted.

I den senere tid er fokus rettet mer mot teksturen på vegoverflaten. I den sammenheng er det utført en undersøkelse av hastighetens betydning for friksjonen, avhengig av teksturdybden. Konklusjonen er som ventet at friksjonen avtar med hastigheten, og når minimum ved ca. 100 km/t. Det bekreftes også at friksjonen avtar raskere når teksturdybden er liten. Det ble funnet at tekstur < 0,7 mm betyr mest for hvor raskt friksjonen avtar.

Oppsummering

Stort sett benyttes de samme dekketyperne i mange av de europeiske land. Asphaltbetong og Skjelettasfalt brukes i de aller fleste av de undersøkte landene. Drensasfalt forekommer også hyppig. Kravene til poleringsverdi er relativt like, men i England er de svært differensierte og også gjennomgående mye strengere enn i de øvrige land.

Friksjonskravene er nokså sammenfallende. Men bruk av forskjellige målebetingelser gjør en direkte sammenligning usikker. Det blir bekreftet at både mikro- og makroteksturen har betydning for friksjonsnivå og -forløp.

Tabell 3: Dekketyper og friksjonskrav [4]

Land	Dekker	Krav	Hastighet v/måling	Hastighet på vegstrekning
Danmark	Ab/Sma/Pa/Tb	$\mu \geq 0,4$ $\mu \geq 0,5$ $\delta\mu < 0,1$	60 km/t ” 80 km/t	≤ 80 km/t ” > 80 km/t
Nederland	Ab/Sma/Da/Ga	PSV $\geq 48, \geq 53$ $\mu \geq 0,52$	50 km/t	70 km/t
Sveits	Ab/Sma/Da/Ra	$\mu \geq 0,48$ $\mu \geq 0,39$ $\mu \geq 0,32$	40 km/t 60 km/t 80 km/t	≤ 60 km/t $60 < V \leq 100$ > 100
Sverige	Ab/Abs/Abd/Ga	$\mu \geq 0,5 (0,4)$	70 km/t	
Tyskland	Ab/Sma/Ga	PSV $\geq 43, \geq 50(53)$ $\mu \geq 0,43$ $\mu \geq 0,50$ $\mu \geq 0,56$	80 km/t 60 km/t 40 km/t	
Østerrike	Pma/Sma/Td	PSV $\geq 40, \geq 45, \geq 50$		

Tabell 4: Friksjonsutstyr og –krav [4]

Land	Metode	Krav	Hastighet v/måling	Hastighet på vegstrekning
Danmark	S/F slett	$\mu \geq 0,4$ $\mu \geq 0,5$ $\delta\mu < 0,1$	60 km/t 80 km/t	≤ 80 km/t > 80 km/t
Nederland	F slett	$\mu \geq 0,52$	50/70 km/t	
Sveits	L riller	$\mu \geq 0,48$ $\mu \geq 0,39$ $\mu \geq 0,32$	40 km/t 60 km/t 80 km/t	< 60 km/t $60 < V < 100$ > 100 km/t
Sverige	F møn	$\mu \geq 0,5$ (0,4)	70 km/t	
Tyskland	S slett	$\mu \geq 0,60$ $\mu \geq 0,53$ $\mu \geq 0,46$ (n) $\mu \geq 0,56$ $\mu \geq 0,50$ $\mu \geq 0,43$ (b)	40 km/t 60 km/t 80 km/t 40 km/t 60 km/t 80 km/t	
Østerrike	F riller		60 km/t	

S – skråstilt hjul, F – fast slipp, L – låst hjul, slett – hjul uten mønster

Norske krav er beskrevet i kapittel 6.

1.5 Rapportliste

Håndbøker/normaler

- Trafikksikkerhetshåndbok – oversikt over virkninger, kostnader og offentlige ansvarsforhold for 124 trafikksikkerhetstiltak. [1]
- Statens vegvesen Vegdirektoratet: Feltundersøkelser. Håndbok 015. [30]
- Statens vegvesen Vegdirektoratet: Vegbygging. Håndbok 018. [44]
- Statens vegvesen Vegdirektoratet: Material- og funksjonskrav til vegutstyr. Håndbok 062. [46]
- Statens vegvesen Vegdirektoratet: Standard for vedlikehold og drift. Håndbok 111. [47]
- Statens vegvesen Vegdirektoratet: Standard for vedlikehold og drift. Temahefte til håndbok 111. [48]

Notater

- Piggdekkslitasje på vegnettet – utviklingstrekk. [2]
- Vegslitasje – piggdekkslitasje og/eller salting. [3]
- Dekketyper og friksjonskrav. [4]
- Friksjon på bar veg. Vegdekkers friksjonsegenskaper. [7]
- Krav til friksjon på nylagte asfaltdekker. [42]
- Praktisk bruk av friksjonsmålinger. [56]

Rapporter

- Opplæringsnotat friksjon. [5]
- Friksjon – hvilken kunnskap har vi i dag, og hva gjør vi videre? [6]
- Vinterfriksjon – varmbefuktet sand. [9]
- Friksjonsmålinger og bruk av måledataerfaringer med ROAR. [15]
- Friksjonsmålinger på E6 gjennom Sør-Trøndelag. [19]
- Friction measurement methods and the correlation between roadfriction and traffic safety. [21]
- Friksjonsmålinger på vinterveger. [22]
- Friksjonsmåler for vinterdrift. [27]
- Test av håndholdte friksjonsmålere. [29]
- Kontroll og dokumentasjon av reseptorienterte asfaltkontrakter. [45]
- Uttesting av varmsandmetoden Hotstone og Friction Maker vinteren 1998/99. [49]
- Deicing og Roads in Norway with Brine. [51]
- Friksjonsutvikling over sommersesongen. [54]
- Måling av friksjon gjennom E6 Sør-Trøndelag. [55]

Hovedoppgaver

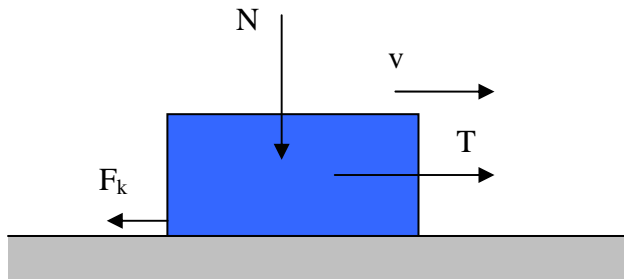
- Friksjon på bar veg. [7]
- Driftsstabilitet og målbarhet ved vegbanesensor. [33]

Faglitteratur

- The friction of pneumatic tyres.[8]
- Snow engineering. [10]
- Snow and ice control manual for transportation facilities. [11]
- Tribology, Principles and design application. [14]

2 Generelt om friksjon

Nonstad [5] og Skogheim [6] beskriver hva friksjon er: Når to legemer kommer i direkte kontakt med hverandre oppstår det kontaktkrefter. Normal- og friksjonskrefter er begge kontaktkrefter. Normalkraft (N) kalles den loddrette kraftvektoren som representerer legemets tyngde. Se **Figur 1**. Komponenten som er parallell med overflaten kalles friksjonskraften (F_k). F_k finnes ved hjelp av formelen $F_k = \mu \cdot N$, hvor μ er friksjonskoeffisienten.



Figur 1: Prinsipp tegning for friksjon [6]

Dersom overflaten er friksjonsløs blir også friksjonskraften null, og kontaktkreftene består kun av en normalkraft. En friksjonsløs overflate er et idealisert eksempel. Retningen til friksjonskraften er alltid den motsatte retning av fartsretningen til de to overflatene. Når et legeme glir mot et annet legeme, opptrer det en kraft som arbeider mot bevegelsen: Gnidningskraft eller friksjonskraft [7]. Friksjonen som oppstår når et legeme glir over en overflate kalles den kinetiske friksjonskraften F_k . Størrelsen på den kinetiske friksjonskraften øker vanligvis når normalkraften øker.

Friksjonskrefter kan også oppstå når det ikke er noen relativ bevegelse. Den kalles da statisk friksjonskraft F_s , og er vanligvis noe høyere enn den kinetiske friksjonskraften. Et eksempel på dette er at det vanligvis er enklere å holde en eske i bevegelse enn å starte å bevege den.

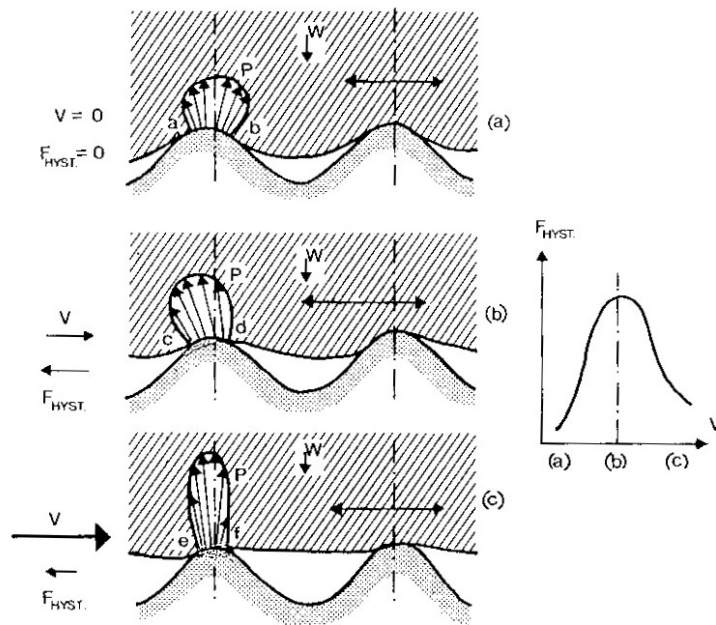
2.1 Ord og uttrykk

2.1.1 Adhesjon

Adhesjonskraften er en overflatekraft som oppstår mellom dekk og vegoverflate. Ved tørt føre og fri rulling er det denne kraften som er mest betydningsfull. Adhesjonskraften skyldes at det dannes molekylære bindinger mellom overflatene som er i kontakt med hverandre. Når flatene glir mot hverandre vil disse bindingene strekke seg, brytes og nye bindinger dannes. Dette vil gi et energitap, og dermed skape en kraft som virker mot glidningen [8].

2.1.2 Hysterese

Hysterese er en kraft som ikke er operativ når et dekk ruller fritt. Ved slipp hastighet lik null, vil det være symmetrisk trykkfordeling fra hjulet over forhøyninger eller ujevnheter i vegoverflaten. Når slipp hastigheten er forskjellig fra null, vil det bli et økt trykk på kanten av ujevnheter. Dette medfører at gummiene "samlers" seg i dette området. Denne asymmetriske trykkfordelingen vil gi en kraft som virker i motsatt retning av glidebevegelsen. Økt slipp hastighet vil øke asymmetrien i trykkfordelingen, og øke kraften. Se **Figur 2** [8].



Figur 2: Hysterese ved bremsing [8]

2.1.3 Støt og kompaktering

Begrepet hysterese kan også brukes om permanente deformasjoner i et materiale, men hos Moore [8] brukes begrepet spesifikt om fenomenet som omtalt ovenfor. Hysterese som deformasjoner omtales derfor her som støt og kompaktering. Når to legemer glir mot hverandre vil det skje en viss deformasjon i materialene. Størrelsen på deformasjonene vil avhenge av type materialer. Deformasjonene innbærer arbeid som krever energi.

2.1.4 Slitasje

Ved en relativ hastighetsforskjell mellom hjul og overflaten vil det finne sted en nedsliting av begge overflatene. Nedslittingsprosessen krever energi, og denne energien er en del av friksjonskraften. Som tribologisk emne er nok slitasje viktigere innen andre fagfelt enn ved friksjon mellom bildekk og vegoverflate [6].

2.1.5 Vannfilm

Ved friksjon på snø eller is dannes det en vannfilm mellom snøen og overflaten som glir på snøen [9]. Vannfilmen vil fungere som "smøring" og vil avhengig av tykkelsen kunne gi lavere friksjon. Dette blir da i tribologiske termer en lubrikant. Vannfilmen dannes på grunn av friksjonsvarmen mellom snøen og bildekket.

Hvordan vannfilmen virker inn på friksjonen vil også være avhengig av struktur og ruheten på snøen og overflaten som glir på snøen.

2.1.6 Elektrostatisk ladningseffekt

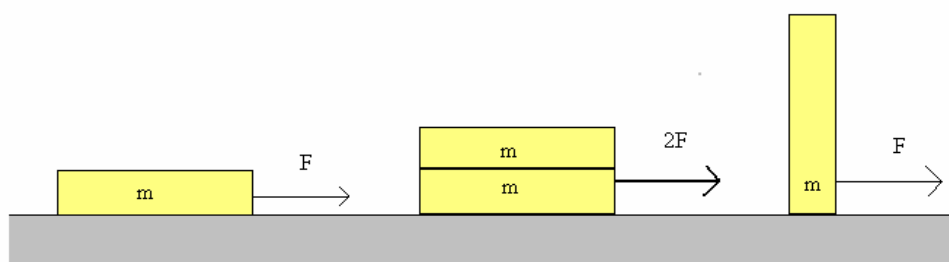
Ved friksjon på snø eller is er det vist at det oppstår en elektrostatisk ladning mellom de to friksjonsflatene [9]. Den elektriske ladningen vil føre til at det oppstår elektriske krefter (magnetisme) mellom de to flatene. Denne kraften vil bidra til friksjonen.

Is består av et vannmolekyl som er dipol, det vil si at det er en side av molekylet som er positivt elektrisk ladet mens den andre siden er negativt ladet. Inne i isen ligger vannmolekylene med tilfeldig retning på dipolen, mens på overflaten ligger molekylene orientert samme vei. Dette vil gi en oppbygging av positiv polarisasjon på isoverflaten. Oppbyggingen av elektriske ladninger ved friksjon på is skjer ved at det finner sted en akkumulering av elektriske ladninger transportert mellom isoverflaten og legemet som glir over flaten (ski eller dekk). Dette skyldes at glideoverflaten tar opp ladningene som allerede eksisterer på overflaten til isen.

Den elektriske ladningseffekten vil avhenge av de elektriske egenskapene til overflatene og lubrikant. Det vil blant annet si elektrisk ledningsevne. Høy elektrisk ledningsevne vil gjøre at ladningen som oppstår vil lett bli utladet igjen.

2.2 Friksjonslovene

Skogheim [6] beskriver også friksjonslovene, se **Figur 3**. Ut i fra eksperiment har man funnet at det er to basislover for friksjon. Den første loven slår fast at friksjonskraften er uavhengig av den nominelle kontaktflaten mellom de to legemene. Den andre loven sier at friksjonskraften er proporsjonal med normalkraften. Disse lovene er basert på Amontons' lover fra 1699 om friksjon etter den franske fysikeren Guillaume Amontons. Riktignok utførte og dokumenterte Leonardo Da Vinci forsøk med friksjonseffekter allerede 200 år før dette [6].



Figur 3: Friksjonslovene [6]

Amontons' andre lov gir oss likningen $F_k = \mu N$, hvor μ er friksjonskoeffisienten. Typiske friksjonskoeffisienter for kontakten mellom ulike dekker og et gummihjul er beskrevet i Tabell 5. Jo lavere friksjonskoeffisient, desto glattere overflate. Friksjonskoeffisienten er en størrelse uten benevning. Det må også presiseres at den ikke er en konstant for et spesielt materiale, men en karakteristisk størrelse for to materialer som skilr mot hverandre under visse miljømessige forhold [10].

Tabell 5: Typiske friksjonskoeffisienter for ulike føreforhold [11, 12]

Føreforhold	Friksjonskoeffisient
Våt is	0,05-0,15
Tørr is	0,15-0,3
Fastsand (vannbefuktet) på is	0,3-0,5
Tørr sand på is	0,25-0,3
Våt, bar asfalt	0,4-0,9
Tørr, bar asfalt	0,9-1,0

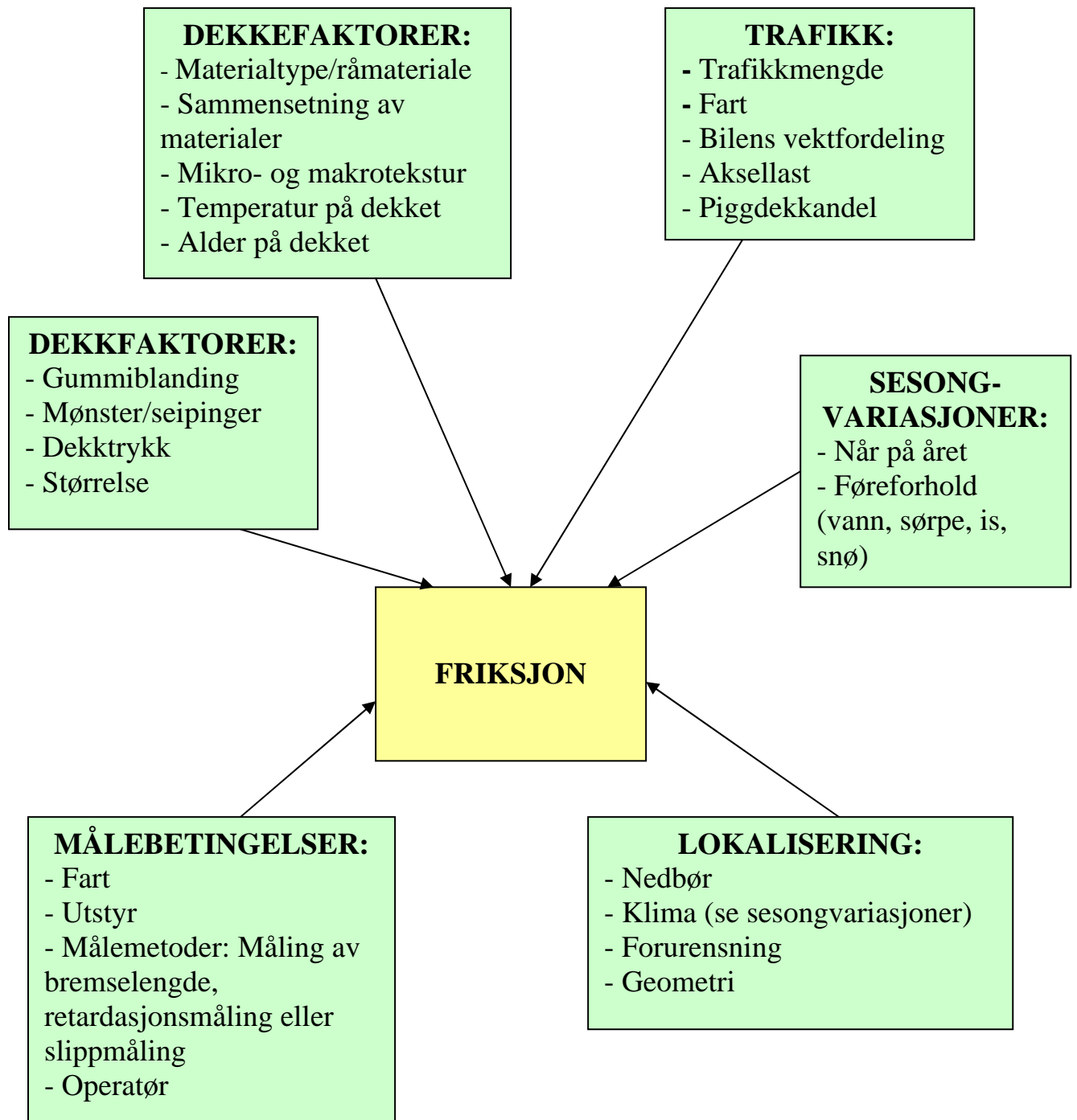
Årsaken til at berøringsoverflatens størrelse ikke innvirker på friksjonskraften, er at både normal- og friksjonskraften virker på den samme overflaten. Selv om vi har to meget glatte overflater er de kun i kontakt med hverandre på noen få steder. Reell kontaktflate er kun 1/1000 av berøringsoverflaten. Den viktigste årsaken til friksjonskraften er de molekylære kreftene i disse små kontaktoverflatene. Det oppstår forskjellige grader av vedheftskraft eller adhesjonskraft mellom disse [6].

En annen årsak til at vi får en friksjonskraft, er at ujevnheten på de to overflatene trenger ned i hverandre. "Toppene" på overflaten trenger ned i "søkkene" slik at det oppstår et hinder. Dette gjelder spesielt når vi har et tribosystem med både hard og myk overflate. Toppene på den harde overflaten vil da trenge ned i den myke overflaten [13].

Coulomb laget i 1785 en tredje lov som sier at den kinetiske friksjonen nesten er uavhengig av sklihastigheten, men denne loven har mindre bruksområder enn de to første [14]. En fjerde lov forteller at den statiske friksjonskoeffisienten er større enn den kinetiske. Dette gjelder riktignok ikke for elastiske- og viskoelastiske materialer [8].

3 Faktorer som bestemmer friksjon

Friksjonen mellom et gummidekk og vegoverflaten er avhengig av en rekke komplekse faktorer [5]. Noen påvirkes og bestemmes av trafikantene, mens mange er utenfor førerens kontroll. De viktigste faktorene er summert opp i Figur 4:

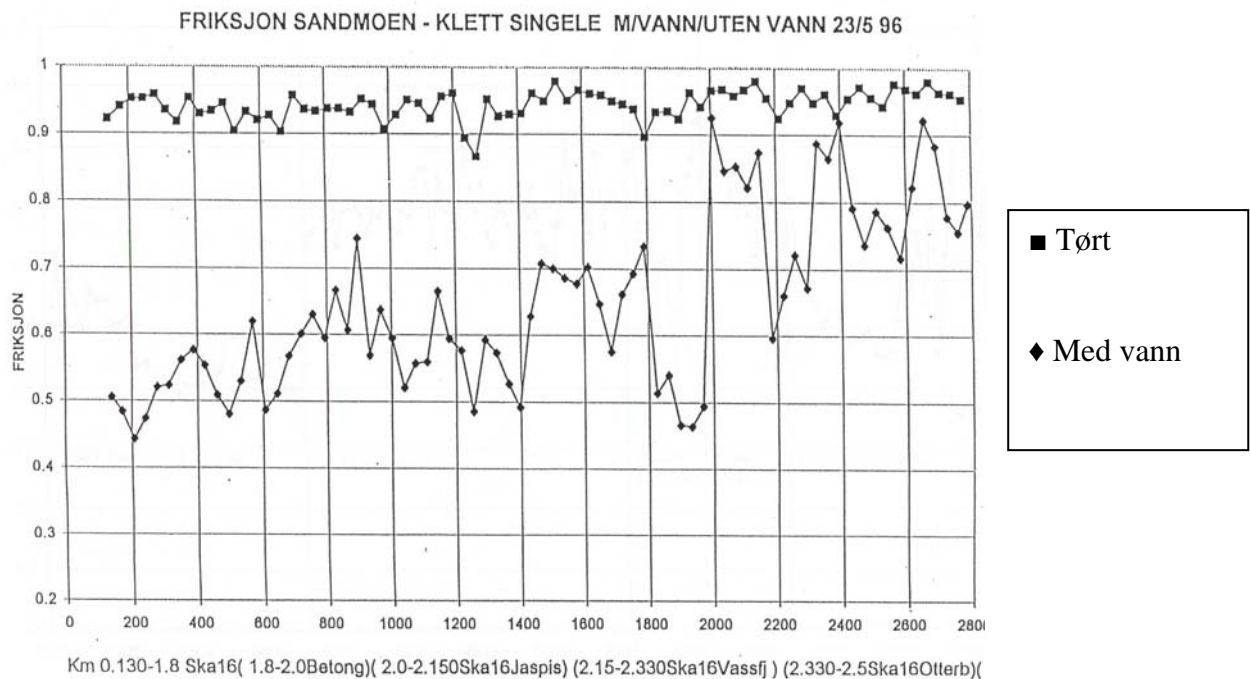


Figur 4: Faktorer som påvirker friksjon

3.1 Sesongvariasjoner og lokalisering

- **Nedbør/føreforhold:**

Friksjonen på en bar veg er altså avhengig av en rekke faktorer, hvor den viktigste er om overflaten er våt eller tørr [5]. Under tørre forhold er friksjonen generelt god for de fleste dekketyperne. Det er under våte forhold at det oppstår variasjoner mellom dekketyperne, og enkelte dekketyper kan få svært lav friksjon, se **Figur 5**. Derfor utføres friksjonsmålinger på vått dekke på sommeren.



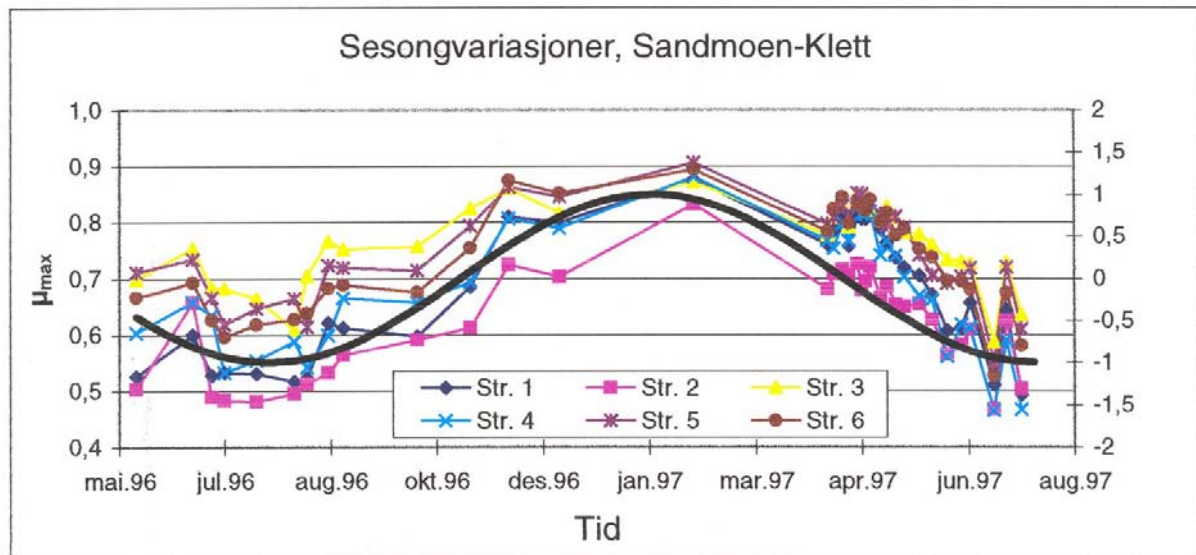
Figur 5: Forskjell våt- og tørrfriksjon [15]

- **Forurensning:**

I løpet av sommeren tilfører også naturen pollen i store mengder [5]. Etter lange tørrværsperioder med lite vasking av kjørebanelen vil friksjonen være lav. Økende bruk av piggfrie vinterdekk skaper en mindre oppruing av dekket i vinterhalvåret, som igjen skaper lavere verdier på sommeren.

- **Temperatur/Når på året:**

Temperaturforskjeller har også betydning, og da særlig for mykheten på bindemidlet [5]. Kalde perioder fører til mikroskopiske sprekker i overflaten, og dermed bedre tekstur og friksjon. Det blir derfor en varierende friksjon over året, med lavest friksjon utover sommeren. I følge undersøkelser [5] på en teststrekning på E39 i Sør-Trøndelag, er friksjonen på sitt laveste i september, og øker igjen i oktober og november når piggdekkene kommer på. Se **Figur 6**.



Figur 6: Friksjon over året på forskjellige strekninger [16]

- **Geometri:**

Slitasje på vegdekket er større ved kjøring i kurve enn ved kjøring på rett strekning [2]. Ved tyske undersøkelser er det funnet ut at slitasjen øker med om lag 10 % ved kjøring i kurve. En svensk undersøkelse antyder at slitasjen er om lag omvendt proporsjonal med kurveradien. Stigning/helning i kryss etc er avgjørende for faktorer som bremsing og akselerasjon. Disse faktorene har stor innflytelse på slitasjen, og dermed på friksjonen fordi slitte dekker har dårlig friksjon.

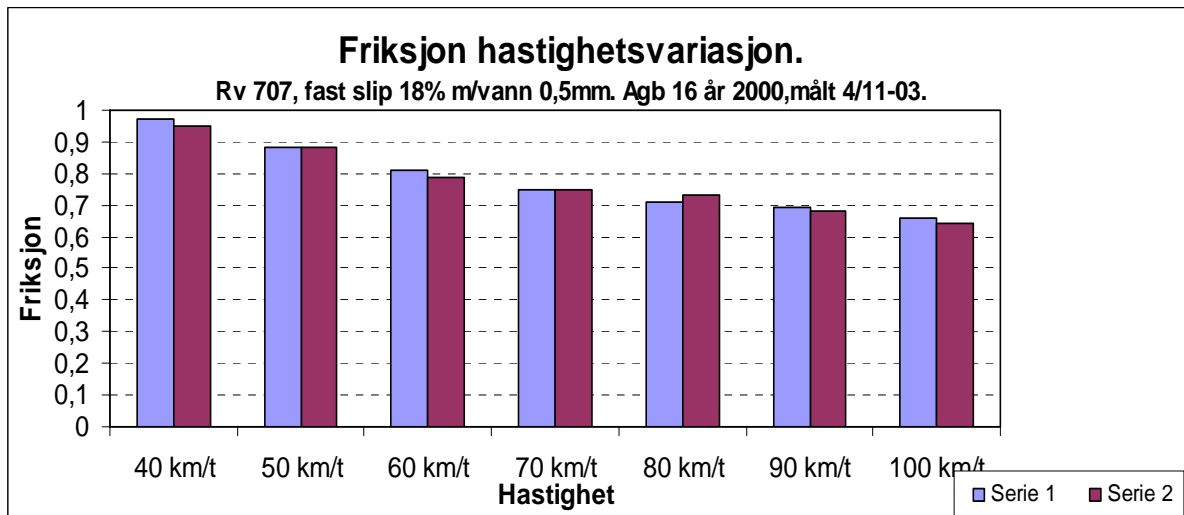
3.2 Trafikk

- **Trafikkmengde:**

På et nylagt dekke vil trafikken polere overflaten av steinmaterialene raskt til friksjonen når et minimum etter ca 1 år [5]. Dersom trafikk tettheten er stabil vil ikke denne minimumsverdien forandre seg stort, dersom det ses bort fra sesongvariasjoner.

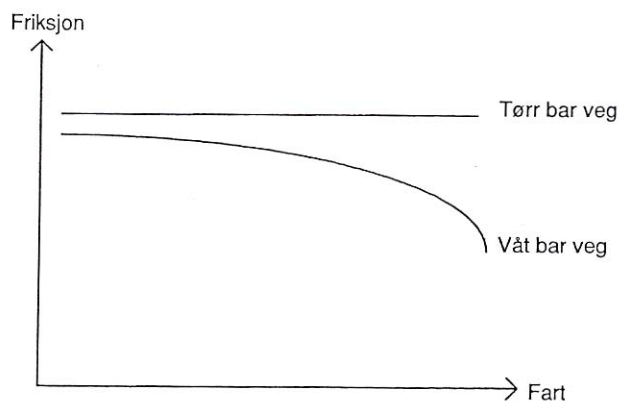
- **Hastighet:**

Målinger på en og samme strekning med forskjellig hastigheter viser at friksjonen avtar med økende målehastighet. Se Figur 7. Dette gjelder for bar, våt veg. Det er imidlertid gjort målinger på snø- og isføre som har gitt motsatt resultat. I teorien er friksjon uavhengig av hastigheten på is og hardpakket snøføre.



Figur 7: Friksjonsmålinger ved forskjellige hastigheter på bart dekke [5]

Figur 8 viser sammenheng mellom fart og friksjon både for tørr, bar veg og våt, bar veg. Der reduseres friksjonen kraftig når vegen blir våt og hastigheten øker (vannplaning).



Figur 8: Sammenheng mellom fart og friksjon [1]

- **Piggdekkandel**

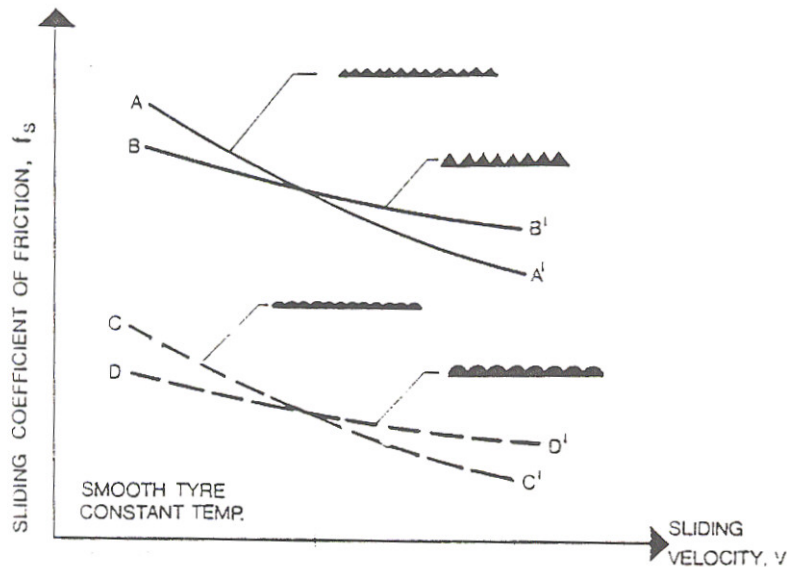
Der det kjøres mye med pigger vil det bli en oppruing av asfalten, som gir bedre friksjon. Dette vil være av stor betydning. I kapittel 1.3.2 er dette beskrevet.

Bilens vektfordeling og **aksellast** er også av betydning for friksjonen, men det vil ikke bli sett nærmere på i denne rapporten.

3.3 Dekkefaktorer

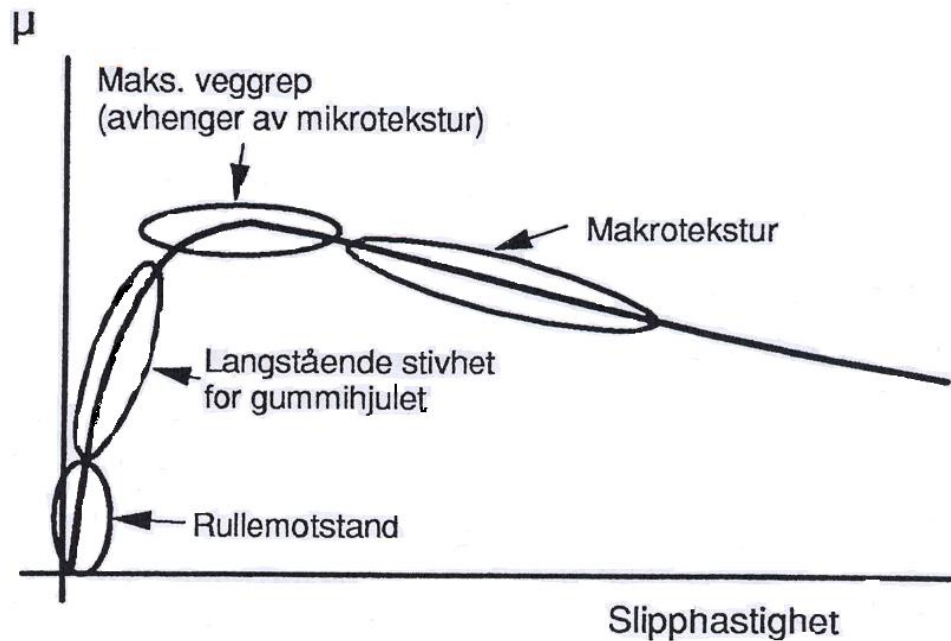
- **Tekstur:**

Tekstur, ved siden av hastigheten, er avgjørende for oppnådd friksjon på en våt vegoverflate. Når vegen er våt blir det vanskeligere å få kontakt mellom vegen og bilhullet når ruheten avtar og hastigheten øker [17]. Se Figur 9. Mikroteksturen bestemmer dermed friksjonsnivået, og makroteksturen avgjør hastighetsavhengigheten. A, B, C og D på Figur 9 viser ulike typer ruhet. A og B viser god mikrotekstur, C og D viser dårlig mikrotekstur.



Figur 9: Frikasjon avhengig av hastighet og tekstur [17]

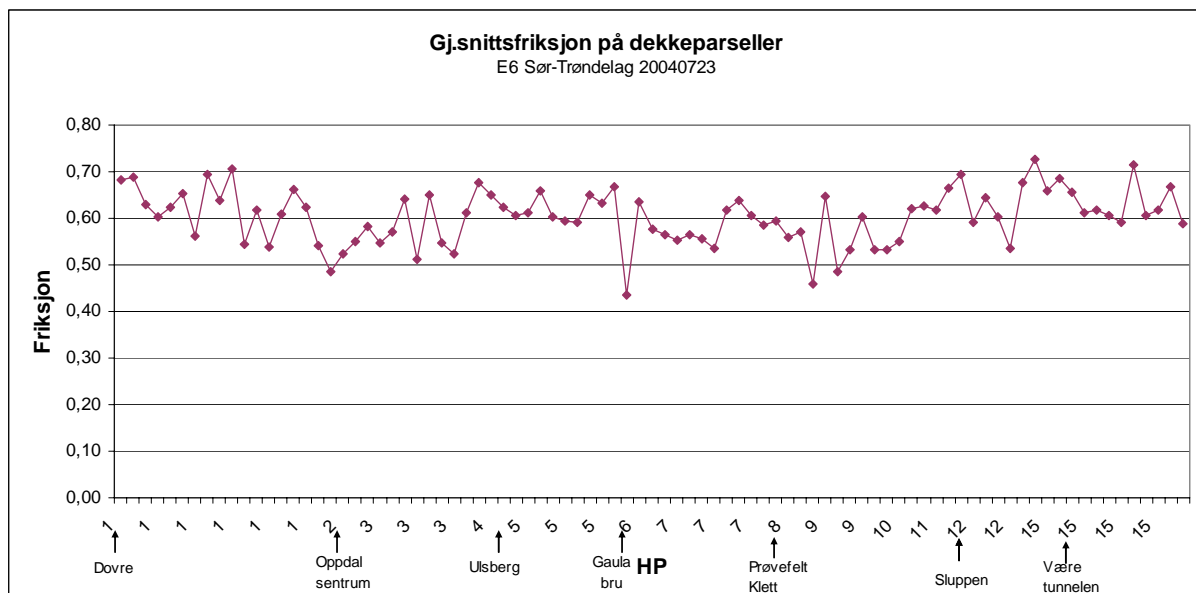
Leland [18] beskriver friksjonskurven mellom et gummi hjul og et vegdekk som i Figur 10. Den første delen er påvirket av hvilken rullestand som dekket yter. Etter hvert som bremsene tar mer, begynner dekket å deformeres i langsgående retning. Til slutt når kurven sitt toppunkt hvor kurven influeres mest av hvilken mikrotekstur som vegdekket kan karakteriseres ved. Mikrotekstur er ujevnheter på vegoverflaten som er mindre enn 0,5 mm. Forløpet videre er avhengig av makroteksturen, det vil si større ujevnheter i vegdekket.



Figur 10: Forløp for friksjonskurve [18]

- **Materialtype/ sammensetning av materialer:**

Friksjonen varierer også avhengig av hvilken dekketype som benyttes. Undersøkelser av friksjon på E6 i Sør-Trøndelag viser at det er forholdsvis små variasjoner i friksjonen, bortsett fra betongdekker som gir noe lavere verdier [19], se Figur 11 ved Gaula bru for eksempel.



Figur 11: Variasjon i friksjon over strekning [19]

Sammensetningen av materialene i dekketyper vil også selvfølgelig være avgjørende for hvordan dekket er, og dermed friksjonen.

- **Temperatur på dekket:**

Som tidligere nevnt i kapittel 3.1 vil årstidsvariasjoner gi ulik friksjon. Temperaturen på dekket vil ha en betydning, men det er usikkert hvor mye dette påvirker friksjonen. På veldig varme sommerdager kan temperaturen på asfalten komme opp i 50-60 °C, og hvis det da kommer vann på det klebrige bindemiddelet, vil det bli dårlig friksjon. Under 0 °C er det generelt slik at det blir bedre friksjon på bar veg desto kaldere det blir.

- **Alder på dekket:**

Eldre dekker vil være mer polert enn nye dekker, og normalt gi en dårligere friksjon.

3.4 Målebetingelser

Hastighet på målingen, utstyr, målemetoder og operatør vil spille inn på måleresultatene, så det er viktig at målingene blir gjort etter de samme prinsippene og at utstyret er kalibrert.

3.5 Dekkfaktorer

Gummiblanding, mønster, dekktrykk og størrelse på dekket vil ha betydning for friksjonen, men det blir ikke lagt vekt på i denne rapporten.

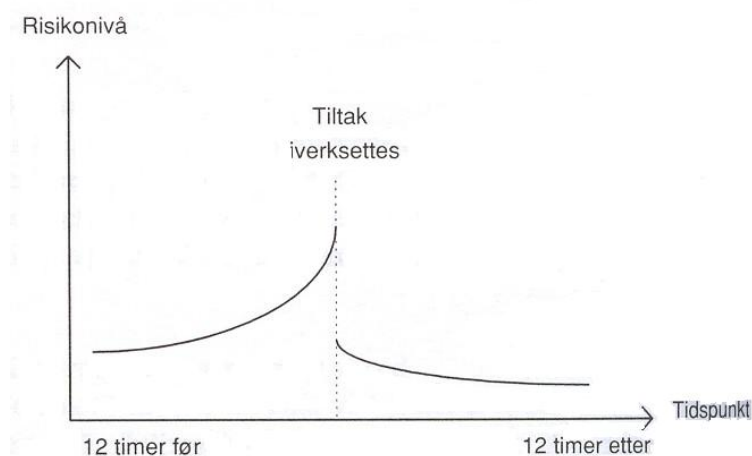
4 Sikkerhet og friksjon

På tørr bar veg har friksjon liten sammenheng med kjørefarten. På våt bar veg reduseres derimot friksjonen med økt fart. Det foreligger en rekke undersøkelser om virkninger på ulykkene av å forbedre vegdekkers friksjon, men de fleste er eldre, og det er få norske undersøkelser. Tabell 6 [1] gir et eksempel på en utenlandsk undersøkelse som viser hva som skjer med virkningen på antall ulykker når friksjon på vegoverflaten blir bedret, og både antall personskade- og materiellskadeulykker reduseres. Bedring av vegdekkers friksjon har størst betydning for ulykkestallet når friksjonen i utgangspunktet er lav.

Tabell 6: Virkninger på ulykker av bedring av vegdekkers friksjon. Prosent endring av antall ulykker [1].

Ulykkens alvorlighetsgrad	Prosent endring av antall ulykker		
	Ulykkestyper som påvirkes	Beste anslag	Usikkerhet i virkning
<i>Friksjonsøkning på ca 0,1 fra en friksjon på ca 0,5 eller lavere</i>			
Personskadeulykker	Ulykker på våt bar veg	-40	(-55; -30)
	Ulykker på tørr bar veg	0	(-10; +5)
	Alle ulykker på bar veg	-10	(-20; -4)
Materiellskadeulykker	Ulykker på våt bar veg	-40	(-55; -30)
	Ulykker på tørr bar veg	0	(-10; +5)
	Alle ulykker på bar veg	-10	(-20; -4)
<i>Friksjonsøkning på ca 0,1 fra en friksjon på ca 0,6</i>			
Personskadeulykker	Ulykker på våt bar veg	-25	(-33; -17)
	Ulykker på tørr bar veg	0	(-5; +5)
	Alle ulykker på bar veg	-6	(-12; -1)
Materiellskadeulykker	Ulykker på våt bar veg	-25	(-33; -17)
	Ulykker på tørr bar veg	0	(-5; +5)
	Alle ulykker på bar veg	-6	(-20; -1)
<i>Friksjonsøkning på ca 0,1 fra en friksjon på ca 0,7</i>			
Personskadeulykker	Ulykker på våt bar veg	-15	(-25; -5)
	Ulykker på tørr bar veg	0	(-5; +5)
	Alle ulykker på bar veg	-4	(-10; +3)
Materiellskadeulykker	Ulykker på våt bar veg	-15	(-25; -5)
	Ulykker på tørr bar veg	0	(-5; +5)
	Alle ulykker på bar veg	-4	(-10; +3)

Vintervedlikeholdstiltak av veger blir iverksatt etter det har begynt å snø eller når det er varslet værforhold som kan føre til nedsatt friksjon. Dersom tiltak ikke iverksettes, fører nedsatt friksjon normalt til høyere ulykkestall [1]. Se Figur 12.



Figur 12: Risikoforløp før og etter iverksetting av vintervedlikeholdstiltak [1]

I perioden før tiltak øker ulykkesrisikoen kraftig som følge av stadig dårligere føreforhold. Umiddelbart etter tiltak faller risikoen sterkt. Deretter synker risikoen langsomt ned mot tilnærmet samme nivå som før dårligere føreforhold satte inn. Tabell 7 sammenfatter resultatene av undersøkelser om virkninger på ulykker.

Tabell 7: Virkninger på ulykkene av vintervedlikeholdstiltak. Prosent endring av ulykkestall [1].

Ulykkens alvorlighetsgrad	Prosent endring av antall ulykker		
	Ulykkestyper som påvirkes	Beste anslag	Usikkerhet i virkning
Økning av vedlikeholdsstandard en klasse hele vintersesongen			
Personskadeulykker	Alle ulykker	-12	(-14; -10)
Materiellskadeulykker	Alle ulykker	-30	(-32; -29)
Innføring av salting hele vintersesongen			
Personskadeulykker	Alle ulykker	-15	(-22; -7)
Materiellskadeulykker	Alle ulykker	-19	(-39; +6)
Opphør av salting hele vintersesongen			
Personskadeulykker	Alle ulykker	+12	(-4; +30)
Materiellskadeulykker	Alle ulykker	+1	(-15; +21)
Økt vedlikeholdsberedskap hele vintersesongen			
Uspesifisert skadegrad	Alle ulykker	-8	(-14; -1)
Salting - virkning første 24 timer etter tiltak			
Uspesifisert skadegrad	Alle ulykker	-24	(-42; 0)
Snøbrøyting - virkning første 24 timer etter tiltak			
Uspesifisert skadegrad	Alle ulykker	-35	(-59; +3)
Sanding - virkning første 24 timer etter tiltak			
Uspesifisert skadegrad	Alle ulykker	-62	(-85; -5)
Økning av veglengde dekket av snøskjermer fra 0% til 50%			
Uspesifisert skadegrad	Ulykker på høyfjell	-11	(-24; +6)

5 Måling av friksjon på veg

Måling av friksjon kan gjøres ved hjelp av mange metoder og mange typer utstyr. Målinger på en og samme strekning med forskjellige hastigheter viser at friksjonen avtar med økende målehastighet [5]. Dette gjelder for enkelte føreforhold. I praksis opereres det ut fra 3 prinsipper [5]: Måling av bremselengde, retardasjonsmåling, og måling ved forskjellige typer slipp (konstant slipphastighet eller variabel slipphastighet).

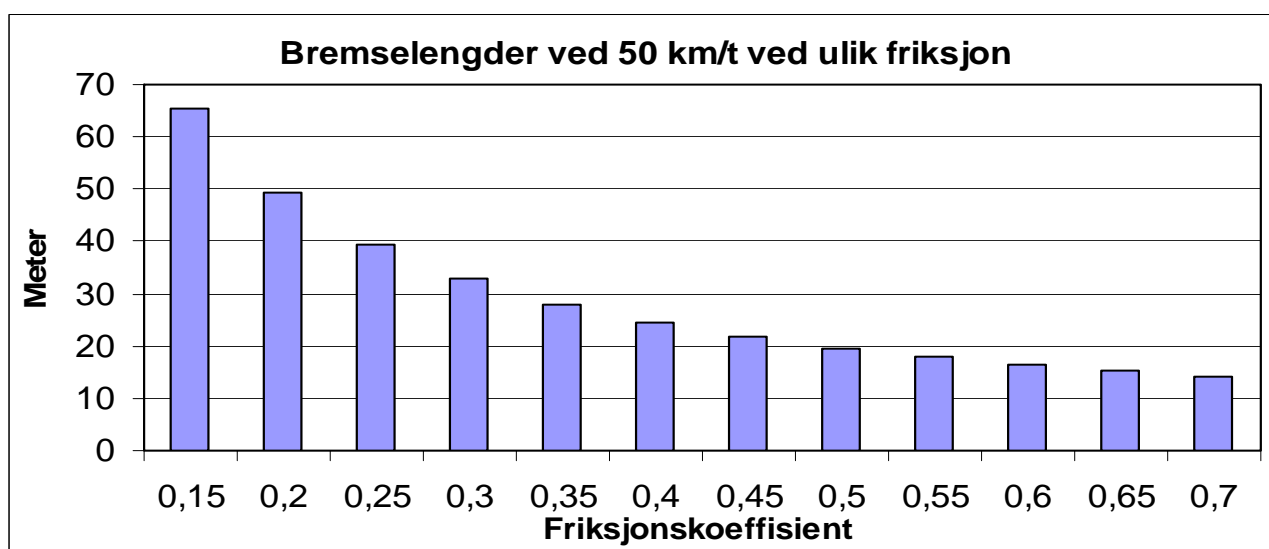
5.1 Måling av bremselengde

Dette er den enkleste måten å måle friksjon på, og en vanlig personbil kan benyttes [5]. Men denne metoden fungerer ikke godt på bar veg på grunn av hastighetsavhengighet. Distansen kjøretøyet bruker på å stoppe og hastigheten i det bremsingen starter, er de inndata en trenger. En kan da kalkulere en tilnærmet gjennomsnittlig friksjonskoeffisient over bremsestrekningen ved hjelp av formelen:

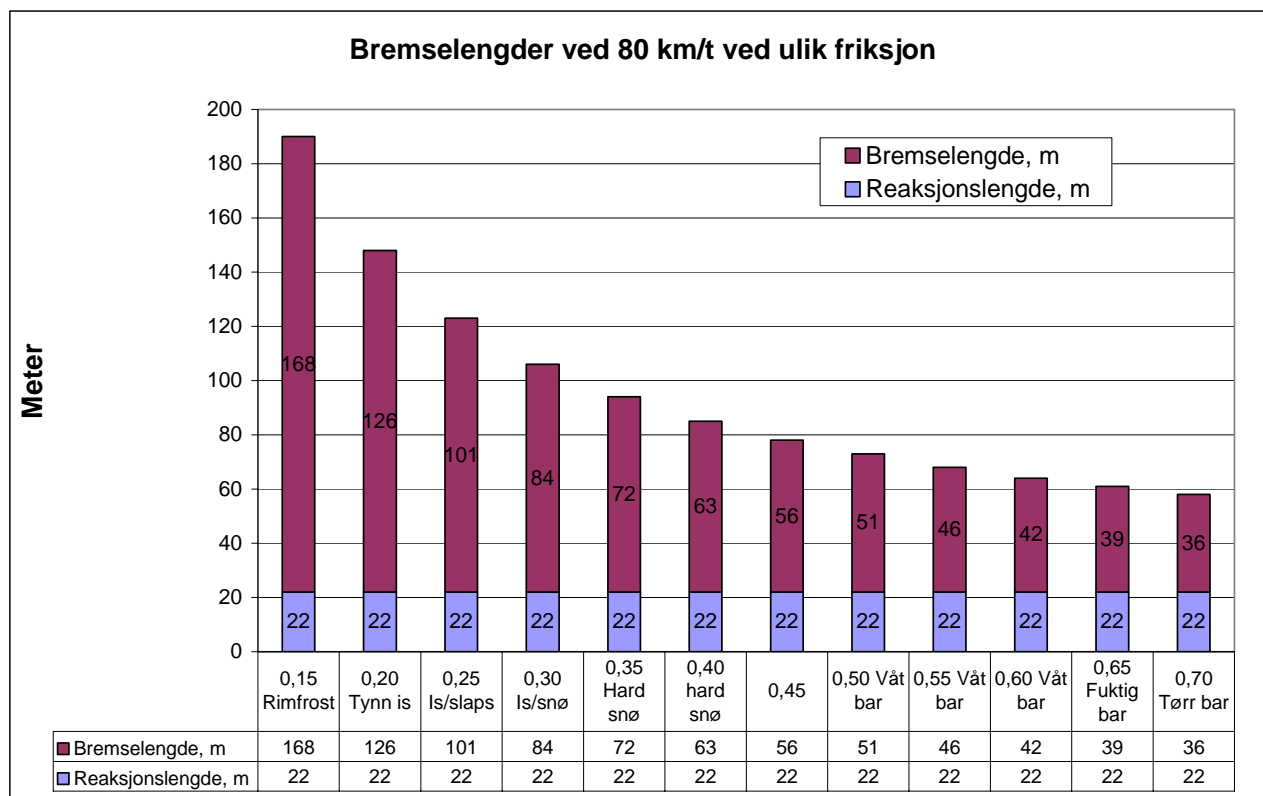
$$\mu = \frac{V^2}{3,6^2 \cdot g \cdot 2 \cdot L_b} = \frac{V^2}{254,3 \cdot L_b}$$

hvor g er tyngdekraften, V er farten i km/t og L_b er bremsestrekningen i m. Denne formelen er utledet fra en annen formel som er lagt ved i vedlegg I.

Undersøkelser [5] viser at bremselengder ved 50 km/t blir vesentlig kortere ved høyere friksjon. **Figur 13** og **Figur 14** viser bremselengder i 50 og 80 km/t ved ulike friksjonskoeffisienter. I figuren med en utgangshastighet på 80 km/t er det tatt med en reaksjonstid på 1 sekund for å illustrere hvilken betydning denne har i forhold til stopplengden. (Tilsvarende 22 meter.)



Figur 13: Bremselengder ved 50 km/t ved ulike friksjon



Figur 14: Bremselengder ved 80 km/t ved ulike friksjon

Dersom farten økes fra 50 til 80 km/t ved en friksjonskoeffisient lik 0,15, øker bremselengden fra 66 m til 168 m.

Selv om dette er en pålitelig metode er den lite praktisk, og den brukes derfor lite.

5.2 Retardasjonsmålere

Den retardasjonsmåleren som har vært mest brukt de senere år i Norge, er C- μ -trip [5], se Figur 15. Dette er en enkel måler som kan monteres i alle personbiler. Den kan måle ulike parametre som temperatur, friksjon, avstand og/eller tid. En friksjonsmåling med C- μ -trip foregår ved å foreta en kraftig nedbremsing i et par sekunder. Hastigheten måles når bremsingen begynner og slutter, samtidig som bremsetiden måles. Ved å beregne forskjellen mellom de to hastighetene, og ved å dividere på bremsetiden får man middelretardasjonen. Dersom en dividerer dette tallet med tyngdeakselerasjonen ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) fås middelverdien for utnyttet friksjon.

$$\mu = \frac{v_1 - v_2}{g \cdot t}$$

hvor v_1 er hastigheten før nedbremsing og v_2 er hastigheten i det bremsingen avsluttes. t er bremsetida og g er tyngdens akselerasjon.



Figur 15: C-μ mark III [23]

Fremover vil en annen retardasjonsmåler som heter ELTRIP [20] også bli mer brukt. Se Figur 16. Den bygger på samme prinsipp som C-μ. Det finnes flere versjoner av ELTRIP, som også kan måle ulike parametre som temperatur, friksjon, avstand og/eller tid.

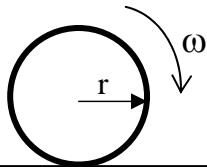


Figur 16: ELTRIP [20]

5.3 Slippmåling

Slipp hastighet er definert som den relative hastigheten for målehjulet i forhold den reelle hastigheten ($V_{\text{slipp}} = V_{\text{bil}} - V_{\text{målehjul}}$) [6]. Den reelle hastigheten kan bli målt av et referansehjul som ikke blir bremsset, men bare ruller fritt. Slipp-prosenten er prosentandelen som slipp hastigheten utgjør av den reelle hastigheten ($P_{\text{slipp}} = [V_{\text{bil}} - V_{\text{målehjul}}] / V_{\text{bil}}$).

Slippvinkel vil si at målehjulet har en viss vinkel i forhold til fartsretningen. Hastigheten på målehjulet ved oppbremsing vises i Figur 17.



Figur 17: Hastigheten på målehjul ved oppbremsing [6]

Hastigheten på hjulet når det løper fritt er: $v_0 = \omega_0 \cdot r$

Hastigheten på hjulet ved bremsing er: $v = \omega \cdot r$

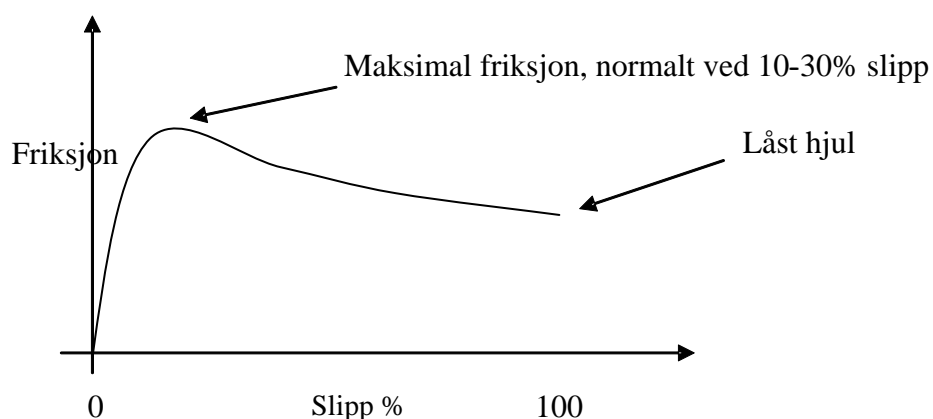
Slipp-prosent:
$$= \frac{(\omega_0 - \omega)}{\omega_0} \cdot 100$$

- der:

ω er vinkelhastigheten i radianer

r er radius på hjulet

Variabel slipp måling vil si at friksjonen blir målt i hele bremsesedyren fra 0 % slipp (fritt rullende hjul) til 100 % slipp (låst målehjul). Friksjonen er ikke konstant, men vil variere med slipp-prosenten. Se **Figur 18**. Fast slipp-systemer arbeider vanligvis med en slipp-prosent på mellom 10 og 20 prosent.



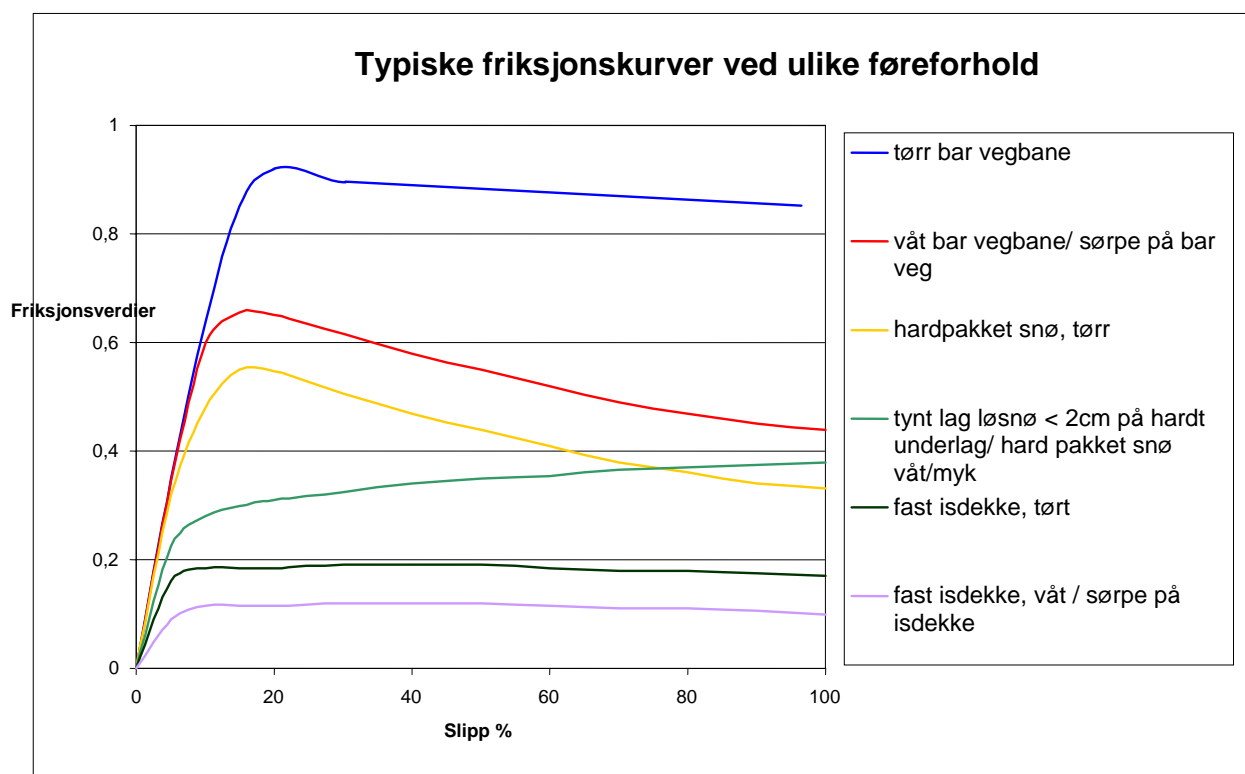
Figur 18: Friksjon som funksjon av slipp [21]

Som **Figur 18** viser, har friksjonen et maksimalpunkt. For bar veg ligger dette punktet rundt 15 % slipp. Den slipp-prosenten som gir høyest friksjon beskrives som den kritiske slipp-prosenten. ABS-bremser på biler opererer rundt den kritiske slipp-prosenten.

Friksjonen ved 100 % slipp kan være betydelig lavere enn maksimalfriksjonen. Dette er altså friksjonen som oppstår når målehjulet er blokkert, og den kalles derfor for låst-hjul friksjon. Maksimalfriksjonen oppnås ved forskjellige slipp-prosenter avhengig av målehastighet samt overflatens egenskaper.

En kan ved variabel slipp-metoden få den komplette μ -slipp kurven. Dette er interessant i forskningsøyemed, for eksempel kan man registrere hvordan maksimalfriksjonen forandrer seg med varierende kjøretøyhastighet, og i hvilken grad friksjonen faller med økende slipp-prosent.

Figur 19 viser typiske friksjonskurver ved ulike føreforhold. Den blå kurven viser friksjonsforløpet ved bremsing fra fritt rullende hjul til låste hjul på en tørr, bar veg. Ved låste hjul er friksjonen betraktelig lavere enn ved en slipp-prosent på 20 %. Dersom vi har et isdekke (de to nederste kurvene på figuren) er det svært liten forskjell i oppnådd friksjon uavhengig av hvor kraftig en bremses.



Figur 19: Friksjonskurver ved ulike føreforhold [22]

5.4 Friksjonsmålere brukt på veger i Norge

Statens vegvesen har ulike slippmålere til disposisjon. Eksempel på slike målere er vist i **Figur 20** [23].



Figur 20: Friksjonsmålere som benyttes av Statens vegvesen [23]

5.4.1 Avanserte målere

- **OSCAR**

Statens vegvesens Oscar er en avansert målebil utviklet av Norsemeter AS i samarbeid med Veglaboratoriet og Industrifondet. Denne finnes i kun ett eksemplar i Norge. Den er valgt som referanse for friksjonsmålinger på veg i Norge [24]. Den kan måle både ved variabel- og fast slipp [6]. Bilen har påmontert et standard ASTM målehjul, og i tillegg et referansehjul som måler hastighet og distanse, se **Figur 21**. Målehjulet bremses ned hydraulisk med tilbakeføring av effekt til trekkvognens drivverk [24].



Figur 21: OSCAR [23]

Måleprinsipp [24]:

- Kraftmåling i sanntid av vertikallast (FV) og horisontalkraft (FH)
- Samtidig måling av periferihastighet av både fritt rullende og nedbremsset hjul
- Logging av avstand fra start og hastighet sammen med øvrige måleverdier

Se vedlegg II for komplett oversikt over prinsippkjema for hovedhydraulikk, vanningsystem og instrumentering.

- **RoAR**

OSCAR ble veldig kostbar for Noremeter AS, derfor begynte de å utvikle RoAR (ROad Analyzer and Recorder) [25] i samarbeid med Statens vegvesen. Prosjektet startet i 1994, og de tre første prototypene av RoAR I ble overlevert Statens vegvesen i 1995. Senere har RoAR mark II og RoAR mark III kommet på markedet. Se **Figur 22** for RoAR MARK III. RoAR kalibreres jevnlig mot OSCAR-måleren.



Figur 22: RoAR MARK III [23]

Basisenheten består av en hydraulisk bremsmaskin på et standard 8" testhjul (ASTM E-1551). Denne foretar en nedbremsing til låst hjul i løpet av 0,8 sekunder, slipper bremsene og hviler i 0,5 sekund før ny oppbremsing starter. Det vil si variabel slippmåling. Denne basisenheten kan festes på mange måter til ulike kjøretøy som traktorer, tilhengere, og lignende. Det vil si at de fleste kjøretøy i realiteten kan benyttes. De ytre målene på basisenheten er lik en kube med sider på 65 cm.

RoAR har en hovedkontrollboks som inneholder elektronisk utstyr og en datamaskin, og denne hovedkontrollboksen må installeres i en oppvarmet kabin på grunn av at den ikke tåler kulde. Instrumenteringen ellers inne i kabinen består også av et farget, grafisk, "touch screen" operasjonspanel og en printer. Utstyret får strøm fra batteriet til kjøretøyet. Målingene kan gjøres i fart fra 20 km/t til 130 km/t.

RoAR MARK II og III har to ulike målemoduser:

- Den gamle industristandarden CFME (Continous Friction Measuring Equipment): Kontinuerlig friksjonsmåleutstyr hvor et standarddekk bremses med en konstant prosent av farten forover. Det vil si RoAR måler:
 - bremsefrikksjonskraft med tette avlesninger langs etter vegen
 - rotasjonsfarten til målehjulet og farten til bilen
 - lufttemperaturen ca 20 cm over vegoverflaten
- Den nye industristandarden har variabel slipp. Det vil si at RoAR måler det samme som over, men bremsefrikksjonskraften måles variabelt.

Målingene skjer ved bremsing av hjulet på vegoverflaten, og så måles den bremsende friksjonskraften som oppstår mellom hjulet og vegoverflaten. Hver bremsetest tar 0,5 sekund. RoAR ønsker at overflateforholdene er homogene og uniforme under testbremsingen.

Kontrollprogrammet kan bli satt til å ta målinger automatisk ved faste tidsintervaller, eller styrt av operatøren.

- **VERTEC/FION**

FION (Friction Inspector of Norway) [26] er en ny generasjon friksjonsmålerutstyr med multifunksjons-slipp. Enheten kan dermed variere mellom alle ønskelige faste slipp og variabel slipp. Økt stabilitet oppnås ved hydrauliske kontrollmålinger på dekkets vertikale belastning i sann tid. Enheten er utstyrt med oljekjøling og pumpe, i tillegg til kraftforsyning, hydraulikk, selvvanningssystem og trådløs datakommunikasjon. Se **Figur 23**. En praktisk ulempe med FION er at den er veldig stor og tung.



Figur 23: VERTEC/FION [26]

5.4.2 Vinterfriksjonsmålere

- **SALTAR**

SALTAR er utstyr designet og utviklet for å måle friksjon på vinterføre [27]. Se **Figur 24**. Enheten er montert på en ramme med en elektronisk brems og et målehjul. Bremsen kontrolleres ved en avansert programvare og et elektronisk kontrollsystem for å simulere bilers bremseegenskaper og å måle friksjonen mellom hjul og overflate. Målehjulet kan senkes ved en pneumatisk mekanisme (trykkluft), og når kjøretøyet beveger seg langs underlaget det skal måles på, blir målehjulet periodisk bremses av den elektroniske bremsen. Hjulet bremses fra fritt rullende til låst posisjon. Målehjulet bremses og låses, og slippes opp igjen. Tiden det tar, samt lengden, før målehjulet igjen løper normalt, måles. Deretter gjentas prosedyren. Tid og lengde blir deretter brukt til å beregne friksjonskoeffisienten. Det er laget en prototyp av SALTAR, og denne er testet ut. Utstyret imidlertid ble aldri tatt i bruk.



Figur 24: SALTAR [27]

- **KOFRIKS**

KOFRIKS er en friksjonsmåler for vintermålinger, som måler friksjonen på vegbanen kontinuerlig [28]. Den kan monteres direkte på en lastebil, for eksempel på en bil med strøpparat. Se Figur 25. Monteringen på kjøretøyet må tilpasses det enkelte kjøretøy eller tilhenger. Det finnes flere alternative avlesningssystemer. Den er ikke testet ut skikkelig.



Figur 25: KOFRIKS [28]

5.4.3 Håndholdt/bærbart utstyr

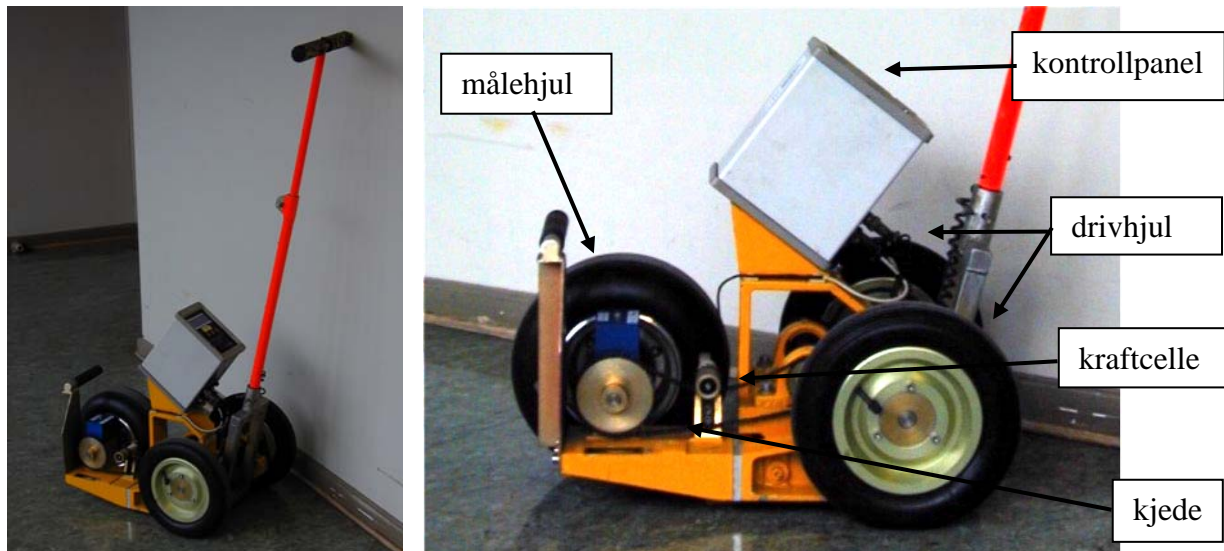
De første målerne som ble testet ut på vinterføre, utenom friksjonspendelen, var ”*Portable Friction Tester*” (PFT) [29], eid av Väg- och Transportforskningsinstitutet (VTI) i Sverige, og ”*Thor-Wiggo*”, en prototyp utviklet av Thor Wiggo Olsen i Oslo Vei. Etter at disse to håndholdte friksjonsmålerne ble testet ut, har det kommet en ny type som heter ”*T2GO*” produsert av ASFT i Sverige. Denne er enda under testing.

- **Friksjonspendelen (British Pendulum Tester)** er bærbart utstyr av britisk opprinnelse som kan anvendes direkte på vegbanen eller i laboratorium [30]. Friksjonen kan måles på alle typer faste vegbelegninger. Som navnet tilsier består utstyret av en pendel som måler friksjon når den svinger over vegoverflaten. Se **Figur 26**. Målestedet skal være vått, og pendelen skal svinge et gitt antall ganger i henhold til standarder (Statens vegvesens håndbok 015) [30].



Figur 26: Friksjonspendel (BPT)[32]

- **PFT** ble utviklet for å kunne måle friksjonen mellom en gummioverflate (for eksempel et dekk) og et underlag med begrenset utstrekning, det vil si der det er vanskelig å kunne måle med utstyr tilkoblet bil. Se **Figur 27**. Måleprinsippet er friksjonsmåling i ganghastighet med konstant slipp som kan justeres til å være mellom 15 og 30 %. Dette skjer ved at målehjulet, som er koblet til drivhjulene via et kjede, bremses opp med en konstant relativ glidning mot underlaget.



Figur 27: Portable friction tester [29]

- **”Thor-Wiggo”** er en noe enklere måler enn PFT, se **Figur 28**, men som stort sett fungerer ut fra samme prinsipp som PFT. På denne er også måleprinsippet fast slipp. Målehjulet blir bremsed ned slik at det får en relativ glidning i forhold til underlaget, og får dermed en slipp som er på ca. 20 %.



Figur 28: "Thor-Wiggo" fra siden og forfra [29]

- **T2GO:** Bygger på ”Thor Wiggo”-prototypen. Dette er en avansert enhet for måling av friksjon på vinterføre [31]. Se **Figur 29**. Enheten er laget i vanntett utførelse samt designet for å operere under varierende klimatiske forhold. Måledata blir registrert av spesielle sensorer. T2GO har et målehjul og et referansehjul og ei reim som forbinder disse hjulene. Hjulene er av samme dimensjon men tannhjulene som reimen er montert på er av ulik diameter. Dette fører til en bremsing av det ene hjulet, og en lastcelle måler spenningen som oppstår i reima når måleren skyves framover og hjulene forsøker å gå rundt med ulik hastighet. Denne spenningen vil variere alt etter hvilken friksjon som er på det bestemte underlaget, og det vil ut fra dette bregnes en friksjonskoeffisient. En måling begynner og slutter med et enkelt trykk på startknappen som sitter på håndtaket. Måleren kan leveres med GPS og dataoppsamling. Enheten er brukervennlig og lett å transportere med seg.



Figur 29: T2GO [32]

5.4.4 Spesialutstyr

- **Friksjonssensor**

Friksjonssensoren er en sylindrisk utformet stålkonstruksjon [33]. Den består av flere deler: Et ytre skall (Figur 30) som monteres permanent i vegbanen slik at topp-platen (Figur 31) ligger i plan med vegbanen, et indre måleinstrument (Figur 32) og en friksjonsarm (Figur 33).

Friksjonsarmen er selve måleren som utfører friksjonstestingen. Et hjul med dekkgummi er montert på en aksling med torsjonsfjær, akslingen er i andre enden koblet på en føler som sitter inne i armen. Denne føleren registrerer omdreininger som hjulet ytterst på armen har. Friksjonskoeffisienten kan da kalkuleres ut fra hvor mange omdreininger hjulet hadde før det startet å gli.



Figur 30: Ytre skall [34]



Figur 31: Topplate nedsunket i veg [34]



Figur 32: Indre måleinstrument [34]



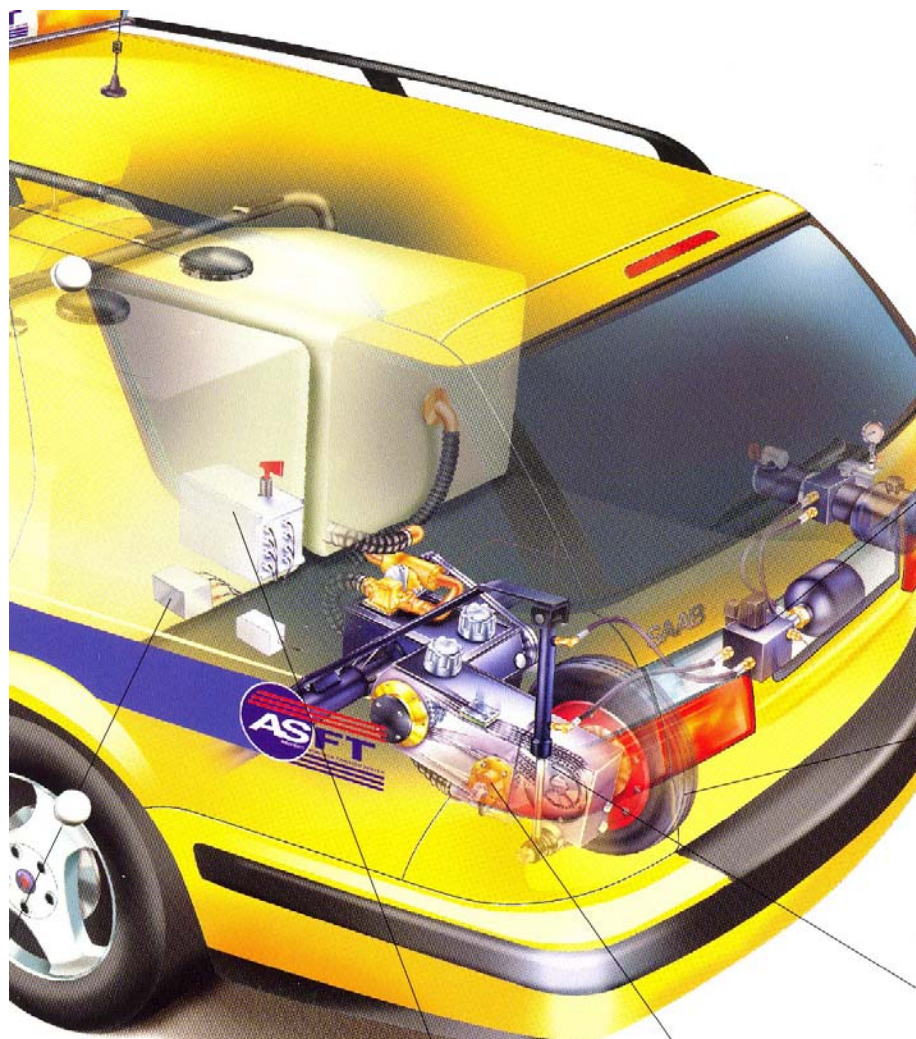
Figur 33: Friksjonsarm [34]

5.5 Friksjonsmålere til luftfart

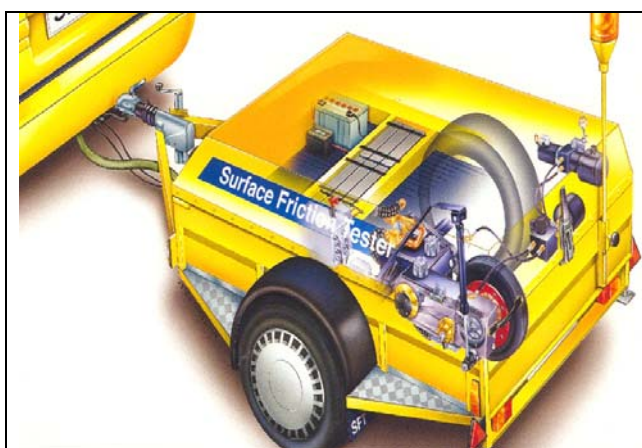
På rullebaner er det også behov for pålitelig og nøyaktig informasjon om friksjon [35, 36]. Forurensninger som gummiavsetninger, støvpartikler, flybensin, oljesøl, vann, snø, is og slaps kan gi et tap av friksjon på overflaten til rullebanene.

- **SAAB friction tester**

Scandinavian Airport & Road System AB (SARSYS) [37] og Airport Surface Friction Tester AB (ASFT AB) [35, 36], er av leverandør oppgitt å være to av verdens ledende produsenter av friksjonsmåleutstyr for flyplasser. SAAB friction tester finnes både som målebil, hvor utstyret er montert inni bilen (Figur 34), og som tilhenger (SARSYS Trailer Friction Tester) (Figur 35 og ny versjon Figur 36). Utstyret i bilen og i tilhengeren består av et datasystem, et hydraulisk system, et målehjul og flere sensorer. Utstyret måler en fast slipp friksjonskoeffisient mellom målehjulet og overflaten på rullebanen. Det finnes tilleggsutstyr som for eksempel en vanntank som kan legge en vannfilm med kontrollert dybde foran målehjulet. Dessuten kan det kobles til datalinker som overfører måledata til en mottaksstasjon langt unna.



Figur 34: ASFT i bil [35]



Figur 35: ASFT på tilhenger [36]



Figur 36: SARSYS Trailer Friction Tester [37]

- **RUNAR**

RUNAR mark II (se Figur 37 [38]) brukes til å måle friksjon på rullebaner og undersøke overflateegenskapene på rullebaner. Friksjonen måles med en forhåndsinnstilt fast slipp, mens overflateegenskapene måles med en variabel slipp modus. RUNAR ligner på ROAR (se kap 5.4.1), bortsett fra at RUNAR er bygget for flyplassmålinger. RUNAR-teknologien benyttes ikke lenger i dag i Norge [39].



Figur 37: RUNAR mark II [38]

- **BV 11**

”Skiddometer BV 11 bromsvagn” er en fast slipp friksjonsmåler av tilhengertypen [40]. Den er utstyrt med datamaskin, og den benyttes på både store og små flyplasser, sommer som vinter. Vanntank kan også kobles til systemet for å lage vannfilm på vegoverflaten. Arbeidshastighet er 20-160 km/t. Se Figur 38. Enheten kalibrerer seg selv hver gang den benyttes.



Figur 38: Bromsvagn BV 11 [40]

- **GripTester**

Dette er en friksjonstester som kan taues ved hastigheter opp til 130 km/t eller kan dyttes ved håndkraft. GripTester måler 15% fast slipp [41]. Motstand og last blir målt kontinuerlig, og friksjonskoeffisienten blir registrert, behandlet og vist i en mikrodatamaskin. Som **Figur 39** viser, er GripTesteren på en tilhenger som festes etter en bil. Annet utstyr på GripTesteren er vanntank og krafttilførsel.



Figur 39: GripTester [41]

5.6 Målerutiner

Det finnes lite eller ingen retningslinjer for måling av friksjon. For sommerfriksjon mangler dette, det er bare friksjonspendel som er angitt. For vinterfriksjon er det laget retningslinjer for bruk av C- μ -trip og ELTRIP. Disse retningslinjene er lagt ved i vedlegg III. Det er nødvendig å ha gode målerutiner for at målinger som blir gjort skal være sammenlignbare. Fremover skal det satses på å bruke RoAR mark III i alle regionene i Statens vegvesen, og det er meningen å bruke T2GO blant annet på vegmerking. Det må derfor lages retningslinjer for bruk av dette utstyret.

6 Krav til friksjon

Ved måling av friksjon på enkelte nylagte og eldre asfaltdekker er det registrert lav friksjon [42]. Krav til friksjon er beskrevet i følgende dokumenter [42]:

1. **Kapittel E i anbudsdokumentene for asfaltkontrakter 2004** [43]: Beskriver hvordan, hvor og når avstrøing skal skje.
2. **Vegbygging – Håndbok 018** [44]: Friksjonskoeffisienten, μ_{maks} , målt ved 60 km/t, skal være større enn 0,40. På veger med tillatt hastighet høyere enn 80 km/t bør friksjonskoeffisienten være over 0,50.
3. **Asfalt retningslinjer** [42]: De beskrivelser av friksjon som er av praktisk betydning er identiske i asfalt retningslinjene og håndbok 018.
4. **Feltundersøkelser – Håndbok 015** [30]: Måling av friksjon med OSCAR og med friksjonspendel er beskrevet.
5. **Intern rapport nr 2248** [45]: Kontroll og dokumentasjon av reseptbaserte asfaltkontrakter.
6. **Håndbok 111** [47]: Her gjentas kravene fra håndbok 018 for bar veg, og spesielle krav ved vinterforhold er beskrevet. I temahefte til håndbok 111 står krav til friksjon på vegmerking.
7. **Håndbok 062** [46]: Material- og funksjonskrav til vegutstyr. Kapittel 6 omhandler vegoppmerking.

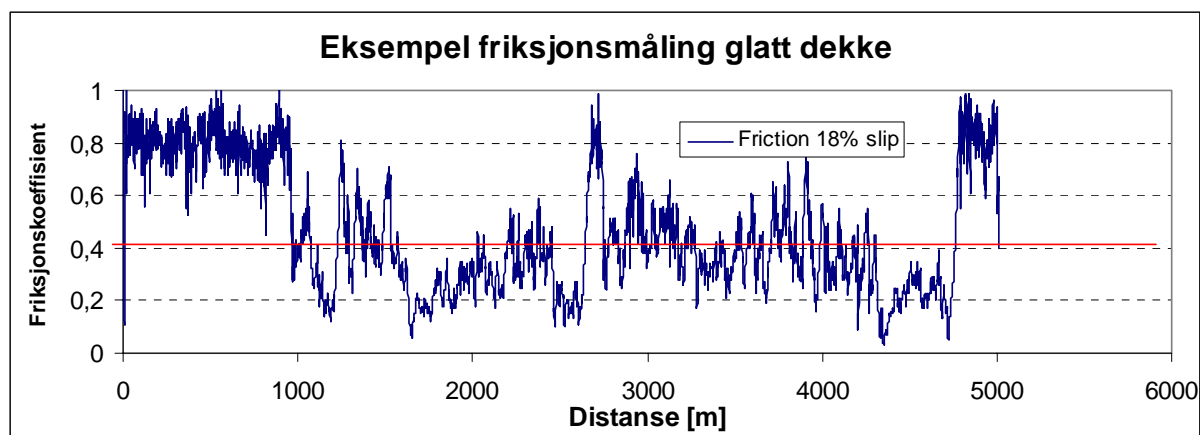
Utfyllende tekst om krav til friksjon er lagt ved i vedlegg IV.

6.1 Sommerfriksjon

Nylagte asfaltdekker kan ofte få partier med mye bindemiddel på toppen av dekket. Ved våt vegbane kan disse bli svært glatte. Etter en vinter får de normalt bedre friksjonsegenskaper. I Statens vegvesen håndbok 018 [44] er det angitt at ”friksjonsforholdene skal være ensartede for hele dekket og alle naturlig avgrensede parseller. Friksjonen på bar veg skal måles på vått dekke. Friksjonskoeffisienten, μ_{maks} , målt ved 60 km/t, skal være større enn 0,40. På veger med tillatt hastighet høyere enn 80 km/t bør friksjonskoeffisienten være over 0,50.

Kravet til friksjon på sommerføre står også beskrevet i vedlikeholdsstandarden Statens vegvesens håndbok 111 [47]. Vedlikeholdsstandarden for faste dekker beskrives ved krav til spordybde, jevnhet, friksjon, sprekker, tverrfall og hull. Kravet til friksjon er utarbeidet som et punktkrav, det vil si at hvert sted på dekket skal ha en friksjonskoeffisient som ligger over kravet på 0,4.

På tørre vegdekker vil som regel friksjonskravet være oppfylt, og nivået varierer lite fra dekketype til dekketype. Ved våt vegbane blir variasjonen mellom de ulike dekketyper store og enkelte dekker kan få svært lav friksjon [15].



Figur 40: Friksjonsmåling på glatt dekke

Figur 40 viser et nylagt dekke med store problemer med blødning. Den horisontale, røde streken viser krav til friksjon på faste dekker ($\mu = 0,4$). Friksjonsmålingene er utført med ROAR Mark III.

6.2 Vinterfriksjon

I vedlikeholdsstandarden for riksveger, håndbok 111 [47], hovedprosess 9, står det at: "Vegen skal være framkommelig for biler som er normalt utrustet for vinterkjøring. Dette skal oppnås ved å redusere mengden snø og is på vegen samt sikre tilstrekkelig veggrep for trafikantene." Med "normalt vinterutrustet" menes kjøretøy med godkjente vinterdekk.

For å oppnå dette utføres vinterdrift etter to forskjellige strategier:

- Strategi vinterveg
- Strategi bar veg

Ved strategi vinterveg er det akseptabelt med snø- eller isdekke hele eller deler av vinteren. Strategi bar veg innebærer at vegen normalt skal være snø- og isfri hele vinteren.

Ved strategi vinterveg skal det benyttes sand eller saltblandet sand for å oppnå tilstrekkelig veggrep og friksjon. Tiltak skal settes i verk dersom friksjonen er så dårlig at normalt vinterutrustede kjøretøy ikke kommer opp bakker etc. [47]. Se **Tabell 8** for krav til friksjonsverdier.

Tabell 8: Verdier for friksjonskoeffisient før strøtiltak iverksettes [47]

Vegkategori	ÅDT	Punktstrøing		Helstrøing	
		Start ved	Fullføres	Start ved	Fullføres
Stamveger		$\mu < 0,30$	1,0 t	$\mu < 0,20$	2,0 t
Øvrige veger	Over 1500	$\mu < 0,25$	1,0 t	$\mu < 0,20$	2,0 t
	501-1500	$\mu < 0,25$	2,0 t	$\mu < 0,15$	3,0 t
	0 - 500	$\mu < 0,20$	4,0 t	$\mu < 0,15$	4,0 t

Det kan benyttes salt eller saltblandet sand i overgangsperiodene høst og vår. Saltblandet sand vil si strøsand som er iblandet 30-50 kg salt per m³. Dette gjøres først og fremst for å hindre sanda i å fryse når den er lagret [48].

Ved strategi bar veg skal det benyttes salt, saltløsning eller andre kjemiske strømidler. Saltede vegger skal normalt være bare dersom luft- eller dekketemperaturen er over ca. -5 °C. Fra og med vinteren 2001 er det åpnet for salting ved temperatur helt ned til - 10 °C [48]. For mengde salt vises det til veiledende salttabell. Se vedlegg V.

Tabell 9: Tiltak og tiltakstid for strategi bar veg [47]

ÅDT	Tiltak og tiltakstid ved forskjellige friksjonskoeffisienter og ÅDT		
	Under 3000	3001-5000	>5000
Preventiv salting	Iverksettes dersom det forventes friksjon < 0,4	Iverksettes dersom det forventes friksjon < 0,4	Iverksettes dersom det forventes friksjon < 0,4
Etter snøfall: Bar veg innen:	6 t	4 t	2 t

Som en ser av **Tabell 9** er det kun friksjonskoeffisienten som er grunnlaget for å sette i gang et tiltak. Tiltak skal settes i verk dersom koeffisienten er under 0,4, eller den forventes å komme under dette kravet.

Under kraftige snøfall kan det være vanskelig å holde standardens krav til friksjon. Under spesielle forhold aksepteres det derfor at friksjonen kan komme under 0,4, men det er i tillegg satt tidsfrister for hvor lang tid det kan gå før vegene er bare igjen.

I overgangsperioder som høst og vår, og i perioder om vinteren, benyttes standarden for ett ÅDT- trinn høyere enn hva **Tabell 9** sier. Med overgangsperioder menes perioder der lufttemperaturen svinger rundt 0 grader. Glatte partier kommer da mer overraskende på sjåførere, og fører til en høyere ulykkesrisiko [48].

6.3 Vegmerking

Vegmerking bør i prinsippet ikke ha dårligere friksjon enn selve vegdekket [48]. Det er derfor stilt krav om friksjon på merkede flater. For fotgjengerfelt som dekker en forholdsvis stor del av vegoverflaten, er det strengere krav enn for langsgående linjer og mindre flater. Friksjonen på vegmerking måles etter en annen metode enn friksjonen på selve vegdekket, og en friksjonsverdi kan derfor ikke sammenlignes med friksjonskoeffisienter på vegdekket.

I Statens vegvesens håndbok 062 [46] beskrives det hvordan friksjonen skal bestemmes gjennom vegmerkingens SRT-verdi. Se **Tabell 10**.

Tabell 10: Krav til SRT-verdier på vegmerking

Produkt	Krav til SRT (NS-klasse)
Langsgående oppmerking	SRT ≥ 45 (S1)
Håndlagt oppmerking	SRT ≥ 55 (S3)

7 Friksjonsforbedrende tiltak

Dersom friksjonen på vegdekket er dårlig, finnes det en rekke tiltak som kan gjøres. Tiltakene varierer med årstidene.

7.1 Tiltak om sommeren

Dersom det oppstår fete/glatte partier på nylagt asfalt, må disse avstrøes så fort som mulig mens asfalten fortsatt er varm [42, 44]. Når asfalten er varm like etter legging, kan finpukk vales ned i toppen av dekket. Etter at asfalten er kald er det vanskelig å bedre friksjonen ved hjelp av avstrøing. Alternative tiltak for å bedre friksjonen i ettertid er gitt i **Tabell 11** [17, 42]:

Tabell 11: Friksjonsforbedrende tiltak om sommeren

Tiltak	Effekt	Konsekvenser
Avstrøing (sand/finpukk)/ nedvalsing på varme sommerdager	Liten effekt	Kan gi steinsprut, det blir dårlig kontakt mellom stein og asfalt
Avstrøing + oppvarming	Liten effekt	Kan gi steinsprut og skader på grunn av oppvarmingen
Påsprøyting av emulsjon og avstrøing	Veldig god	Kan gi støvplager, steinsprut eller blødning
Høytrykksspyling	God korttidseffekt, dårlig over tid	Fjerner forurensinger, forbedrer tekstur
Fresing	God	Forringer dekket
Rilling (flyplasser)	God	Drenerer vann, men forringer dekket
Legging av nytt dekke	God	Kostbart

Alle disse alternativene er kostbare å gjennomføre, og de kan skape problemer for trafikken. Det finnes også noe spesialutstyr.

Den beste metoden for å bedre friksjonen er å foreta avstrøing med nedvalsing under leggingen [42]. Dette kan gjøres sammenhengende eller punktvis kun på fete partier, og er en billig forsikring mot glatte dekker. Etter at det ble funnet mange glatte partier på nylagte asfaltdekker med gjenbruk/skjelettasfalt i 1996, ble det krevd avstrøing av alle slike dekker i 1997. Målinger utført på tilsvarende avstrødde asfaltdekker i 1997 viste svært god friksjon, og at effekten av avstrøingen holdt seg godt utover sommeren.

For sikring av god friksjon på nylagte dekker er overvåkingen av utleggingsfasen viktig. Hvis dekkearbeidene viser tendens til blødning eller feite bindemiddelrike partier, kan tilstrekkelig friksjon enklest sikres i utleggingsfasen med avstrøing av vegdekket.

Høytrykksspyling eller bruk av annet spesialutstyr kan også være aktuelt. Eksempel på slikt friksjonsforbedrende utstyr er vist på **Figur 41**. Dette utstyret benytter roterende høytrykksspyling for å bedre tekstur og friksjon [48].



Figur 41: FRIMOKAR, friksjonsforbedrende utstyr [5]

7.2 Tiltak om vinteren

De viktigste vintervedlikeholdstiltak er snøbrøyting, høvling, sanding og salting, og det er sanding og salting som har til hensikt å bedre friksjon [5].

7.2.1 Sand

Sand strøs ut enten som tørr-sand, saltblandet sand eller befuktet sand (fastsand). Det skal legges ut 200 g/m^2 sand uavhengig av metode.

Tørr sand

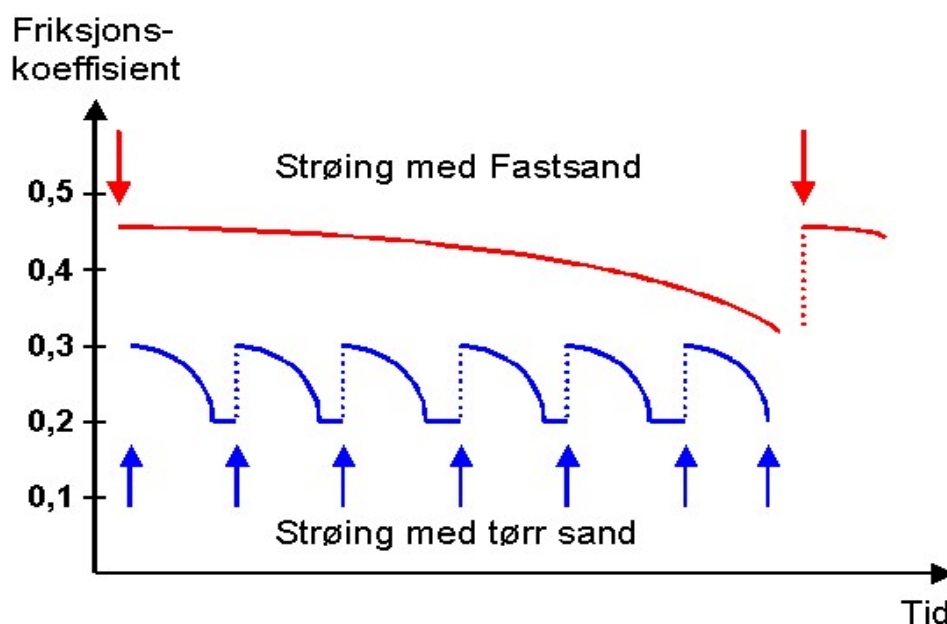
Ved tradisjonell sanding blir sanden strødd tørr ut på veggen. Sanden har da ingen eller svært liten vedheft til is- eller snødekket. Resultatet er at trafikken "blåser" sanden av veggen. Undersøkelser har vist at effekten av tørr sand kan forsvinne etter bare 50 passeringer med personbil. Strøtiltak med tørr sand øker friksjonen med ca 0,1 [49].

Saltblandet sand

Sandkvalitet er som "strøsand", men iblandet 30-50 kg salt per m^3 for å forhindre at sanden fryser på lager. Et strøtiltak med saltblandet sand øker friksjonen med ca 0,1.

Fastsand

Sandingsmetode der strøsandens befuktes med varmt vann i det sanden strøs ut. På den måten fryser sanden fast til snøen eller isen på veggen, og det oppnås både en økt friksjonsforbedring, og en økt varighet av tiltaket. Det anbefales å tilsette 30 volumprosent med vann med en temperatur på minst $90 \text{ }^\circ\text{C}$. Ved stabile klimaforhold har fastsandstiltak svært lang varighet og en meget god vedheft til overflaten. Det er blitt påvist en varighet på minst 1500 biler, og et tiltak kan gi friksjonsforbedring i ei uke. Et fastsandstiltak øker friksjonen med 0,2 - 0,3. Se **Figur 42** som viser sammenligning av bedring av friksjon med fastsand og tørr sand. Figuren beskriver hvordan tørr sand har mer kortsiktig effekt enn bruk av fastsand har, på grunn av sandens vedheft til overflaten.



Figur 42: Frikksjonsforbedring med tørr sand og fastsand [50].

7.2.2 Salt

Salting kan nå benyttes ved temperaturer ned til $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5]. Det vises til veiledende salttabell for mengder og anbefalte metoder. Se vedlegg V.

Materialet som i de fleste tilfeller benyttes, er natriumklorid (NaCl). Dette kan legges ut i tørr, befuktet eller som saltløsning eller saltslurry. Salter nedsetter frysepunktet på vegbanen.

Tørr-salt

Tørr-salt bør bare benyttes under snøvær eller på våt vegbane. Problemet med tørr-salt er at det lett blåser vekk fra vegoverflaten ved trafikk. Forsøk har vist at omtrent 80 prosent av saltet forsvinner fra vegoverflaten og havner i grøfta etter at 100 kjøretøy har passert. Tørr-salt løser seg også opp sent. Saltkornene må nemlig knuses før de er effektive. Et annet problem som kan oppstå er dersom det brukes preventivt og det ikke kommer noe nedbør, så vil det dannes hydrater. Hydrater er en mellomting mellom natriumklorid og vann. Tørr-salt kan bare brukes som preventiv saltmetode dersom vegbanen er våt fra før av [48].

Saltslurry

Blanding av knuste saltkorn og saltoppløsning. Hensikten er å oppnå god vedheft til vegdekket og en rask virkningsgrad [48].

Saltløsning

Saltløsning er definert som en mettet løsning av vann og natriumklorid. Løsningen inneholder 22-24 % salt. Det har en momentan virkning og blir liggende på vegen. Saltløsning er effektiv som preventiv løsning mot frost og is. Saltforbruket er betraktelig mindre enn for tørr-salt og saltløsning. Saltløsning er uegnet for tykk is og kompakt snø. En bør også være forsiktig med å bruke saltløsning på for våte overflater. Faren for tilfrysing er da til stede [51].

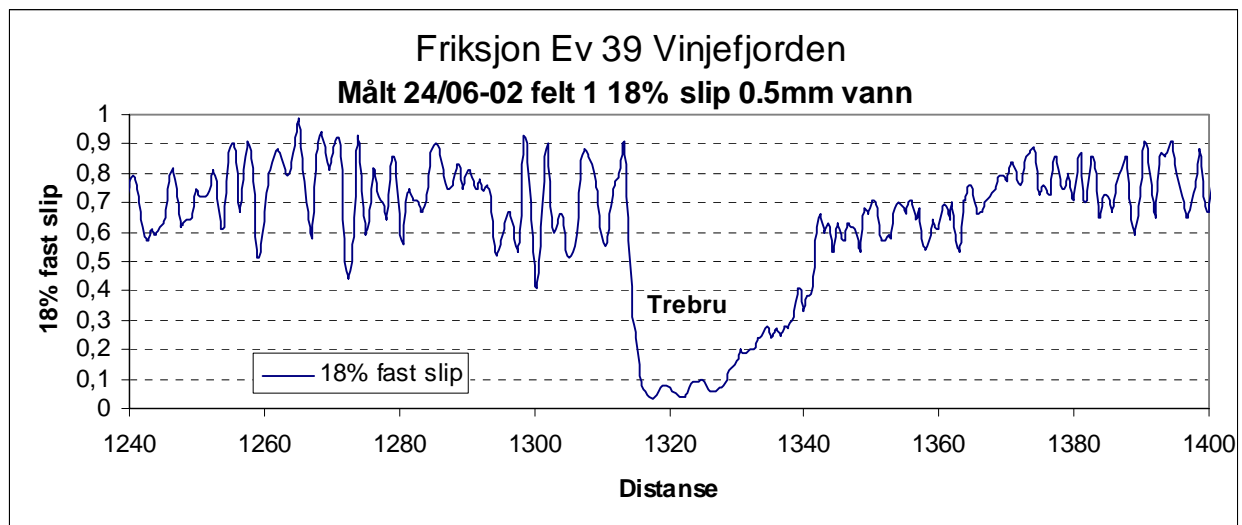
Befuktet salt

Befuktet salt er saltkorn som befuktes med saltløsning under spredning. Det virker raskere enn tørt salt, samt at det ikke blåser så lett bort (vedheften mellom saltkornene og vegdekket bedres). Befuktet salt kan brukes for å forhindre isdannelse, men må ha en viss mengde trafikk for å oppnå virkning. Spredningshastigheten for metoden er 40 km/t. Befuktet salt har et stort bruksområde, men saltforbruket er vesentlig større enn ved bruk av saltløsning eller slurry [48].

8 Erfaringer

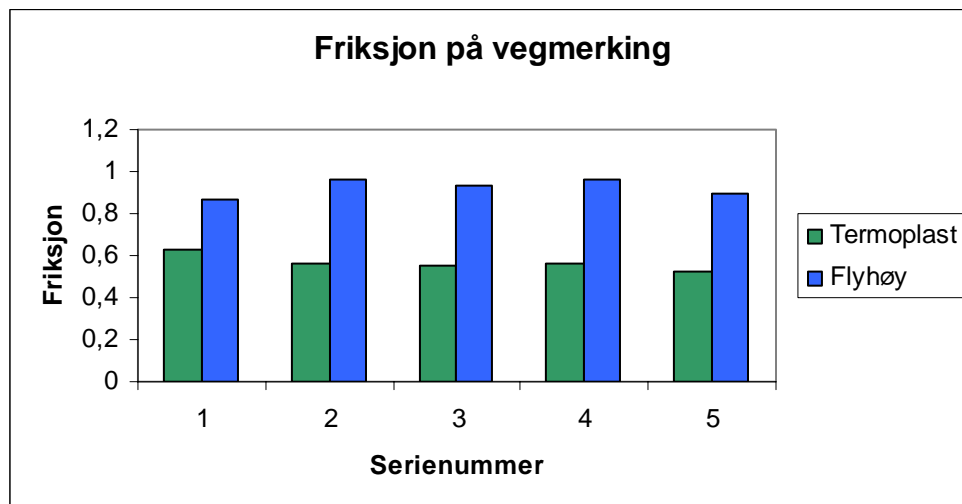
Som vist i kapittel 3 er det mange faktorer som bestemmer friksjonen. For å kunne si noe om friksjon på asfalt må det registreres mange målinger over lange tidsperioder, men selv da er det ikke sikkert det kan sies noe entydig om hvilken friksjon det finnes på ulike dekketyper. Årstidsvariasjoner, trafikk, piggedekkbruk, osv, kan gi usammenhengende resultater. På 1970-1980-tallet ble det brukt større pigger som ga oppruing av dekket, mens nå er det mindre eller ingen pigger som gir større problem med polerte dekker. På nylagte dekker kan det være vanskeligheter med blødning. Polerte dekker eller dekker med forurensning på, kan være veldig glatte spesielt om sommeren. Sterke steinmaterialer kan gi polering eller lite ruhet i overflaten av dekket. Det er sannsynlig at det vil være forskjell i friksjonen på dekkene i by og landsbygd, blant annet på grunn av trafikkmengde.

Det har blitt gjort en del målinger i Statens vegvesen opp gjennom tidene, men dataene har ikke blitt samlet. Det er ulike personer som har resultatene, og de er lagret på forskjellige steder. Dessuten er undersøkelsene gjort med forskjellige typer utstyr, så det er ikke riktig å sammenligne resultatene. Men noen slutninger kan trekkes, for eksempel i **Figur 11** i kapittel 3.3 vises det at betongdekke gir lavere friksjon enn andre dekker. Undersøkelser viser også at trebruer er glatte [52], se **Figur 43**. Her er det gjort friksjonsmålinger på E39, og friksjonen faller drastisk når målebilen kjører over trebrua.



Figur 43: Friksjonsmåling på trebru på E39

Friksjon på vegmerking kan være lav, spesielt hvis det er vann på dem [53]. **Figur 44** viser et eksempel på hvordan friksjon på vegmerking kan være. Termoplast er et materiale som brukes til vegmerking. Friksjonen er lavere på vegmerkingen (termoplasten) enn på rullebanen i alle seriene. Målingene er gjort på Røros flyplass [53]. Målingene er gjort med RoAR mark III.



Figur 44: Friksjon på vegmerking

Noen verdier fra friksjonsmålinger på asfalt er samlet i **Tabell 12**. Som nevnt er det så mange faktorer som spiller inn på friksjonen, at det ikke er godt nok datagrunnlag for å kunne si noe om hvilken dekketype som har hvilken friksjon.

Tabell 12: Eksempler på friksjonsmålinger på asfalt

Hvor	Når	Vegdekke	Alder [år]	Friksjon
Oslo [54]	2000	Mye porfyr Basalt		< 0,4 > 0,5
Sør-Trøndelag [55]	2003	Agb16 Ma Ab11 Ab16 Ska11 Ska 16 Betong	2,3,4,6,7,8,9,10 14 1 & 5 1-12 1,2 & 5 1-8 12	Snitt 0,54-0,74 Snitt 0,69 Snitt 0,71-0,73 Snitt 0,57-0,74 Snitt 0,65-0,74 Snitt 0,64-0,72 Snitt 0,53
RV 707 [5]	2003	Agb16	3	0,8
E6 Sør-Trøndelag [56]	1996	Betong Ska16 Ska16 Ab16 Betong Ab16	4-5 1 Nylagt 7 7 5	Snitt 0,39-0,62 Snitt 0,62-0,82 Snitt 0,42-0,88 Snitt 0,60-0,80 Snitt 0,45-0,90 Snitt 0,55-0,76
Sør-Trøndelag: Væretunnelen-Ranheim bomstasjon [56]	1996	Ska/gjenbruk	Nylagt	0,24-0,81
Sør-Trøndelag: Sandmoen-Klett [15]	1996	Ska16 Betong Ska-Jaspis Ska-Vassfj Ska-Otterbr		Snitt 0,45-0,75 Snitt 0,46-0,53 Snitt 0,82-0,92 Snitt 0,60-0,88 Snitt 0,72-0,92

9 Sluttkommentar

God friksjon og et godt veggrep er avgjørende for sikkerheten i vegtrafikken. Dette er derfor et viktig område som Statens vegvesen må ha god kunnskap om. Dette er bakgrunnen for at det i flere år er satset relativt mye på utvikling av friksjonsutstyr og måling av friksjon på vegnettet både sommer og vinter.

Fremover er det i Statens vegvesen lagt opp til at det skal være en målebil av typen RoAR mark III i hver region, til sammen 5 regioner. I tillegg vil Vegdirektoratet ha utstyr for kalibrering etc.

Måleren i Region midt har vært brukt både til måling av friksjon på ulike dekketyper og for måling på nylagte asfaltdekker hvor det har vært mistanke om glatte partier. Målingene har gitt viktig beslutningsstøtte for skilting av glatt vegbane og for krav om avstrøing av glatte partier. De nye målebilene skal samle data for både sommer- og vintermålinger. Når dataene er samlet inn, skal friksjonsdata lagres i den nye vegdatabanken (NVDB) for blant annet analyser. Ved hjelp av disse analysene kan det kanskje finnes en sammenheng for eksempel mellom friksjon og ulykker. Målebilene skal også benyttes til å ta stikkprøvekontroller i forbindelse med funksjonskontrakter, for å dokumentere friksjonsnivå på veger. Det er dermed viktig med gode kalibreringsrutiner på målebilene, slik at de måler likt.

Det er flere forhold som kan undersøkes når det blir gjort flere målinger over tid, for eksempel:

- Hvordan piggdekkbruk påvirker friksjonsforholdene på vinterføre
- Variasjon i friksjon på ulike dekketyper på bar veg
- Nylagt asfalt, hvilken friksjon har disse og hvordan endres friksjonen etter legging
- Variasjoner i friksjonsforhold avhengig av årstid, temperatur, trafikk, regnvær/vasking før måling, vannmengde, og lignende
- Hvordan påvirker piggdekkbruk friksjonsforholdene på bar veg over året
- Sammenheng mellom vegdekkenes tekstur og friksjon
- Sammenheng mellom ulike steinmaterialer i dekkene og friksjon

For å nå disse målsetningene er det nødvendig å få målebilene ut til regionene, og sette i gang registrering i NVDB så fort som mulig.

VEDLEGG

VEDLEGG I

Formel for å regne ut friksjonen ved hjelp av retardasjon med utledning. Det vil si den formel som benyttes i C- μ og andre retardasjonsmålere:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = F \cdot BL + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = mg\mu \cdot BL + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\frac{1}{2}v_1^2 = g\mu(v_1t + \frac{1}{2}at^2) + \frac{1}{2}v_2^2$$

$$\frac{1}{2}v_1^2 = g\mu(v_1t + \frac{1}{2}(\frac{v_1 - v_2}{t}) \cdot t^2) + \frac{1}{2}v_2^2$$

$$\frac{1}{2}v_1^2 - \frac{1}{2}v_2^2 = g\mu t(\frac{1}{2}v_1 + \frac{1}{2}v_2)$$

$$\mu = \frac{v_1 + v_2}{g \cdot t}$$

$$\mu = \frac{v^2}{3,6^2 \cdot g \cdot 2 \cdot BL} = \frac{v^2}{254,3 \cdot BL}$$

Symbolforklaring:

v₁: utgangshastigheten i m/s

v₂: hastigheten når bremseprosedyren er avsluttet i m/s.

m: Bilens masse i kg.

BL: Bremselengde i meter.

a: Bilens akselerasjon eller i dette tilfellet retardasjon. (m/s²)

g: Tyngdens akselerasjon (9,81 m/s²).

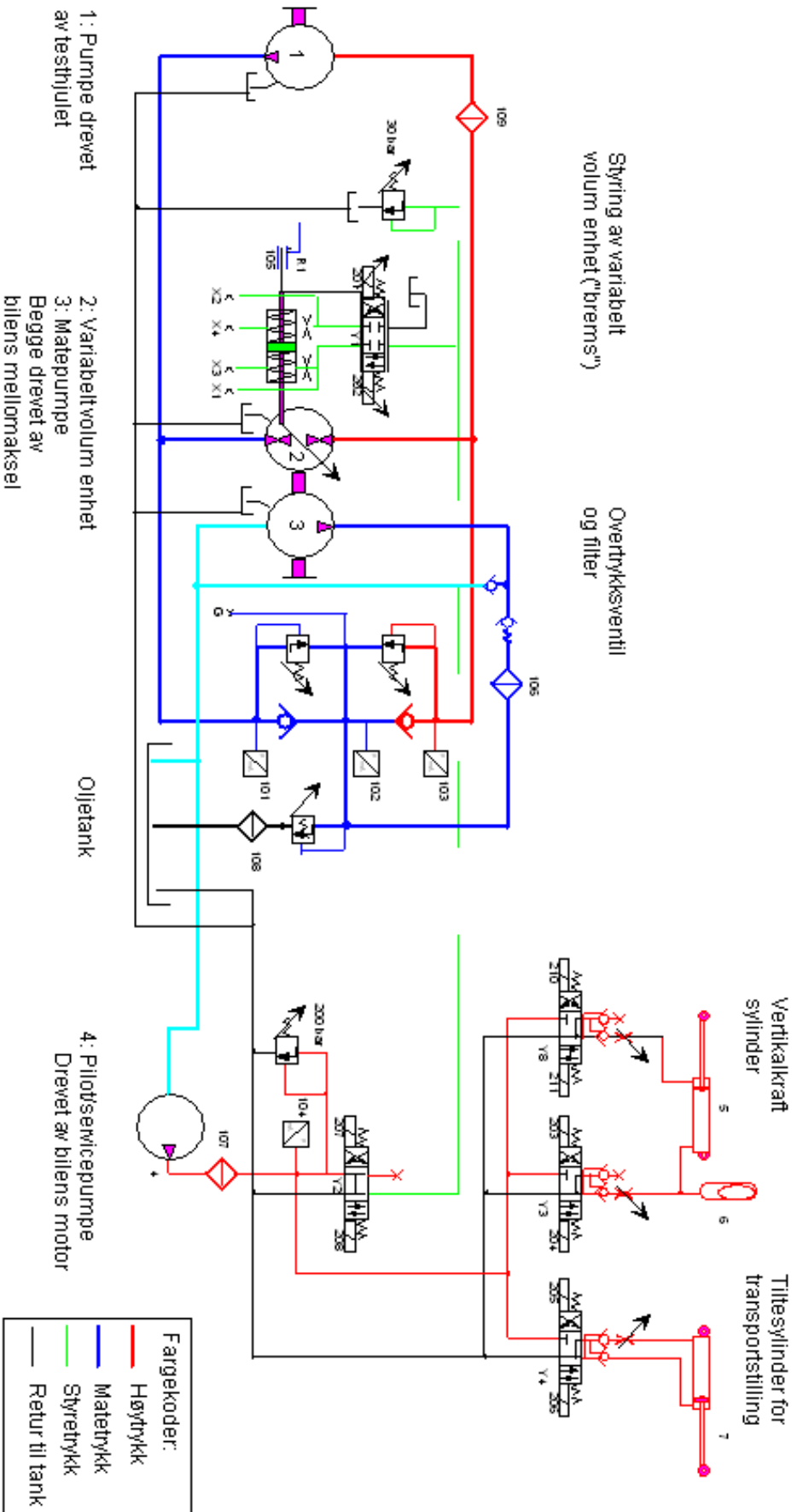
t: Tid i sekunder.

μ : Friksjonskoeffisienten

OSCAR2 oljehydraulisk system

Hovedsystem

Hjelpesystem



VEDLEGG II

Mako Systemer
 PB 27, N-3056 Solbergelva

Statens vegvesen
 Vegdirektoratet

Tegningsnummer: 2000-104-18 Side: Hydraulikk

OSCAR2
 Hydraulikk
 Prinsipskema for hovedhydraulikk

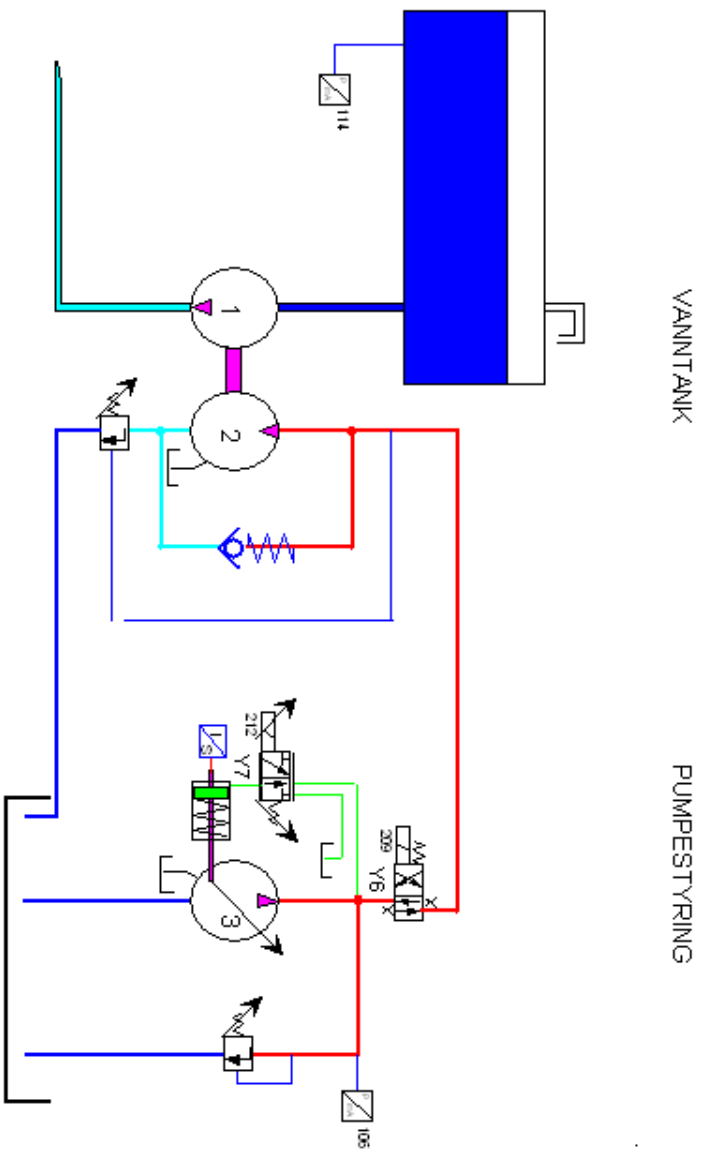
Prosjekt: Oppgradering av utstyr for datafangst

Rev. nr: 0
 Dato: 16.11.2000
 Sign: MK

Rev: 16.11.2000 +

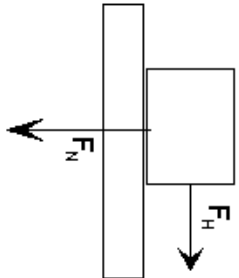
Blad nr.: 17
 Neste bl.: 18

OSCAR2 vanningsystem



- 1: VANNPUMPE DIREKTE DREVET AV HYDRAULIKKMOTOR
- 2: FAST VOLUM MOTOR DREVET AV PUMPE 1
- 3: VARIABEL VOLUM PUMPE DREVET AV BILENS MELLOMAKSEL

 <p>Mako Systemer PB 27, N-3056 Solbergelva</p>	<p>Statens vegvesen Vegdirektoratet</p>		<p>OSCAR2 Hydraulikk</p>		<p>Dato: 16.11.2000 Sign: MK</p>	<p>Rev. nr: 0 Rev.: 16.11.2000</p>	<p>Blad nr.: 18 Neste bl.: -</p>
	<p>Tegningsnummer: 2000-104-1Bilde: Hydraulikk 2</p>		<p>Prinsippskjeima for vanningshydraulikk</p>				



FRIKSJON.

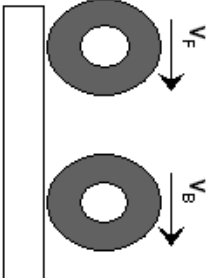
Eksempel på friksjon:

For å dra en masse med vektforholdet bortovert underlaget kreves en kraft F

Friksjonskoeffisienten MY beregnes da etter formel $M = F_H / F_N$

MY er et tall uten benevning og er i området fra 0 til litt over 1.

MY presenteres ofte i prosent eller promiller.



SLIPP.

Eksempel på slipp:


To hjul trekkes etter hverandre bortovert veien. Det ene løper fritt og får en periferhastighet med størrelsesdetandret hjulet bremses ned og får en lavere periferhastighet med størrelse v

Slipp s defineres ved ligning $s = (v - v_B) / v_F$

s er et tall uten benevning og er vanligvis i området fra 0 til 1.

Men den kan også være negativ (hjulspinn).

s presenteres ofte i prosent eller promiller.

 <p>Mako Systemer PB 27, N-3056 Solbergelva</p>	<p>Statens vegvesen Vegdirektoratet</p>		<p>OSCAR2 Friksjonsmåling Formler</p>		<p>Dato: 18.09.2001 Sign: MK</p>	<p>Rev. nr.: 0 Rev.: 18.09.2001</p>	<p>=</p>
	<p>Tegningsnummer: 2000-104-830de Formler</p>		<p>Prosjekt: Oppgradering av utstyr for datafangst</p>				

OSCAR2. Hovedprinsipper.

Type: Dynamisk friksjonsmåler for overflatemåling av vei/bane.

Måleprinsipp: - Kraftmåling i sanntid av marktrykk (FV) og horisontalkraft (FH).
- Samtidig måling av periferihastighet av både fritt rullende - (vF)- og nedbremset hjul og (vB).
- Logging av avstand fra start og hastighet sammen med øvrige måleverdier.

Målemodi: 1: **Fast slipp** - valgbar referanse
2: **Variabel slipp** - valgbare parametre for opp- og nedramping av slippreferansen. Denne modus muliggjør endring av slippreferansen mellom en nedre og en øvre grense som en lineær funksjon av tiden. Deretter å endres den mot nedre grense på nytt som en funksjon av tiden. (Referansen rampes OPP / NED)

Pådrag: Målehjul bremses ned hydraulisk med tilbakeføring av effekt til trekkvognens drivverk via trinnløs hydrostatisk transmisjon.

Vertikalkraft: FV er valgbar via operatørinterface (PC). Kraften påtrykkes via hydraulikk.

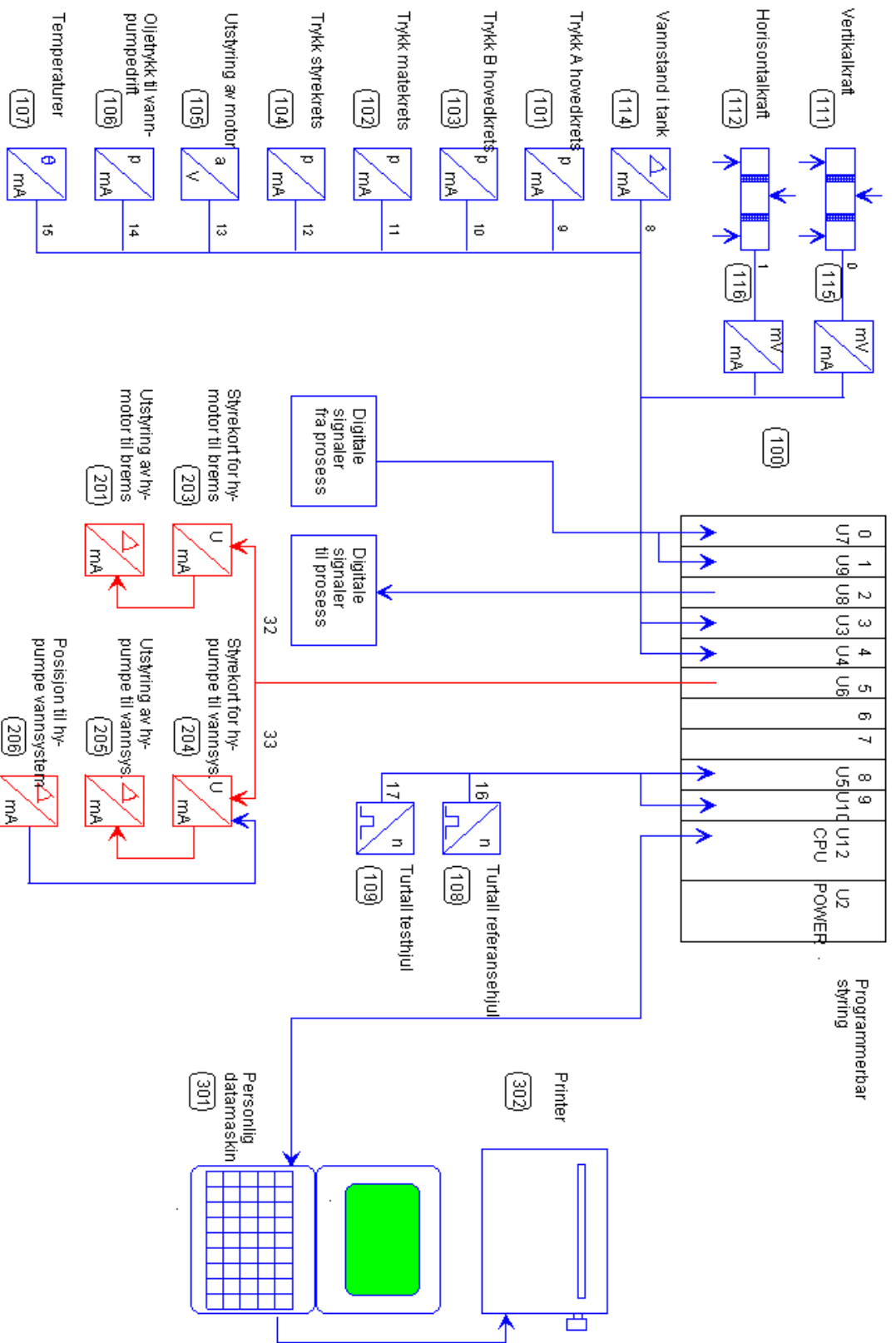
Vanning: Har selvbåret vanningssystem med egen pumpe. Pumpen drives oljehydraulisk og vannfilmtykkelsen kan velges av operatør.

Styring: PLS for sanntidsstyring, regulering, beregning og temporær lagring av måledata.

Operatørinterface: Bærbar PC som kommuniserer med PLS via Ethernett. Denne inneholder instrumenteringsbilder som dekker alle målesignaler og beregnede data. Variabler skrives til PLS via denne.

Måledatabehandling: Ved avsluttet måling sendes oppsamlete data til PC automatisk. Operatøren sender dette til Microsoft EXCEL som via makro behandler mottatte data og lagrer dette på EXCEL format. Data lagres både som datasett (tallverdier) og ferdig bearbeidet kurver. Resultatene kan printes i tabellform eller kurveform på innebygget fargeprinter i førerkabin.

OSCAR2 instrumenteringssystem



<p>Mako Systemer PB 27, N-3056 Solbergelva</p>	<p>Statens vegvesen Vegdirektoratet</p>		<p>OSCAR2 PLS</p>		<p>Dato: 16.11.2000 Sign: MK</p>	<p>Rev. nr: 0 Rev.: 16.11.2000</p>	<p>=</p>
	<p>Tegningsnummer: 2000-104-18de Instrument</p>		<p>Oversikt over instrumentering</p>				
<p>Prosjekt: Oppgradering av utstyr for datafangst</p>			<p>OSCAR2</p>			<p>Personlig datamaskin (301)</p>	

VEDLEGG III

Retningslinjer for måling av friksjon på vinterveger**Utstyr som er godkjent**

Kalibrert måleutstyr av typen C- μ -trip (C- μ /mini, C- μ eller C- μ /3) og ELTRIP (Typer: 45 nk, 45 nkl) er godkjent for friksjonsmålinger. Utstyret skal kalibreres minst en gang i året for både byggherrer og entreprenører. Regionene i samarbeid med Vegdirektoratet skal stå for denne kalibreringa. C- μ -trip og ELTRIP kalibreres normalt mot friksjonsmålerne ROAR eller OSCAR.

Krav til utstyret

Måleutstyret som entreprenøren benytter skal være godkjent av Vegdirektoratet og vise stabile måleverdier som er sammenlignbare med utstyr som byggherren benytter. I henhold til drift og vedlikeholds kontrakt med funksjonsansvar, kapittel D2 pkt. 17.3.8

Det er viktig at bilen som benyttes til målingene har bremses og vinterdekk som er i god stand.

Dekktrykk skal være sjekket før kalibrering av friksjon og avstand.

C- μ -trip og ELTRIP skal være kalibrert på avstand. Avviket skal ikke være mer enn +/- 2 meter på 1000 meter etter at kalibrering er utført.

Ved dekkskifte skal man gjennomføre en ny kalibrering av måleren både når det gjelder avstand og friksjon.

Hvordan utføre en måling?*Bremseprosedyre*

Bremseprosedyren beskrives av disse 5 trinnene:

- Før målingen utføres skal hastigheten ligge på 50 km/t ved jevn kjøring.
- Når en nærmer seg målestedet, trækkes clutchpedalen inn. Bilen ruller så fritt i minst 10 meter. Biler utstyrt med automat settes i nøytral (N).
- Brems med maksimal kraft i minst 2 sekunder med et kraftig og kontant trykk på bremsepedalen.
- La kjøretøyet rulle fritt til måleverdien kommer frem i displayet. (Normalt etter ca 10 meter.)
- Fortsett deretter med normal kjøring. Foreta en ny måling når bilen er kommet opp i en utgangshastighet på 50 km/t.

Gjennomføring av friksjonsmåling på veg

Kontroller at friksjonsmålingen kan utføres på en trafiksikker måte. Bremsingen må ikke medføre fare for andre trafikanter på eller ved siden av vegen. Det skal brukes bil med gult blinkende lys på taket under måling.

Målingene bør utføres på en forholdsvis flat, rett strekning. Det bør måles i begge kjøreretninger, i alle kjørefelt. Målinger utføres normalt i hjulspor, men er det mistanke om at det er glattere mellom sporene taes det målinger der. Det er den dårligste friksjon som er utslagsgivende for om det er behov for tiltak.

I kryss, i svinger og lignende hvor det er krav til punktstrøing kan det være vanskelig å gjennomføre friksjonsmålinger etter ovennevnte metoder. Det er ofte glattere på disse stedene. Da bør tiltak gjennomføres, dersom måling på tilstøtende strekninger og en vurdering av tilstanden på det aktuelle stedet, tilsier at det kan være friksjonsverdier under kravet. Det samme gjelder dersom det er korte lokale partier som har merkbart lavere friksjon enn resten av vegen.

Dokumentasjon

Følgende data og måleverdier skal dokumenteres fra friksjonsmålingene. Det kan skje ved hjelp av vedlagte skjema eller tilsvarende som gir samme opplysninger:

- Hvilken målebil som benyttes og hvem som utfører målingene.
- Dato, tid og sted (Vegnummer, hovedparsell, kilomtrering)
- Friksjonskoeffisient
- Værforhold, temperatur og føre på vegen.

VEDLEGG IV

1. Kapittel E i asfaltanbudet:

Avstrøing med asfaltert finpukk skal skje maskinelt. Dersom generell avstrøing ikke er beskrevet, må entreprenøren selv vurdere behovet for avstrøing. Eventuelle fete og glatte partier må avstrøs med materialer tilsvarende tilslaget i asfaltmassen. Avstrøingen vales ned i dekket mens det ennå er varmt og overskuddsmateriale feies bort.

Beskrivelsen kan variere fra fylke til fylke avhengig av hva de dekkeansvarlige legger vekt på. Statens vegvesen i Sør-Trøndelag har følgende beskrivelse av krav til friksjon under punkt om utførelse i asfaltanbud for 1998:

Generelt:

Det er ikke foreskrevet generell avstrøing av slitelag. Ved utlegging må entreprenøren sørge for at eventuelle fete og glatte partier blir avstrødd med materialer tilsvarende tilslaget i asfaltmassen. Det er likevel entreprenørens ansvar å besørge avstrøing av glatte partier og sørge for at dette blir skiltet. Det vil ikke bli godtatt at skilting av glatte partier blir stående over lengre tid enn 1 uke.

Spesielt for slitelag gjenbruk med Ska:

Det skal foretas avstrøing med svertet lyse steinmaterialer i fraksjonen 4-8 mm som beskrevet under kontraktpunktene.

2. Vegbygging – Håndbok 018

624.6

For å oppnå et best mulig resultat, er det viktig å ha jevn framdrift på både utlegger og vals.

Det er viktig ved skifting av felt at valsingene skjer uten rykk, da rykk vil forårsake ujevnheter i det ferdige dekket.

Stopp må ikke skje på varmt dekke f.eks. ved etterfylling av drivstoff, vann osv.

Det er mange faktorer som har betydning for optimal komprimeringsgrad (massesammensetning, tykkelse, type bindemiddel, utleggertype, valse-type osv.).

Lav temperatur kan medføre varierende dekkekvalitet. Dette gir utslag i høyt hulrom som er med på å redusere levetiden.

624.7

Det er behov for større tverrfall på veger med stor piggedekkslitasje. I bystrøk kan det være vanskelig å oppnå større tverrfall enn 3 %.

Friksjon er en viktig egenskap i forholdet til trafiksikkerhet. Der det benyttes piggedekk, er det særlig nylagte dekker som kan ha dårlige friksjonsforhold. Lav friksjonskoeffisient ved legging av nytt asfaltdekke kan avhjelpes ved avstrøing med asfaltert finpukk (Af), tørket sand e.l.

624.6 Komprimering

Dekket skal umiddelbart etter utleggingen vales slik at hulromprosent målt i ferdig dekke tilfredsstillende kravene for hver enkelt dekketype.

Komprimeringsarbeidet bør være fullført før temperaturen er sunket 50°C under minimum angitt temperatur på arbeidsresept. Dette gjelder spesielt for høyverdige slitelagsmasser.

624.7 Krav til ferdig dekke, slitelag og bindlag

Struktur

Dekket skal ha en homogen og ensartet overflate. Det skal ikke forekomme sprekker, hull eller fete partier.

Langs- eller tverrgående svanker eller valker skal ikke forekomme.

Skjøter skal være omhyggelig utført. De skal overalt være tette, jevne og uten sprekker.

Tverrfall

Alle lag skal ha tilstrekkelig tverrfall for å sikre god avrenning.

Ved $\text{ÅDT} \geq 5000$ bør tverrfall være minimum 4 %. Ved $\text{ÅDT} < 5000$ skal tverrfall være minimum 3 %. Det er viktig at tilsvarende tverrfall blir ivarettatt i bærelaget.

Jevnhet

Se figur 620.4. Jevnhetskravene gjelder også for skjøter.

Friksjon

Friksjon skal måles på vått dekke. Det skal tilstrebes mest mulig ensartede friksjonsforhold. Friksjonskoeffisienten målt ved 60 km/t skal, på trafikkerte arealer, ikke ligge under 0,40, se figur 625.4.

Forbruk

Under hensyn til toleransekravene, skal dekketykkelsen holdes jevnest mulig. Tykkelsen skal ikke på noe punkt avvike mer enn 15 kg/m² (ca 6 mm) fra fastsatt forbruk.

3. Asfalt retningslinjer:

Friksjon er beskrevet to steder i asfaltretningslinjene.

Side 55, Fig. 2.5.4 Valg av slitelag.

Følgende funksjonskrav gjelder for friksjon (våt, 60 km/t), nylagt:

Middels og spredt bebyggelse:

- $my > 0,40$ for ÅDT < 3000
- $my > 0,45$ for ÅDT $3000 - 5000$
- $my > 0,50$ for ÅDT > 5000

Tett bebyggelse:

- $my > 0,40$ for ÅDT < 1500
- $my > 0,45$ for ÅDT $1500 - 3000$
- $my > 0,50$ for ÅDT > 3000

Ingen krav til G/S-veger.

Side 150, kap 3.7 Krav til ferdig dekke - slitelag og bindelag

Friksjon:

Friksjon skal måles på vått dekke. Det skal tilstrebes mest mulig ensartede friksjonsforhold. Friksjonskoeffisienten målt ved 60 km/t skal, på trafikkert arealer, ikke ligge under 0,40, se figur 2.5.4.

Friksjon er en viktig egenskap i forhold til trafiksikkerhet. Der det benyttes piggdekk, er det særlig nylagte dekker som kan ha dårlige friksjonsforhold. Lav friksjonskoeffisient ved legging av nytt dekke kan avhjelpes ved avstrøing med asfaltert finpukk (AF), tørket sand e.l.

4. Feltundersøkelser – Håndbok 015: Måling av friksjon med OSCAR og med friksjonspendel er beskrevet.

15.4283 - side 1 av 1



Statens vegvesen

15.4 Kontroll og tilstandsregistrering
15.42 Overflate

15.4283 Måling av friksjon med OSCAR

Gjeldende prosess (nov. 1996): NY

Omfang

Norsemeter OSCAR måler friksjonen mellom et testhjul og vegdekket. Den kan måle mot alle faste vegdekker, og også mot is, hardpakket snø etc.

Prinsipp

Måling foretas av bilfører som i ønsket hastighet (minimum = ca. 50 km / t, max = skiltet hastighet), kjører over strekningen. Hastigheten bør være ca. konstant, og en kontrollert vannmengde bør alltid tilsettes (standardisert til 0,5 mm vannskikt for vegformål).

Referanser

Norsemeter as: *Brukerveiledning for styringssystem*

PIARC Technical Committee on Surface Characteristics C.1 (1995): *International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements*

Utstyr

Beskrivelse

OSCAR friksjonsmåler er en komplett måleenhet, bygd på en Chevrolet Chassis Cab K-3500.

Målingen skjer ved at 2 lastceller registrerer horisontal- og vertikalkrefter på et standardisert testhjul (ASTM 524) som bremses etter operatørens ønske. Testhjulet har blank slitebane for å fange opp vegdekkets friksjonsegenskaper, og ikke gummihjulets mønsteregenskaper.

Vedlikehold

Lastceller av den typen som OSCAR bruker er veldig stabile og tilnærmet vedlikeholdsfrie. Evt. kalibrering av disse er en omfattende prosess, og må utføres på spesialverksted.

Fremgangsmåte

Målinger med Norsemeter OSCAR skal bare utføres av spesielt kvalifisert personell.

Måling utføres for øvrig i samsvar med Brukerveiledningen.

OSCAR kan måle vegdekkets friksjon ved en fast definert og ønsket slipp, f.eks 15 - 18 % bremsepådrag, som er vanlig i annet kjent utstyr (SAAB Friction Tester og BV-11). OSCAR kan søke etter optimal slipp, og derav finne vegdekkets høyeste friksjonstall til enhver tid.

OSCAR kan variere slippet (bremsepådraget, fra 0 (fritt løpende hjul) til ca. 100 % (låst hjul). Denne funksjon gir samtidig nyttige opplysninger om vegdekkets makrotekstur, som er en forutsetning for på en enkel måte å kunne bestemme vegdekkets IFI (International Friction Index).

Resultater

Registreringer

Registreringer kommer umiddelbart etter måling fram på skjerm i OSCARs PC, som kurver over friksjon (μ), slipp og hastighet, samt middelerverdier av disse. Kurvene kan også skrives ut straks eller senere.

Beregninger

IFI må beregnes etter utført måling, via spesielle dataprogrammer.

Rådatafilen er forøvrig av ASCII-format, og kan greit lastes inn i f.eks. Excel etc.

Usikkerhet

Fordi OSCAR benytter lastceller for registrering av både horisontal- og vertikalkrefter er nøyaktigheten svært god.

Kommentar: OSCAR deltok i "PIARC International Experiment to Compare and Harmonize Skid Resistance and Texture Measurement", høsten '92. Den kan derfor korreleres med de fleste andre måleinstrumenter, og også IFI.

Rapportering

Rapport kan skrives ut umiddelbart (eller senere), og viser kurver over friksjon (μ), slipp og hastighet, samt middelerverdier av disse.

Via dataprogram spesiallaget for OSCAR, kan all relevant informasjon hentes lett ut, både i tabell og kurver (tekstur, F60, M_{max} og M_{min}).



15.4282 Måling av friksjon med pendelapparat

Gjeldende prosess (nov. 1996): NY

Omfang

Metoden beskriver friksjonsmåling på vegdekker med bærbart pendelapparat. Friksjon kan måles på alle typer faste vegbelegninger. Det bærbare utstyret kan anvendes direkte på vegbanen eller i laboratoriet på tillagde/utskårne prøver.

Referanser

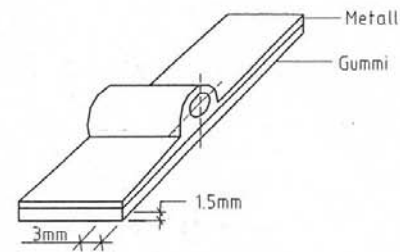
ASTM E303-93: *Measuring surface frictional properties using the British pendulum tester*, ASTM, USA

Utstyr

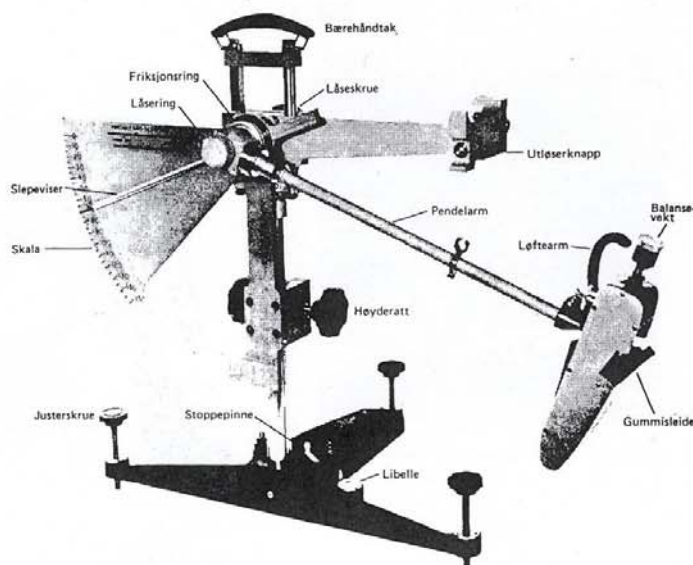
- bærbart pendelapparat som beskrevet i ASTM E303-93, se figur 15.4282-1
- gummisleide spesifisert i ASTM E303-93, se figur 15.4282-2. (Ny gummisleide skal "innkjøres" før bruk ved å la pendelen med sleiden påmontert, svinge 10 ganger over en passe ru og tørr overflate)
- mal, med avstandsmerker i avstand 124 - 127 mm
- overflatetermometer
- liten børste

Fremgangsmåte**Klargjøring av målestedet**

Vegoverflaten må være fri for løse partikler, og skal dusjes med rent vann. Overflaten behøver ikke nødvendigvis å være horisontal. Betingelsen er at instrumentet kan justeres i vannrett stilling ved å bruke justerskruene på instrumentets fot.



Figur 15.4282-2 Gummisleide (maks. tillatt slitasje av berøringskantene angitt)



Klargjøring av instrumentet

Instrumentet skal vares ved hjelp av justerskruene og libellen.

Nullstilling

Hev pendelmekanismen ved å løsne låseskruen på baksiden, og dreii på et av de to høyderattene midt på instrumentet til pendelen kan svinge fritt uten at sleiden berører overflaten. Fest låseskruen godt.

Sving pendelarmen til opphengt posisjon, samtidig som viseren dreies helt tilbake parallelt med pendelarmen.

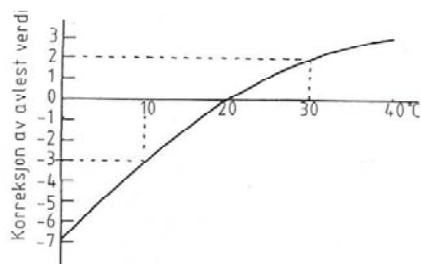
Frigjør pendelen med utløserknappen og foreta avlesning. Hvis avlesningen ikke er lik null, løsne låseringen og drei friksjonsringen som sitter innenfor denne, svakt mot høyre/venstre, lås igjen og repeter nullprøvingen. Gjenta til avlesningen blir null.

Innstilling av berøringslengden

Når pendelen henger fritt, skal løftearmen for sleiden festes i øvre stilling med den medfølgende stoppepinen. Senk pendelen til kanten av sleiden akkurat berører overflaten. Lås pendelmekanismen i denne høyden og frigjør løftearmen for sleiden.

Hev sleiden med løftearmen, sving pendelen over til høyre, senk sleiden igjen, la pendelen bevege seg sakte mot venstre til kanten av sleiden berører overflaten.

Plasser malen, hvor berøringslengden er avmerket, ved siden av sleiden og parallelt med bevegelsesretningen for pendelen. Kanten av sleiden som berører overflaten skal falle sammen med det høyre merket på malen.



Figur 15.4282-3 Korreksjon for variabel temperatur

Sleiden heves med løftearmen, og pendelen svinges over til venstre. Sleiden senkes, og kanten av sleiden skal berøre overflaten ved det venstre merket på malen. Juster høyden av pendelmekanismen til riktig berøringslengde, 124 - 127 mm, oppnås. Sving pendelen til opphengt stilling. Sleiden skal være hevet ved denne operasjonen for å unngå unødig slitasje. Husk også å føre viseren helt tilbake.

Måling

Vann målestedet slik at overflaten er helt dekket. Frigjør pendelen, men foreta ikke avlesning.

Foreta fire svingeoperasjoner med pendelen mens overflaten fuktes mellom hver gang. Avles resultatet for hver måling. Kontroller berøringslengden til slutt.

Resultater

Resultatrapporten skal minst inneholde:

- alle nødvendige opplysninger om type, alder og overflatestruktur på vegdekket
- målestedets beliggenhet på veggen, i lengde- og tverretning
- gummisleidens type og alder
- hver enkeltverdi som leses av, samt overflatens temperatur. Resultatene korrigeres for avvik fra 20 °C i henhold til figur 15.4282-3

Målenøyaktighet

Målenøyaktigheten σ , ved gjentatte enkeltmålinger er 1,0 enheter på skalaen.

For at målefeilen skal kunne holdes innen $\pm 1,0$ enheter, må minst 4 enkeltmålinger foretas. Dette kan beregnes slik:

$$\text{Målefeilen} = t \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

hvor:

σ = standardavvik

t = 2,0 forutsatt 95 % konfidensnivå

n = antall enkeltmålinger

Kalibrering, se ASTM E303-93, Annex

5. Intern rapport nr 2248:**”Kontroll og dokumentasjon av reseptbaserte asfaltkontrakter”****Sammendrag**

Systemet som er beskrevet her er en tilpasning til bruk på landsbasis av systemet for oppfølging av reseptorienterte asfaltkontrakter som Akershus har utviklet og tatt i bruk for sesongen 2001. Systemet skiller seg hovedsaklig fra det tidligere systemet beskrevet i Intern rapport 1741 fra Vegteknisk avdeling på følgende punkter:

- Entreprenøren har fått større ansvar for å dokumentere utført kvalitet
- Entreprenøren har fått større frihet til å tilpasse driftskontrollen og dokumentasjonen sin til de mulighetene verket og kontrollsystemet gir
- Byggherrekontrollen har gått over til rettet prøvetaking og krav til verdier i punkt i stedet for gjennomsnittsbetraktninger for lengre strekninger basert på prøver uttatt med faste intervaller
- Byggherrekontrollen forutsetter ikke at det er en asfaltkontrollør tilstede kontinuerlig i forbindelse med dekkejobber
- Byggherren stiller krav til initialspor og -jevnhet

Det som gjelder friksjon:

Kontroll ferdig dekke*Friksjon*

Dersom entreprenøren eller byggherren har mistanke om at dekket er for glatt skal det måles friksjon. Dekket anses som nylagt fram til første piggdekk sesong. Friksjonen måles som μ_{maks} målt med Roar eller Oscar friksjonsmålere, målehastighet 60 km/t og våt vegbane.

6. Håndbok 111: Utdrag fra både Retningslinjer og Temahefte.**6.1 Friksjon på vegdekker****a. Retningslinjer** (mai 2003)**VEGDEKKER****FASTE DEKKER****Hovedprosess 6**

Vegdekket skal tjene som et egnet underlag for trafikken samt beskytte vegkonstruksjonen mot nedbrytning.

Vegdekket skal gi trafikantene et underlag som gir komfortabel kjøring med et veggrep som sikrer framkommelighet og trafikksikkerhet. Vegdekket skal sørge for nødvendig avrenning av vann fra kjørebaneområdet.

Vegdekket skal beskytte vegkonstruksjonen mot nedbrytning gjennom å hindre nedtrengning av vann i vegoverbygningen, redusere dynamiske belastninger fra kjøretøy samt bidra til å redusere påkjenningen på bærelaget for å sikre planlagt levetid for vegdekket og resten av vegkonstruksjonen.

Standarden for faste dekker beskrives på vegnettnivå ved mål for spordybde og jevnhet, og på parsellnivå ved krav til spordybde, jevnhet, friksjon, sprekker, tverrfall, hull og nivåforskjeller.

Vegnettnivå

Spordybde og jevnhet: Mål for 90 % - nivå for vegnettet inndelt i ÅDT-klasser og i stamveger og øvrige riksveger er gitt i tabellen nedenfor.

ÅDT	Spordybde (mm)		Jevnhet (IRI)	
	90 % - nivå		90 % - nivå	
	Stamveg	Øvrig riksveg	Stamveg	Øvrig riksveg
0 - 300	17,5	18,5	3,5	6,0
301-1500		18,0		5,0
1501-5000	17,0	17,5	3,0	4,0
> 5000	16,5	17,0	2,5	3,0

Angitte verdier for spordybde og jevnhet gjelder tilstanden om høsten etter avsluttet dekkelegging. Målene skal oppfylles innenfor hver av de klassene tabellen angir.

Parsellnivå

Spordybde og jevnhet: Ingen definert ensartet parsell skal ha verdier dårligere enn det som er gitt i tabellen nedenfor på mer enn 10 % av parsellen målt om høsten etter avsluttet dekkelegging.

ÅDT	Spordybde (mm)		Jevnhet (IRI)	
	90 % - nivå		90 % - nivå	
	Stamveg	Øvrig riksveg	Stamveg	Øvrig riksveg
0 - 300	25	25	5	7
301-1500		25		6
1501-5000	25	25	4,5	5,1
> 5000	25	25	4,0	4,6

Merknad: "Ensartet parsell" er definert av vegholder i PMSsystemet.

Merknad: Retningslinjer for måling av spordybde og jevnhet er gitt i kvalitetshåndboka for målesystemet Alfred.

Friksjon skal måles på vått dekke. Det skal tilstrebes ensartede friksjonsforhold. Friksjonskoeffisienten, målt ved 60 km/t, skal ikke ligge under 0,40.

Sprekker som er over 20 mm brede, må forsegles. Sprekker som er mer enn 4 meter lange og over 10 mm brede, må forsegles.

Tverrfall. Det skal være tilstrekkelig tverrfall til bortledning av vann. Riktig tverrfall skal ellers søkes ivaretatt i forbindelse med dekkevedlikeholdstiltak utløst av andre tilstandsparametre.

Hull i kjørebane eller skulder som kan representere en fare for trafikanter og kjøretøy, skal repareres omgående. Hull som ikke er direkte trafikkfarlige, skal repareres senest i løpet av:

Kjørebane	ÅDT < 1500	1 uke
	ÅDT > 1500	3 dager
Skulder		1 uke

Langsgående kanter i kjørebane skal ikke være høyere enn 10mm. Langsgående kanter som ikke representerer fare for trafikanter skal utbedres innen:

- 1 uke for ÅDT > 1500
- 2 uker for ÅDT < 1500

Kanter som kan representere en fare for trafikanter skal utbedres omgående. Dersom dette ikke er mulig skal det skiltes omgående. Kanter over 15 mm vurderes generelt som trafikkfarlig og skal skiltes inntil tiltak er utført. Ved vurdering av trafikkfare skal det i tillegg til kanthøyde legges vekt på kantens form, plassering i kjørebane og trafikantenes mulighet til å oppdage faren. Vegens fartsnivå, trafikkmengde, veggeometri, generell dekketilstand o.l. må også tillegges vekt.

Nivåforskjell i kjørebanelen, i lengde- og tverretning, skal over 2 meter lengde (målt med rettholt) ikke overstige verdiene gitt i tabellen nedenfor.

Tillatt nivåforskjell i mm over 2 meter lengde		Tidsperiode	
		1.6. - 1.10	1.10 - 1.6
Stamveg	Lengderetning	25	40
	Tverretning	20	25
Øvrig riksveg	Lengderetning	35	50
	Tverretning	30	40

Nivåforskjell som omtalt i dette kravet, gjelder ikke nivåforskjeller som skyldes spordannelse i vegdekket.

Avretting av telehiv: Telehiv som kan medføre trafikkfare, skal sikres straks og utbedres innen 1 dag. Etter vinteren skal området settes i stand igjen. Telehiv som ikke direkte er trafikkfarlige skal utbedres i løpet av:

ÅDT < 1500	1 uke
ÅDT > 1500	3 dager

Skuldre: Skuldrene skal oppjusteres når høydeforskjellen mellom vegdekke og skulder er mer enn 3 cm.

- *Temahefte* (nov 2003)

Standardkrav

Utløsende tilstand

VINTERVEG:

Det skal strøs dersom friksjonsforholdene hindrer normalt vinterutrustede kjøretøy å komme opp bakker etc. Tiltak iverksettes og fullføres i henhold til tabellen nedenfor:

Vegkategori	ÅDT	Punktstrøing		Helstrøing	
		Start ved	Fullføres	Start ved	Fullføres
Stamveger		$\mu < 0,30$	1,0t	$\mu < 0,20$	2,0t
Øvrige veger	Over 1500	$\mu < 0,25$	1,0t	$\mu < 0,20$	2,0t
	501-1500	$\mu < 0,25$	2,0t	$\mu < 0,15$	3,0t
	0-500	$\mu < 0,20$	4,0t	$\mu < 0,15$	4,0t

μ er friksjonskoeffisienten før tiltak iverksettes.

Punktstrøing foretas i kurver, bakker, kryss og rettstrekninger med uoversiktlige avkjørsler.

I overgangsperioder kan det nyttes salt eller saltløsning.

6.2 Friksjon på vegmerker

Vegmerking og optisk ledning

Generelt

Innhold

Vegmerking og optisk ledning er delt inn i følgende tema:

Vegmerking og optisk ledning	140
Generelt	140
Vegoppmerking	142
Kantstolper og tunnelmarkering	150
Brøytstikk	154
Kilometerstolper	156

Innledning

Definisjoner

Vegmerkingens funksjonelle egenskaper angis ved:

Retrorefleksjonskoeffisient RL:	Mål på vegoppmerkingens synlighet i mørke.
Luminanskoeffisient Qd:	Måleverdi på vegoppmerkingens lyshet (synlighet) i overskyet (diffus) belysning eller i lys fra vegbelysning.
SRT-verdi:	Måleverdi for friksjon på vegoppmerking.
X og y koordinater:	Fargebestemmelser for gul og hvit vegmerking i CIE-fargesystemet.

Øvrige definisjoner:

Termoplast:	Plast som blir plastisk (formbar) når den varmes opp. Benyttes bl. annet til vegoppmerking.
Ekstrudert termoplast:	Termoplast oppvarmet til ca 200 °C og presset ut gjennom utleggersko i tykkelse 2 – 3 mm.
Sprayplast (sprayet termoplast):	Termoplast oppvarmet til ca 200 °C og sprayet i ca 0,8 – 1,5 mm tykkelse.
Vannbasert maling:	Vannbasert maling som ikke trenger oppvarming, sprayes ut i ca 0,4 mm tykkelse.

Håndbøker, rundskriv o.l.

Vegoppmerking. Tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming. Håndbok 049. Statens vegvesen.

Trafikkskilt. Tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming (skiltnormal). Del 2. Fareskilt. Markeringsskilt. Vikeplikt- og forkjørsskilt. Håndbok 050. Statens vegvesen Transport- og trafikksikkerhetsavdelingen.

Vegmerking og optisk ledning

Vegoppmerking

en strekning er det også krav om at ikke mer enn 25 meter vegoppmerking skal være sammenhengende helt bortslitt.

Årsaken til differensieringen mellom stamveger og øvrige riksveger er at andelen fjerntrafikk med ukjente trafikanter er større på stamvegene. Trafikanter som er ukjente på vegen vil ha et større behov enn lokalkjente for informasjonen som vegoppmerkingen gir.

For gjenværende vegoppmerking på vegbanen viser håndbok 111 hvilke funksjonskrav som skal gjelde i vegmerkematerialets levetid på veg. Grenseverdiene 1 – 4 i tabellen over fargekoordinater angir hjørnene i en firkant i "fargekartet". Verdiene for vegmerkematerialet må ligge innenfor denne firkanten for å være godkjent. For gule vegmerkematerialer er det av lystekniske årsaker satt lavere krav. Kravene gjelder tørr vegoppmerking.

Retrorefleksjonskoeffisient og luminansfaktor angir vegoppmerkingens synlighet i henholdsvis mørke og i dagslys og kan måles. Se nærmere forklaring under "Registrering av tilstand – Fastlegging av avvik", side 146. Kravene er forskjellige for hvit og gul maling og for hvit maling er det også angitt eget krav til synlighet i mørke på våt vegbane.

Midtlinjeoppmerking, ledelinjer, piler og gangfelt som ikke oppfyller kravene i vedlikeholdsstandarden, bør repareres tidligst mulig hver vår, og senest før fellesferien starter. Denne typen vegoppmerking har stor betydning for ledning, varsling og regulering av trafikken i sommerhalvåret når andelen ukjente trafikanter er stor.

Kantlinjer som ikke oppfyller kravene i vedlikeholdsstandarden bør repareres så tidlig som mulig på ettersommeren og senest innen utløpet av september. Denne typen vegoppmerking har stor betydning som optisk ledning i mørket, og det er derfor viktig å merke veger med dårlige kantstriper før høstmørket kommer for fullt.

Ved reparasjon av langsgående linjer må det tas hensyn til synlighet i mørket og på våt veg når lengden på reparasjonen vurderes. Nylagt vegoppmerking har vesentlig bedre synlighet under dårlige lysforhold enn gammel merking. Dette kan i kritiske situasjoner føre til at en bilfører ikke oppfatter den gamle merkingen der ny merking er avsluttet. Anbefalinger og krav om hvordan reparasjoner skal utføres, er gitt i håndbok 062, del 6: Vegoppmerking. I samme håndbok er det også gitt toleransekrav

Synlighet av vegoppmerkingen bør være like stor om vinteren når det er bar veg. Når det skal vurderes om en strekning skal repareres bør det derfor også tas hensyn til forventet slitasje kommende vinter. Strekninger som tilfredsstillt kravene i håndbok 111 om våren, men hvor tilstanden på vegoppmerkingen forventes å falle under kravene i løpet av neste vinter bør også repareres. Ved stor tilsmussing pga strøsand, salting og piggdekk-slitasje bør vegoppmerkingen feies eller vaskes for å gjenopprette tilstrekkelig synlighet.

KRAV TIL FRIKSJON

Vegoppmerking bør i prinsippet ikke ha dårligere friksjon enn selve vegdekket. Det er derfor stilt krav om friksjon på merkede flater. For fotgjengerfelt som dekker en forholdsvis stor del av vegoverflaten, er det

Vegmerking og optisk ledning

Vegoppmerking

strengere krav enn for langsgående linjer og mindre flater. Friksjonen på vegmerking måles etter en annen metode enn friksjonen på selve vegdekket og en SRT-verdi kan derfor ikke sammenlignes med friksjonskoeffisienter på vegdekket.

KRAV TIL VEGOPPMERKING ETTER DEKKEFORNYELSE

Ved dekkefornyelse stiller håndbok 111 frister for når vegoppmerking skal være utført. Dersom vegoppmerking etter dekkefornyelse ikke kan utføres innen tidsfristene, skal midlertidig merking foretas. Slik vegoppmerking kan utføres med midlertidige vegbanereflektorer, tape eller kraftig formerking. På veger hvor vegoppmerkingen er spesielt viktig bør midlertidig vegoppmerking utføres umiddelbart etter dekkefornyelse. Eksempel på slike veger er 3-feltsveger hvor det kan være tvil om retningen på midtfeltet, og spesielt vanskelige kryss.

På strekninger som skal dekkefornyes i løpet av sommeren, foretas vanligvis ikke reparasjon av vegoppmerkingen. Avhengig av kvaliteten på gjenværende merking, trafikkmengde og tid til dekkefornyelse, kan en forsterket formerking vurderes for å sikre akseptabel kvalitet fram til dekkefornyelsen skjer.

OPPMERKING MED VEGBANEREFLEKTORER

Permanente vegbanereflektorer benyttes i noen tilfeller på veger hvor det er spesielt viktig å oppnå god ledning. Permanente eller midlertidige vegbanereflektorer som er borte eller kommet ut av stilling, kan gi et misvisende bilde av vegoppmerkingen og feilene bør rettes opp omgående.

Oppmerking med midlertidige vegbanereflektorer gir svært god optisk ledning på nylagt asfalt.

Tiltak

Midlertidig oppmerking	77.41
Formerking	77.31, 77.41
Nymerking	77.32, 77.42, 77.43, 77.44, 77.45
Fjerning av gammel oppmerking	77.49
Rubbing - oppfrisking av funksjon	77.49
Reparasjon av oppmerking	77.32, 77.42, 77.43, 77.44, 77.45
Rengjøring før oppmerking	77.32, 77.42, 77.43, 77.44, 77.45
Festing/erstating av reflektorer	77.5

Hjelpemidler for planlegging

I registreringsprogrammet "Vegreg" kan oversikt over gjeldende vegoppmerking være registrert.

I bilderegistreringsprogrammet VIDCON er det foretatt fotografering for hver 20. m av vegen. Bildene er relatert til gjeldende kilometrering på det tidspunkt fotograferingen ble utført.

7. Håndbok 062: Material- og funksjonskrav til vegutstyr

Del 6 Vegoppmerking

6.2 Funksjonskrav

6.2.1 Generelt om utførelse

Utførelse av vegoppmerking må tilfredsstillende alminnelige estetiske krav som inkluderer:

1. god strekk i linjen
2. god treff av formerking
3. tilfredsstillende strekkkvalitet med hensyn på utseende (skarpe konturer/kanter)

Vegoppmerking må bare utføres når det kan oppnås tilstrekkelig vedheft, dvs. når vegbanen er ren og tørr. Vegoppmerkingsmaterialene skal håndteres i henhold til materialprodusentens retningslinjer. Drop-on glass på maskinlagte linjer skal være jevnt fordelt over linjens bredde. Ved reparasjonsarbeider skal vegoppmerkingen så godt det lar seg gjøre, treffe eventuelle rester av tidligere vegoppmerking der slik finnes, dersom ikke endringer er anvist i formerkingen.

6.2.2 Formerking

Formerking bør utføres i henhold til bestillers anvisninger.

6.2.3 Funksjonskrav til ulike parametre

6.2.3.1 Generelt

Funksjonskravene er spesifisert i NS-EN 1436 "Vegmerkingsmaterialer Funksjonskrav til vegmerking", og målinger av ulike funksjoner skal utføres i henhold til denne standarden. Det stilles funksjonskrav til følgende parametre under merkematerialets levetid på veg:

- Retrorefleksjon R_L
- Luminanskoeffisient Q_d
- Fargekoordinater X, Y
- Friksjon, SRT

De gitte funksjonskravene er minimumskrav.

BESTILLER kan sette høyere krav til funksjon ved å spesifisere en høyere klasse i et anbud. Høyere klasser er beskrevet i NS-EN 1436. NS-EN klasse er gitt i parentes.

6.2.3.2 Retrorefleksjonskoeffisient R_L

Retrorefleksjonskoeffisienten R_L er en måleverdi for synbarheten av vegoppmerkingen i mørke. Det er to sett med funksjonskrav, ett for plane linjer og ett for linjer som er spesifisert for å ha god synbarhet i våt tilstand (eks. profilerte linjer). For begge sett av krav er det angitt verdier for R_L i ny tilstand¹⁾ og gjennom linjens spesifiserte levetid.

Type	Hvit $\text{mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$	Gul $\text{mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$
R_L , Langsgående oppmerking	≥ 200 (R4)	≥ 150 (R3)
R_L , Tverrgående oppmerking	≥ 100 (R2)	≥ 80 (R1)

Figur 1: Minimumskrav til retrorefleksjon for plane linjer i ny tilstand¹⁾

Type	Hvit mcd m ⁻² lx ⁻¹	Gul mcd m ⁻² lx ⁻¹
R _L , Langsgående oppmerking	≥ 100 (R2)	≥ 80 (R1)
R _L , Tverrgående oppmerking	≥ 100 (R2)	≥ 80 (R1)

Figur 2: Minimumskrav til retrorefleksjon for plane linjer

Følgende krav gjelder for linjer som har våtfunksjon:

Type	Hvit mcd m ⁻² lx ⁻¹	Gul mcd m ⁻² lx ⁻¹
R _L , tørr	≥ 200 (R4)	≥ 150 (R3)
R _L , våt	≥ 35 (RW2)	

Figur 3: Minimumskrav til retrorefleksjon for linjer med våtfunksjon i ny tilstand¹⁾

Type	Hvit mcd m ⁻² lx ⁻¹	Gul mcd m ⁻² lx ⁻¹
R _L , tørr	≥ 100 (R2)	≥ 80 (R1)
R _L , våt	≥ 35 (RW2)	

Figur 4: Minimumskrav til retrorefleksjon for linjer med våtfunksjon

¹⁾ Med ny tilstand menes linjens funksjonsverdi i perioden fra 14 dager etter utlegging og ut den merkesesongen linjene ble lagt ut.

6.2.3.3 Luminanskoeffisient Qd

Verdien på luminanskoeffisient sier noe om vegoppmerkingens synbarhet i overskyet dagslys og i gatebelysning. Kravet gjelder ren og tørr vegoppmerking.

Farge	Minimum luminanskoeffisient Qd mcd m ⁻² lx ⁻¹
Hvit	Qd ≥ 130 (Q3)
Gul	Qd ≥ 100 (Q2)

Figur 5: Krav til luminanskoeffisient

6.2.3.4 Fargekoordinater

Grenseverdiene for materialets fargekoordinater er gitt av tabellen under. Kravet gjelder tørr vegoppmerking.

Farge		1	2	3	4
Hvit	x	0,355	0,305	0,285	0,335
	y	0,355	0,305	0,325	0,375
Gul (Y1)	x	0,443	0,545	0,465	0,389
	y	0,399	0,455	0,535	0,431

Figur 6: Krav til fargekoordinater

6.2.3.5 Friksjon

Gjennom måling av vegoppmerkingens SRT-verdi, bestemmes friksjonen. Målingene for ny tilstand skal utføres tidligst etter 14 dager.

Produkt	Krav til SRT (NS-EN klasse)
Langsgående vegoppmerking	$SRT \geq 45$ (S1)
Tverrgående vegoppmerking	$SRT \geq 55$ (S3)

Figur 7: Krav til friksjon

VEDLEGG V

VEILEDENDE SALTTEBELL I GRAM PER M ²									
	SALT LØSNING		SLURRY		BEFUKTET		TØRT SALT		
	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	
			TØRT	LØSN.	TØRT	LØSN.			
	0 - ÷5 ÷5 - ÷10 0 - ÷5 ÷5 - ÷10 0 - ÷5 ÷5 - ÷10 0 - ÷5 ÷5 - ÷10								
Tørr veg	10	15	3+2	4+3	4+2	8+3	IKKE AKTUELT		
Fuktig	15	20	4+3	5+3	8+3	9+4	IKKE AKTUELT		
Våt	IKKE AKTUELT								
Rimfrost	15	20	4+3	6+3	8+3	11+5	IKKE AKTUELT		
Tynn is	30	40	7+4	9+6	14+6	18+8	IKKE AKTUELT		
Tykk is	IKKE AKTUELT								
Før nedbør	IKKE AKTUELT		7+4	9+6	14+6	18+8	IKKE AKTUELT		
Underkjølt regn	IKKE AKTUELT		IKKE AKTUELT		21+9	28+14	IKKE AKTUELT		
Snøvær	IKKE AKTUELT		IKKE AKTUELT		20+0	25+0	20	25	

Tabellen er veiledende og angir hvor mye tørrsalt + løsning det skal innstilles på i gram / m²

Dersom det benyttes vanlig BEFUKTNINGSSPREDER INNSTILLES DENNE PÅ SUMMEN AV ANGITT SALTMEENGDE.

Referanser

- 1 Elvik, R., Mysen, A. & Vaa, T.: *Trafikksikkerhåndbok – oversikt over virkninger, kostnader og offentlige ansvarsforhold for 124 trafikksikkerhetstiltak*. 3. utg. Transportøkonomisk institutt, Norsk senter for samferdselsforskning, Oslo. 1997.
- 2 Bakløkk, L.: *Piggdekkslitasje på vegnettet – utviklingstrekk*. SINTEF Bygg og miljøteknikk, avd Vegteknikk. 1997.
- 3 Evensen, R.: *Vegslitasje – Piggdekkslitasje og/eller salting*. Notat fra Miljødagene '97 ved NTNU, Trondheim, 1997.
- 4 Dørum, S.: *Dekketyper og friksjonskrav*. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Oslo. 2001.
- 5 Nonstad, B.: *Opplæringsnotat friksjon*. Statens vegvesen Vegdirektoratet. Trondheim, 2001.
- 6 Skogheim, B.: *Friksjon – hvilken kunnskap har vi i dag, og hva gjør vi videre?* Vegdirektoratet, Trondheim. Foreløpig utgave 24.02, 2004.
- 7 Aldal, K., Pettersen, L. & Mathisen, O.: *Friksjon på bar veg*. Hovedoppgave, Anleggs- og byggelederskolen. 1999.
- 8 Moore, D. F.: *The friction of pneumatic tyres*. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, 1975.
- 9 Lysbakken, K. R. : *Vinterfriksjon – varmbefuktet sand*. Prosjektoppgave ved NTNU, institutt for veg- og jernbanebygging. Trondheim, 2001.
- 10 Hjorth-Hansen, Holand, Løseth & Norem: *Snow engineering*. Rotterdam, 2000.
- 11 Minsk, D. L.: *Snow and Ice Control Manual for Transportation Facilities*. New York, 1998.
- 12 Samtale med Larsen, Ø., Hansen, P. H. og Nonstad, B. den 27.05.2004.
- 13 Internett, 27.02.2004: <http://www.statoil.com/MAR/SVG01183.nsf/docs/lubsmotjmedeltekn-friktion>
- 14 Arnell, R. D., Davies, P. B., Halling, J. & Whomes T. L.: *Tribology, Principles and Design Application*. Macmillan education ltd, England, 1991.
- 15 Larsen, Ø.: *Friksjonsmålinger og bruk av måledataerfaringer med ROAR*. EEU-kurs vintervedlikehold av veger, NTNU. Trondheim, 1998.
- 16 Norsemeter: Diagram laget av Eirin Torgersen. 1997.
- 17 Dørum, S.: *Friksjon på bar veg. Vegdekkers friksjonsegenskaper*. Konferanse på Gardermoen, 2001.
- 18 Leland, T.: *Friksjon mellom et gummihjul og vegdekket*. Notat nr 977, Institutt for veg- og jernbanebygging, NTNU. Trondheim. 1996.
- 19 Sandvik, K.: *Friksjonsmålinger på E6 gjennom Sør-Trøndelag*. Trondheim, 2004.
- 20 Brosjyre fra Trippi ky: *Operating instructions. ELTRIP-45nkl, -45nk, -45n & -45nc*. 2001.
- 21 Wallman, C. og Åstrøm, H.: *Friction measurement methods and the correlation between roadfriction and traffic safety*. VTI meddelande 911A. Sverige, 2001.
- 22 Statens vegvesen og Norsemeter: *Friksjonsmålinger på vinterveger*. Sluttrapport, 1995.
- 23 Statens vegvesen Vegdirektoratet: *Vinterdrift: Brøyting*. Cd. Versjon 1.1/01.02. Oslo, 2001.

-
- 24 Statens vegvesen Vegdirektoratet: *OSCAR2 – Prinsippskjema for hovedhydraulikk*. Tegningsnummer 2000-104-10. 2000
- 25 Norsemeter AS: *Introduction to Friction Measurements using ROAR*. 1997.
- 26 Brosjyre fra Kongsberg Vertec: *FION – Friction Inspector of Norway*. 2004.
- 27 Ingulstad, A: *Friksjonsmåler for vinterdrift. FoU prosjekt nr 30745*. Statens vegvesen Vegdirektoratet, intern rapport nr 2188. Oslo. 2000.
- 28 Internett, 17.02.2004: <http://www.mectec.no/MecTecKofriks01-01.htm>
- 29 Lysbakken, K. R.: *Test av håndholdte friksjonsmålere: "Thor-Wiggo" og "PFT"*. 2002
- 30 Statens vegvesen Vegdirektoratet: *Feltundersøkelser*. Håndbok 015. Oslo, 1997.
- 31 Brosjyre fra ASFT Industries AB: *ASFT T2GO*. 2004.
- 32 Foto tatt av Bård Nonstad
- 33 Dreiem, T.: *Driftsstabilitet og målbarhet ved vegbanesensor*. Hovedoppgave ved Høgskolen i Narvik. 2003.
- 34 Foto av Trond Dreiem, 2003.
- 35 Brosjyre fra ASFT: *Surface friction tester. SAAB 9.5 wagon*.
- 36 Brosjyre fra ASFT: *Surface friction tester. T-10 Trailer system*.
- 37 Brosjyre fra SARSYS: *SARSYS Trailer friction tester (STFT)*. 2004.
- 38 Internett 25.08.04: http://www.innopave.com/en/pavement_fms.asp#airport . Brosjyre fra Innopave.
- 39 Brosjyre fra Norsemeter AS: *RUNAR's Technological Advantages. RUNAR software options*.
- 40 Internett 17.06.04: <http://www.patriavammas.se/friktionsmatare/BV11.html> . Brosjyre fra Patria Vammas.
- 41 Brosjyre fra Findlay Irvine: *GripTester. Surface Friction Tester*. 1994.
- 42 Larsen, Ø.: *Krav til friksjon på nylagte asfaltdekker*. Notat, Statens vegvesen Sør-Trøndelag. Trondheim, 1998.
- 43 Statens vegvesen intranett: http://webhotell.vegvesen.no/voffweb/Asfaltkontrakter/atilbud_2004_E1.doc. 26/05-2004.
- 44 Statens vegvesen Vegdirektoratet: *Vegbygging*. Håndbok 018. Trondheim, 2004.
- 45 Statens vegvesen Vegdirektoratet: *Kontroll og dokumentasjon av reseptorienterte asfaltkontrakter*. Internrapport nr 2248, Vegteknisk avdeling. Oslo. 2001.
- 46 Statens vegvesen Vegdirketoratet: *Material- og funksjonskrav til vegutstyr*. Håndbok 062. Høringsutkast. Oslo. 2003.
- 47 Statens vegvesen Vegdirektoratet: *Standard for vedlikehold og drift*. Håndbok 111. Oslo, 2003.
- 48 Statens vegvesen Vegdirektoratet: *Standard for vedlikehold og drift*. Temahefte til håndbok 111. Oslo, 2003.
- 49 Vaa, T.: *Uttesting av varmsandsmetoden Hotstone og Friction Maker vinteren 1998/99*. Statens vegvesen Vegdirektoratet, rapport nr 2105. 1999.

50 Statens vegvesen vegdirektoratet: *Kurs i vinterdrift*. 1.-5. september 2003.

51 Støtterud, R. & Reitan, K.: *Deicing of Roads in Norway with Brine*. Transportation Research Record, No. 1387. Snow Removal and Ice Control Technology. Minnesota, 1992.

52 Ofstad, B.O. har sendt figur som viser friksjon på trebru. Sendt 27.05.2004.

53 Samtale med Bård Nonstad, 31.01.2005.

54 Mathisen, O.: *Friksjonsutvikling over sommersesongen*. Rapport. Oslo. 2000

55 Dreiem, T.: *Måling av friksjon gjennom E6 Sør-Trøndelag*. Prosjektoppgave. Trondheim 2003.

56 Larsen, Ø.: *Praktisk bruk av friksjonsmålinger*. Notat. Trondheim. 1998.