

## Intern rapport nr. 2369

Vinterfriksjonsprosjektet –  
Studie på konsekvenser av  
endret piggdekkbruk,  
Norsk Trafikksenter 2003



November 2004



# Intern rapport nr. 2369

## Vinterfriksjonsprosjektet – Studie på konsekvenser av endret piggdekkbruk, Norsk Trafikksenter 2003

### Sammendrag

Målsettingen med Vinterfriksjonsprosjektet har vært å finne frem til hvilke friksjonstiltak og metoder som bør benyttes under gitte forhold (hensyn tatt til stedlige, trafikkmessige og klimatiske forhold).

Prosjektet omfatter alle former for friksjonsforbedrende tiltak, og målsettingen har vært å se ulike tiltak i sammenheng. Dvs at en behandler både salting, sanding og brøyting/høvling.

Friksjon er en nøkkelparameter i vurderinger om effekter av tiltak, og det er i den sammenheng viktig også å ha kunnskaper om andre ting som påvirker friksjonsforholdene.

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra et forsøk hvor det er sett på hvordan andelen piggdekk påvirker føreutviklingen både når det gjelder friksjon og sporslitasje. Bedre kjennskap til hvordan ulike dekk sammensetninger virker inn på føretilstanden er viktig blant annet for å vurdere behovet for strøtiltak på vegnettet og som informasjon til trafikantene.

Ut fra forsøkene som ble gjennomført på lukket bane er det tydelig at høy piggdekkandel vil kunne gi bedre friksjonsforhold enn lavere piggdekkandeler. Forsøksbetingelsene var imidlertid ikke ideelle med isdekke og lav temperatur. Trolig vil piggdekkandelen ha langt større betydning på snøføre enn isføre, samt ved høyere temperatur. Med utgangspunkt i de vær- og føreforholdene en hadde under forsøkene vil det derfor være aktuelt å supplere med ytterligere studier.

Emneord: *Vinterdrift, føreforhold, friksjon, piggdekkandeler*  
Seksjon: *Veg- og trafikkfaglig senter*  
Saksbehandler: *Roar Støtterud*  
Dato: *November 2004*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Teknologiavdelingen

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo  
Telefon: 22 07 35 00 Telefax: 22 07 32 65

 <p><b>SINTEF</b> Teknologi og samfunn Veg og samferdsel</p> <p>Postadresse: 7465 Trondheim Besøksadresse: Klæbuveien 153 Telefon: 73 59 46 60 Telefaks: 73 59 46 56</p> <p>Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA</p>		<b>SINTEF RAPPORT</b>	
		TITTEL	
		<b>Vinterfriksjonsprosjektet – Studie på konsekvenser av endret piggdekkbruk</b>	
		<b>Norsk Trafikksenter 17.-19. februar 2003</b>	
FORFATTER(E)		Torgeir Vaa, Terje Giæver	
OPPDRAGSGIVER(E)		Statens vegvesen Vegdirektoratet, Produksjonsteknisk kontor	
RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
STF22 F04323	Fortrolig	Roar Støtterud	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen		22J151.18	
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
RAPPORT_poleringsgrad_2003_rev20041125.doc		Torgeir Vaa	
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
22J151	2004-11-25	Lillian Fjerdingen, forskningssjef	
<p><b>SAMMENDRAG</b></p> <p>Målsettingen med Vinterfriksjonsprosjektet har vært å finne frem til hvilke friksjonstiltak og metoder som bør benyttes under gitte forhold (hensyn tatt til stedlige, trafikkmessige og klimatiske forhold).</p> <p>Prosjektet omfatter alle former for friksjonsforbedrende tiltak, og målsettingen har vært å se ulike tiltak i sammenheng. Dvs at en behandler både salting, sanding og brøyting/høvling.</p> <p>Friksjon er en nøkkelparameter i vurderinger om effekter av tiltak, og det er i den sammenheng viktig også å ha kunnskaper om andre ting som påvirker friksjonsforholdene.</p> <p>Denne rapporten oppsummerer resultatene fra et forsøk hvor det er sett på hvordan andelen piggdekk påvirker føreutviklingen både når det gjelder friksjon og sporslitasje. Bedre kjennskap til hvordan ulike dekk sammensetninger virker inn på føretilstanden er viktig blant annet for å vurdere behovet for strøtiltak på vegnettet og som informasjon til trafikantene.</p> <p>Ut fra forsøkene som ble gjennomført på lukket bane er det tydelig at høy piggdekkandel vil kunne gi bedre friksjonsforhold enn lavere piggdekkandeler. Forsøksbetingelsene var imidlertid ikke ideelle med isdekke og lav temperatur. Trolig vil piggdekkandelen ha langt større betydning på snøføre enn isføre, samt ved høyere temperatur. Med utgangspunkt i de vær- og føreforholdene en hadde under forsøkene vil det derfor være aktuelt å supplere med ytterligere studier.</p>			
STIKKORD	NORSK	ENGELSK	
GRUPPE 1	Veg og samferdsel	Road and Transport	
GRUPPE 2	Trafikk	Traffic	
EGENVALGTE	Føreforhold	Road Conditions	
	Friksjon	Friction	
	Piggdekk	Studded Tyres	

# Innhold

## SAMMENDRAG

## SUMMARY

<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>9</b>
1.1 BAKGRUNN.....	9
1.2 FORSTUDIE .....	9
1.3 MÅLSETTING OG PROSJEKTINNHOLD .....	9
<b>2. FORSØKSOPPLEGG .....</b>	<b>11</b>
2.1 FORSØKSOMRÅDE OG BANEINDELING .....	11
2.2 INDELING AV ØKTER.....	12
2.3 PREPARERING AV BANER OG TRAFIKKPÅVIRKNING.....	13
2.4 MÅLEPARAMETRE .....	21
2.5 MÅLING AV FRIKSJON.....	21
2.6 MÅLING AV SPORSLITASJE.....	23
<b>3. RESULTATER.....</b>	<b>24</b>
3.1 INNLEDNING .....	24
3.2 FRIKSJON.....	24
3.3 SPORDYBDE.....	27
<b>4. OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER.....</b>	<b>30</b>

## VEDLEGG: TEMPERATUR OG RELATIV LUFTFUKTIGHET

## SAMMENDRAG

Denne rapporten inneholder resultater fra en undersøkelse omkring piggdekkandelens betydning for føreutviklingen. Målsettingen med prosjektet er å skaffe frem et grunnlag slik at en på sikt kan utvikle modeller over sammenhenger mellom piggdekkandeler, trafikkbelastning og føreutvikling både i form av friksjon og spordybde.

Hovedhensikten med prosjektet har vært å gjennomføre en studie for å øke kunnskapene om piggdekkenes betydning for føreutviklingen. Bedre kjennskap til hvordan ulike dekk sammensetninger virker inn på føretilstanden er viktig blant annet for å vurdere behovet for strøtiltak på vegnettet og som informasjon til trafikantene.

Prosjektet er en del av Vinterfriksjonsprosjektet som har som målsetting å finne frem til hvilke friksjonstiltak og metoder som bør benyttes under gitte forhold, hensyn tatt til stedlige, trafikkmessige og klimatiske forhold.

De praktiske forsøkene ble gjennomført 17.-19. februar 2003 på baneanlegget til Norsk Trafikksenter i Våler kommune. Både Kjøregården og Ringbanen ble benyttet. Prosjektet er en oppfølging av en forstudie som ble gjennomført på Halsjøen i Våler kommune 12.-14. mars 2002.

I utgangspunktet ønsket man å gjennomføre forsøkene på nysnø, for å se nærmere på hvordan føreforholdene utvikler seg når trafikken bearbeider snødekket. Dessverre fikk en ikke slike forhold. Hele baneanlegget hadde isdekke. Det ble kun foretatt preparering av banene foran den andre registreringsdagen. I Kjøregården ble banene høvlet og kostet, mens på Ringbanen ble det høvlet og vannet slik at løs is festet seg til vegoverflaten.

I løpet av de tre dagene forsøkene pågikk lå overflatetemperaturen i vegdekket stort sett i området 2-10 minusgrader, slik at føreforholdene kan karakteriseres som hard og tørr is. Den første registreringsdagen var den kaldeste. Maksimal overflatetemperatur i vegdekket var da  $-5^{\circ}\text{C}$ . Maksimal overflatetemperatur de to neste dagene var  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Baneanlegget ble delt inn i flere baner hvor det ble kjørt med ulike piggdekkandeler. Mellom 20 og 30 kjøretøyer med og uten piggdekk deltok i forsøkene. Hvert enkelt kjøretøy kjørte i de ulike banene etter et forhåndsdefinert mønster. På denne måten ble piggdekkandelen i de ulike banene 20, 40, 60 og 80%. Det ble jevnlig foretatt målinger av friksjon og spordybde i banene slik at en fikk dokumentert utviklingen av føreforholdene.

Etter den **første registreringsdagen** kunne en ikke påvise at piggdekkandelen hadde noe særlig innvirkning på friksjonsforholdene. Totalt ble det kjørt ca 1500 kjøretøyer i hver av banene i Kjøregården i løpet av denne dagen, men dette var tydelig ikke nok til å påvirke føreforholdene i nevneverdig grad. Friksjonsutviklingen med lavere friksjon midt på dagen sammenlignet med morgen og ettermiddag antas å ha sammenheng med temperaturforholdene.

Spordybde målingene viste en maksimal økning i spordybde i løpet av dagen på 2 mm. Det var imidlertid ikke mulig å se noen sammenheng mellom sporslitasje og piggdekkandeler.

**Den andre og tredje registreringsdagen** ble det gjort forsøk i både Kjøregården og på Ringbanen. Nå kunne en imidlertid påvise at piggdekkandelen påvirket friksjonsforholdene.

I Kjøregården ble det påvist en endring etter at 1000 kjøretøy hadde passert i hver av banene. Ved avslutning av forsøkene hadde 1500 kjøretøy passert. Endring i friksjonskoeffisient fra start til slutt var følgende:

- 80% pigg -13%
- 60% pigg -33%
- 40% pigg -41%
- 20% pigg -43%

80% piggdekkandel ga med andre ord vesentlig bedre friksjonsforhold enn ved lavere piggdekkandel. Uttrykt i friksjonskoeffisient gikk denne ned fra 0,24 til 0,21 der en hadde 80% piggdekkandel, mens den gikk ned til 0,15-0,16 der piggdekkandelen var 60% eller lavere.

På Ringbanen var friksjonskoeffisienten høyere enn i Kjøregården da forsøkene startet, ca 0,35 mot ca 0,25. Dette hadde sammenheng med ulik preparering av banene. Ved avslutning av forsøkene var imidlertid friksjonskoeffisientene nokså like både på Ringbanen og i Kjøregården. På Ringbanen var friksjonskoeffisienten 0,20 ved 80% piggdekk, mens den var 0,17-0,18 der piggdekkandelen var 60% eller lavere. Ved avslutning av forsøkene var de ulike banene på Ringbanen trafikkert av ca 2400 kjøretøy.

I Kjøregården fant vi en sammenheng mellom spordybde og piggdekkandel. Mens gjennomsnittlig spordybde var om lag uendret ved piggdekkandeler mellom 20 og 60 %, økte spordybden med 17% ved en piggdekkandel på 80%. På Ringbanen kunne vi ikke påvise noen sammenheng mellom spordybde og piggdekkandel.

Ut fra de gjennomførte forsøkene er det tydelig at høy piggdekkandel vil kunne gi bedre friksjonsforhold enn lavere piggdekkandeler.

På isdekke med lav temperatur (5-10 kuldegrader eller kaldere) synes det som om piggdekkandelen har liten betydning. Ved noe høyere temperatur (2-3 kuldegrader) blir friksjonsforholdene på isdekke bedre ved 80% piggdekkandel enn ved lavere piggdekkandeler.

Ved andre føreforhold som for eksempel snøføre opp mot 0 grader, antas det at en kan ha lavere piggdekkandel og likevel unngå polering i særlig grad. I løpet av de tre dagene forsøkene pågikk fikk vi imidlertid ikke slike føreforhold. Vi har derfor ikke kunnet verifisere dette, og det er derfor foreløpig ikke tilstrekkelig grunnlag for å modellere sammenhengen mellom temperatur, tilstanden på snø-/isdekket, piggdekkandel og poleringsgrad.

Med utgangspunkt i de vær- og føreforholdene en hadde under forsøkene vil det derfor være aktuelt å supplere med ytterligere studier.

## SUMMARY

This report contains results from a field test where effects of studded tyres on the state of snowy and icy roads have been studied. The objective of the project is to obtain a basis for future models where the connection between the portion of studded tyres, traffic volume and road conditions on snowy/icy roads can be described. Road conditions are expressed by friction and development of ruts.

The main goal of the project has been to accomplish a study to increase the knowledge of how the studded tyres influence the road conditions. Improved knowledge to how different tyre compositions influence road conditions is important to appraise the need for sand or salt on snowy/icy roads and as information to the road users.

The project is a part of "Vinterfriksjonsprosjektet" where the main objective is to find actions and methods which should be used at existing conditions, where locality, traffic and climate are taken into consideration.

The tests were carried out at the test field of Norsk Trafikksenter in Våler February 17-19 2003. The project was a follow-up study of a preliminary study at Halsjøen in Våler March 12-14 2002.

Ideally we wished to carry out the studies on fresh snow with intension to look at how snowy road conditions develop by influence of the road traffic. Unfortunately we did not get such conditions. The test field was all over covered of ice. The road surface was only prepared before the second test day. One part of the test field (Kjøregården) was treated with a road grader and then brushed. The other part of the test field (Ringbanen) was treated with a road grader too, but afterwards the road surface was sprinkled with water. Loose ice was then fastened to the road surface.

During the three test days the temperature on the road surface was between  $-2$  and  $-10^{\circ}$  Celcius. The ice on the road surface was both hard and dry. The first test day was coldest. This day the highest temperature on the road surface was  $-5^{\circ}$  Celsius. The next two days the highest temperature on the road surface was  $-2^{\circ}$  Celsius.

The test field was divided into various lanes where the traffic had different portions of studded tyres. Between 20 and 30 vehicles with and without studded tyres participated in the tests. Each vehicle drove in the different lanes after a predefined scheme. The portion of studded tyres in the different lanes was 20, 40, 60 and 80 %. Frequently the friction and development of ruts in each lane were measured.

After the **first test day** we could not prove that the portion of studded tyres had a significant effect on the friction conditions. Totally around 1500 vehicles drove in each lane at Kjøregården. The friction coefficient was lower around noon compared with morning and afternoon. We assume that this is connected with the temperature conditions.

The measurements of ruts showed an increase of 2 mm during the day. However we could not prove a connection between the development of ruts and the portion of studded tyres.

**The second and the third day** the tests were carried out both at Kjøregården and Ringbanen. We could now prove that the portion of studded tyres had an effect of the friction conditions.

At Kjøregården an effect of the friction conditions could be proved after 1000 vehicles in each lane. At the end of the test 1500 vehicles had driven in each lane. The change of the friction coefficients during the test were:

- lane with 80% studded tyres -13%
- lane with 60% studded tyres -33%
- lane with 40% studded tyres -41%
- lane with 20% studded tyres -43%

In the lane with 80% studded tyres the friction conditions were significant better than in the lanes with less portion of studded tyres. The friction coefficient was reduced from 0,24 to 0,21 in the lane with 80% studded tyres. The friction coefficient was reduced to 0,15-0,16 in the lanes with 60% or less portion of studded tyres.

When the tests started the friction coefficient at Ringbanen was higher than at Kjøregården, 0,35 versus 0,25. This was caused by different treatment of the road surface. However at the end of the tests the friction coefficients were fairly equal at both Ringbanen and Kjøregården. At Ringbanen the friction coefficient was 0,20 in the lane with 80% studded tyres. The friction coefficient was 0,17-0,18 in the other lanes with less portion of studded tyres. At the end of the tests around 2400 vehicles had driven in the different lanes at Ringbanen.

At Kjøregården we could prove a connection between the depth of ruts and the portion of studded tyres. While the depth of ruts were unchanged in the lanes where the portion of studded tyres were 60% or lower, the depth of ruts were increased by 17% in the lane with 80% studded tyres. At Ringbanen we could not prove any connection between the depth of ruts and the portion of studded tyres.

At some road and weather conditions the field tests show that a high portion of studded tyres contribute to better friction conditions than lower portions of studded tyres.

On icy surface and low temperature (-5 to -10 ° Celsius or colder) it seems that the portion of studded tyres has little effect on friction and development of ruts. At higher temperature (-2 to -3 ° Celsius) the friction conditions on ice is better when we have 80% studded tyres than lower portions of studded tyres.

At other road and weather conditions, i.e. snow around 0 ° Celsius, we can expect to avoid polishing of the road surface even by lower portions of studded tyres. During the three days the tests were carried out we did not get such road and weather conditions. So far we have not sufficient documentation to model the connection between temperature, the conditions of the road surface (snow or ice), the portion of studded tyres and friction conditions.

Based on the road and weather conditions we had during the field test it is desirable to do supplementary studies.



## 1. Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Som en følge av det er fokusert på helseskadene av piggdekkstøv, er det innført piggdekkavgifter både i Oslo og Trondheim. Etter 2 sesonger med avgift opphørte ordningen i Oslo fra og med høsten 2001 siden målsettingen om en piggdekkandel på 20 % var oppnådd, mens sesongen 2001/2002 var første vinteren med piggdekkavgift i Trondheim.

Piggdekkandelen som er satt som mål for reduksjonen av piggdekkbruken er fastlagt ut fra en antagelse om at 20 % piggdekk er tilstrekkelig for å ruge opp snø-/isdekket slik at friksjonsegenskapene opprettholdes. Dette er imidlertid ikke dokumentert gjennom studier av hva som faktisk skjer ved ulike piggdekkandeler.

Modellberegninger som er gjort tyder på at en reduksjon i piggdekkbruken ikke vil få dramatiske konsekvenser i form av økte ulykker eller vesentlig reduksjon i framkommeligheten dersom det holdes en god vinterstandard. Det er imidlertid en del usikkerhet rundt beregningsforutsetningene blant annet når det gjelder hvordan føret blir påvirket ved endringer i piggdekkandelen. Siden piggdekkandelen også inngår i beregningsmodeller som benyttes til å beregne optimal vinterstandard, er det viktig å få fram sikrere sammenhenger mellom piggdekkbruk, føretilstand og behov for tiltak.

### 1.2 Forstudie

Sesongen 2002/2003 ble det gjennomført en forstudie over 3 dager (12. – 14. mars 2002) på preparerte baner på et islagt vann hvor det ble kjørt med ulike piggdekkandeler på forskjellige baner. Effekten ble i hovedsak studert ved måling av friksjons- og sporutvikling.

Resultatene ga klare indikasjoner på at piggdekkandelen påvirker føreutviklingen både når det gjelder friksjon og sporslitasje. Det kan imidlertid se ut for at det er nødvendig med en høy piggdekkandel for at friksjonsforholdene skal påvirkes i noen vesentlig grad. Det er derfor grunn til å stille spørsmålsteget ved tidligere antagelser om at en piggdekkandel på 20 % er en nedre grense for hvor lav piggdekkandelen bør bli for å opprettholde veggrepet. Også når det gjelder sporutvikling tydet resultatene på at det er nødvendig med en høy piggdekkandel for å påvirke sporslitasjen.

Det er viktig å presisere at forstudien var en begrenset undersøkelse når det gjelder føreforhold. Blant annet manglet undersøkelser på pakket nysnø. Det er dessuten et spørsmål om hvor representative forholdene på en innsjø er for situasjonene som opptrer på veg. Et annet viktig moment er dessuten at den simulerte trafikken under forsøkene på Halsjøen bare besto av lette biler.

### 1.3 Målsetting og prosjektinnhold

Ut fra resultatene fra forstudien ble det anbefalt gjennomført en større undersøkelse på piggdekkandelens betydning for føreutviklingen. I tillegg til å få verifisert resultatene fra forstudien, vil det være ønskelig å legge opp fortsatte undersøkelser slik at en får tilstrekkelig grunnlag til å utvikle modeller over sammenhenger mellom piggdekkandeler, trafikkbelastning og føreutvikling både i form av friksjon og spordybde.

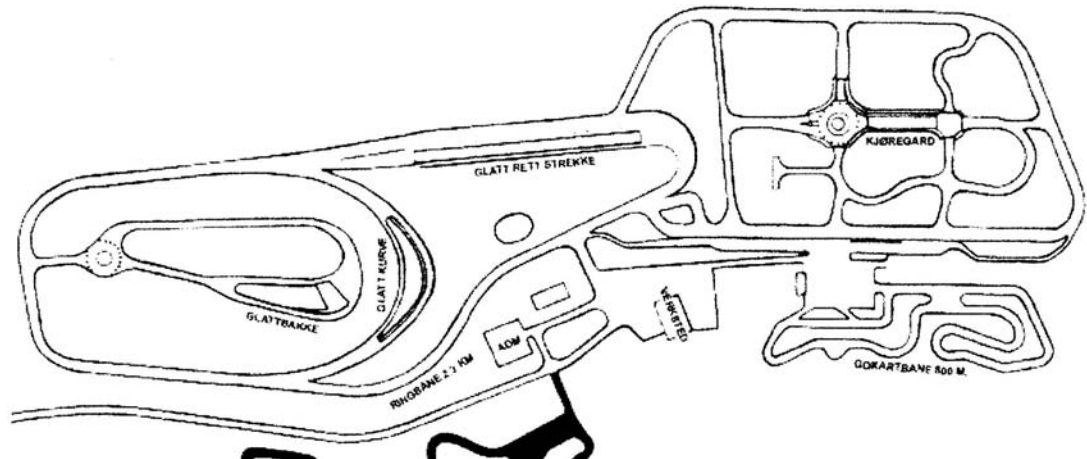
Hovedhensikten med dette prosjektet har vært å gjennomføre en ny studie for å få øke kunnskapene om piggdekkandelens betydning for føreutviklingen. Bedre kjennskap til hvordan ulike dekk sammensetninger virker inn på føretilstanden er viktig blant annet for å vurdere behovet for strøiltak på vegnettet og som informasjon til trafikantene. Som eksempel på slike sammenhenger kan det vises til at i forbindelse med innføring av piggdekkgebyr i Trondheim kommune (fra og med 1. november 2001) etablerte Trondheim Bydrift en noe strengere vedlikeholdsstandard. De største endringene ble knyttet til strøing ved å stille krav til mer sammenhengende strøing og mindre punktstrøing.

Den nye studien ble gjennomført 17. – 19. februar på baneanlegget til Norsk Trafikksenter i Våler kommune.

## 2. Forsøksopplegg

### 2.1 Forsøksområde og baneinndeling

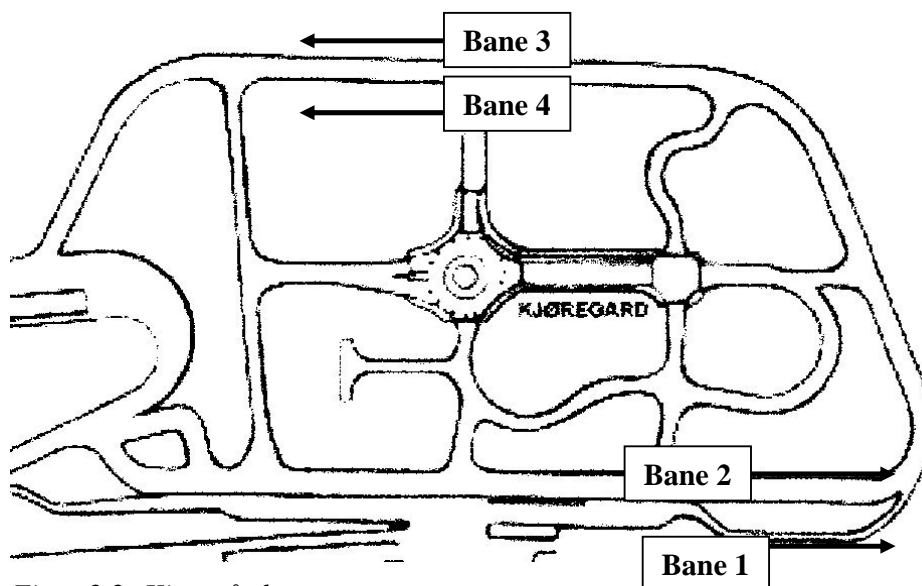
Testene sesongen 2002/2003 ble besluttet gjennomført på en lukket bane, og en valgte å benytte anlegget til Norsk Trafikksenter i Våler kommune, se Figur 2.1 som viser en skisse av anlegget.



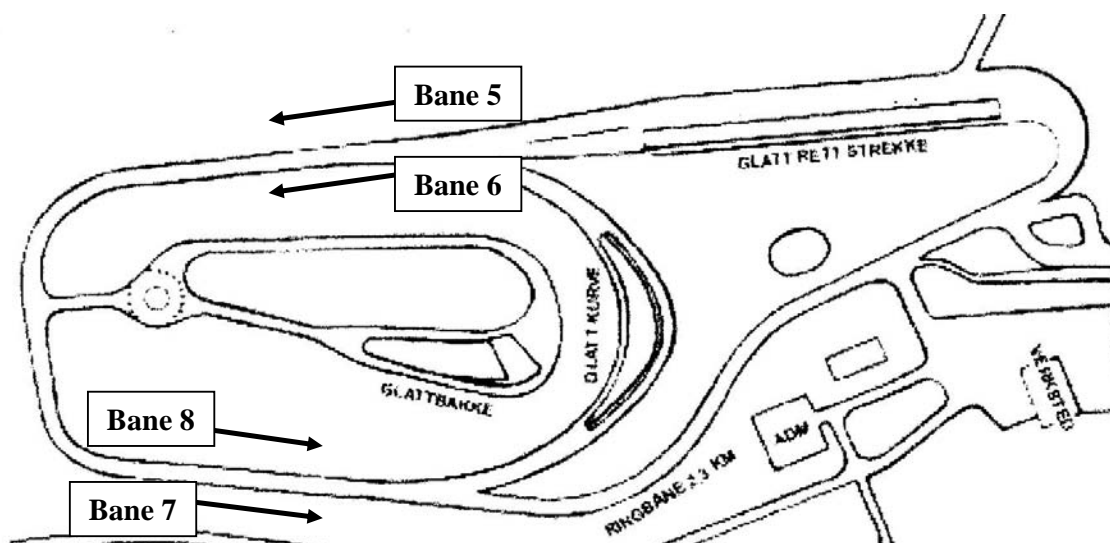
Figur 2.1: Norsk Trafikksenter i Våler Kommune. Skisse over baneanlegget

En viktig grunn for å flytte testene over på en lukket bane var både å kunne ha større kontroll på føreforholdene samt at en derved også kunne trafikere testbanen med tungtrafikk.

Første forsøksdagen ble bare Kjøregården benyttet. Baneinndeling framgår av Figur 2.2. Andre og tredje dagen stod hele anlegget til disposisjon, dvs både Kjøregården og Ringbanen. Baneinndelingen på Ringbanen framgår av Figur 2.3.



Figur 2.2: Kjøregården



Figur 2.3: Ringbanen

På alle delstrekningene ble det kjørt med parvise indre og ytre baner med piggdekkandeler som framgår av Tabell 2.1.

Tabell 2.1: Piggdekkandeler i ulike baner

Bane	Piggdekkandel	Start meter	Slutt meter	Lengde i meter
1	40 %	0	170	170
2	60 %	0	170	170
3	20 %	510	660	150
4	80 %	510	660	150
5	20 %	890	1130	240
6	80 %	890	1130	240
7	40 %	1580	1750	170
8	60 %	1580	1750	170
Skilt ved utkjøring			2070	

## 2.2 Inndeling av økter

For hver av registreringsdagene ble kjøringen på banene inndelt i økter. På den første og andre dagen var det 6 økter, mens på den tredje dagen var det 5 økter. Etter hver økt, samt før første økt, ble det kjørt friksjonsmålinger og spor-/jevnhetsmålinger.

Tabell 2.2: Tidspunkt for de enkelte øktene på registreringsdagene

Økt	Mandag 17. februar		Tirsdag 18. februar		Onsdag 19. februar	
	fra kl.	til kl.	fra kl.	til kl.	fra kl.	til kl.
1	11:45	12:15	09:20	09:50	09:00	10:00
2	12:55	13:25	10:15	10:50	10:25	11:05
3	13:45	14:30	11:10	12:10	11:30	12:00
4	14:55	15:35	12:45	13:35	12:50	13:25
5	16:00	16:40	14:10	15:05	13:45	14:50
6	17:05	18:35	15:30	17:25		

### 2.3 Preparering av baner og trafikpåvirkning

I utgangspunktet var det et ca 2 cm tykt islag med et tynt snølag på isen både i Kjøregården og på Ringbanen før forsøkene startet. Foran oppstart hver dag ble det tatt beslutning på om banene skulle prepareres eller ikke. Eventuell preparering besto i høvling, kosting og/eller vanning.



*Figur 2.4: Preparering av bane med høvel*



*Figur 2.5: Vegbane etter preparering med høvelskjær og kosting*



Figur 2.6: Ringbanen etter høvling og vanning, bane 6 (bane 5 til høyre)

I det etterfølgende er det beskrevet hvordan banene ble preparert på de enkelte dagene. I tillegg er det satt opp tabeller som viser akkumulert trafikk med tilhørende piggdekkandeler i de ulike banene. Målebilene (friksjon og spor/jevnhet) er ikke medregnet i de angitte tallene.

#### Dag 1 – 17. februar

Det ble kun kjørt i bane 1-4 i Kjøregården. På banene var det ca 2 cm tykt isdekke med et tynt snølag oppå (2-3 mm). Snølaget ble blåst bort ganske raskt etter at man begynte å trafikere banene.

Tabell 2.3 viser antall kjøretøy og piggdekkandeler på hver av banene første forsøksdagen.

Tabell 2.3: Antall kjøretøy og piggdekkandeler på bane 1-4, 17. februar 2003

Økt	Bane 1		Bane 2		Bane 3		Bane 4	
	Ant. kjørt	Piggandel	Ant. kjørt	Piggandel	Ant. kjørt	Piggandel	Ant. kjørt	Piggandel
1	103	39	101	55	106	15	98	82
1 og 2	266	39	261	55	273	18	254	79
1 til 3	514	39	509	58	522	19	501	80
1 til 4	762	39	757	59	770	19	749	80
1 til 5	1009	39	1005	60	1018	19	996	80
1 til 6	1525	40	1513	60	1524	20	1516	81

I 6. økt ble det kjørt med én lastebil med piggdekk. Totalt sett betyr dette en tungtrafikkandel på 1-2% sett over hele dagen. Før økt 6 utgjør tungtrafikkandelen 2-8% avhengig av hvilken bane en ser på.

#### Dag 2 – 18. februar

Det ble kjørt i bane 1-4 i Kjøregården og bane 5-8 på Ringbanen. Alle banene ble preparert før kjøringen startet.

Bane 1-4 ble først høvlet med skjær av type *System 2000*, og deretter med et glatt skjær. Løs is ble deretter børstet bort.

Bane 5-8 ble høvlet med skjær av type *System 2000*. Deretter ble banene vannet slik at løs is festet seg til overflaten.

Det ble kjørt med én lastebil med piggdekk og én lastebil med piggfrie dekk over hele dagen. Tungtrafikkandelen på alle banene ble dermed ca 8%.

Tabell 2.4 viser antall kjøretøy og piggdekkandeler på hver av banene den andre forsøksdagen.

*Tabell 2.4: Antall kjøretøy og piggdekkandeler på bane 1-8, 18. februar 2003*

Økt	Bane 1/7		Bane 2/8		Bane 3/5		Bane 4/6	
	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel
1	86	36	90	60	84	24	92	72
1 og 2	222	40	229	66	219	23	233	81
1 til 3	458	42	468	63	451	23	476	81
1 til 4	683	43	699	63	668	23	715	81
1 til 5	930	43	946	61	915	23	962	80
1 til 6	1362	43	1379	61	1339	22	1402	81

#### Dag 3 – 19. februar

Det ble ikke foretatt noen preparering av banene før kjøringen startet.

Bane 1-4 ble kun trafikkert i én økt. Bane 5-8 ble trafikkert i 5 økter. Årsaken til dette var at føreforholdene ble vurdert som nokså like både i Kjøregården og på Ringbanen.

I Tabell 2.5 og Tabell 2.6 er det vist trafikkmengder og piggdekkandeler på henholdsvis banene i Kjøregården og på Ringbanen. Siden ikke banene ble preparert denne dagen har vi i tabellene akkumulert trafikken fra foregående dag.

Det ble kjørt med én lastebil med piggdekk og én lastebil med piggfrie dekk over hele dagen. Tungtrafikkandelen på alle banene ble dermed ca 11%.

Tabell 2.5: Antall kjøretøy og piggdekkandeler på bane 1-4, 19. februar 2003. Trafikkmengder fra 18. februar er inkludert.

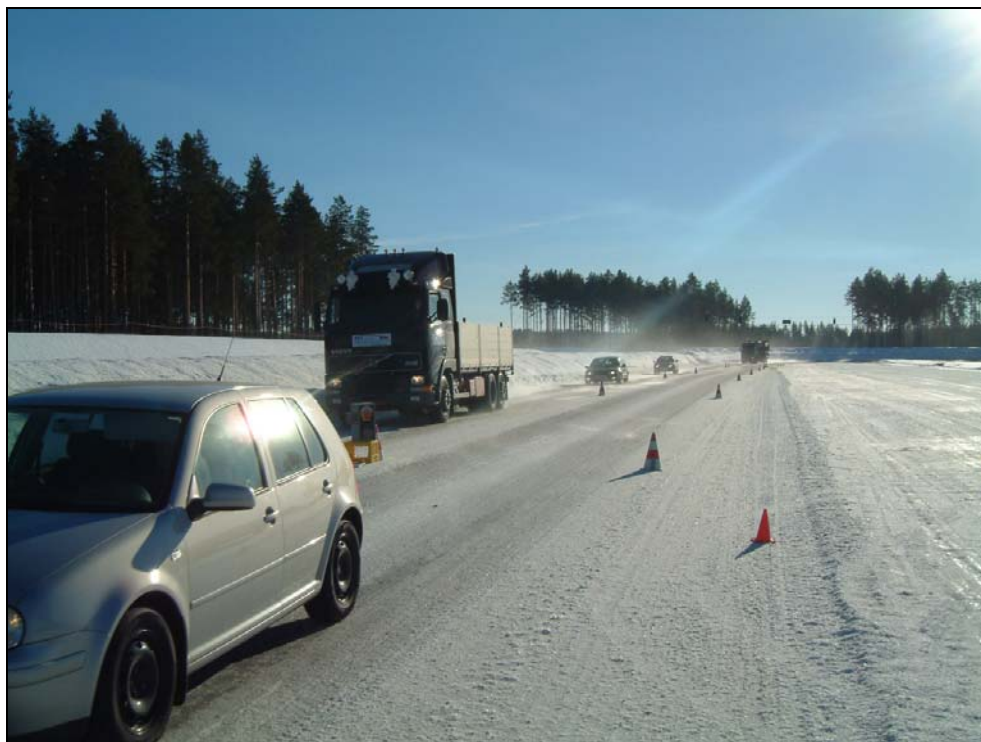
Økt	Bane 1		Bane 2		Bane 3		Bane 4	
	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel
1	1533	43	1550	61	1510	22	1576	81

Tabell 2.6: Antall kjøretøy og piggdekkandeler på bane 5-8, 19. februar 2003. Trafikkmengder fra 18. februar er inkludert.

Økt	Bane 7		Bane 8		Bane 5		Bane 6	
	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel	Ant. kjt	Pigg-andel
1	1533	43	1550	61	1510	22	1576	81
1 og 2	1704	42	1721	61	1680	22	1744	81
1 til 3	1875	42	1892	61	1851	22	1915	81
1 til 4	2046	42	2063	60	2022	21	2086	80
1 til 5	2388	42	2405	60	2364	21	2428	81

Figur 2.7 og 2.8 viser situasjonsbilder fra kjøring på testbanene, og i figur 2.9-2.16 er gjengitt bilder fra hver av banene siste forsøksdagen.

Billedokumentasjonen illustrerer at en hadde realistiske forsøksbetingelser sett i forhold til veier som har et hardpakket snø- og isdekke.



Figur 2.7: Fra forsøkene (1)





Figur 2.8: Fra forsøkene (2)



Figur 2.9: Bane 1, 19. februar kl 16:43 (40% piggdekk)



*Figur 2.10: Bane 2, 19. februar kl 16:44 (60% piggedekk)*



*Figur 2.11: Bane 3, 19. februar kl 16:45 (20% piggedekk)*



*Figur 2.12: Bane 4, 19. februar kl 16:46 (80% piggdekk)*



*Figur 2.13: Bane 5, 19. februar kl 09:53 (20% piggdekk)*



*Figur 2.14: Bane 6, 19. februar kl 09:52 (80% piggdekk)*



*Figur 2.15: Bane 7, 19. februar kl 16:41 (40% piggdekk)*



Figur 2.16: Bane 8, 19. februar kl 16:40 (60% piggdekk)

Rent visuelt var det vanskelig å se forskjeller i føreutviklingen mellom de ulike banene, selv om for eksempel bane 4 på Kjøregården med 80% piggdekkandel (se figur 2.12) skilte seg ut med større slitasje enn de andre banene på Kjøregården.

#### 2.4 Måleparametre

Som måleparametre for å beskrive føreutviklingen ble det valgt å legge vekt på friksjon og sporslitasje. Det ble også vurdert mulighetene for å lage et mål på poleringsgraden, og det ble anskaffet et mikroskop for å registrere størrelsen på snø-/iskrystallene. Dette fikk en imidlertid ikke så mye ut av. Det viste seg også vanskelig å dokumentere poleringsgraden gjennom fotodokumentasjon som også ble forsøkt.

#### 2.5 Måling av friksjon

Følgende friksjonsmålebiler deltok i forsøket:

- Roar Mark I, Akershus
- Roar, Mark I, Buskerud
- Roar, Mark II, Sør-Trøndelag
- Oscar

Mens Roar Mark I bare kan benyttes for måling av variabel slip, kan Roar Mark II og Oscar i tillegg til variabel slip også brukes for måling av fast slip. Ved variabel slip skjer friksjonsmålingene ved at et eget målehjul bremses ned til full stopp. Dette gir målinger av hva som skjer under bremseforløpet i form av en bremsekurve, og det foretas beregning av friksjon flere ganger under nedbremsingen. Maksimalfriksjonen inntreffer vanligvis før hjulet er låst, men slippprosenten ved maksimalfriksjon vil variere avhengig av underlaget.

Ved fast slip målinger bremses målehjulet med en fast slipp prosent (bremsekraft) i forhold til underlaget. Slippprosenten kan variere med føretypen i området 15 – 30 prosent. Under målingene på Norsk Trafikksenter ble det benyttet en slipp prosent på 30.



*Figur 2.17: Måling av friksjon, Oscar*

Det ble også foretatt noen friksjonsmålinger med håndholdt friksjonsmåler av typen Wiggo-mat (ASFT T2 GO) på den siste forsøksdagen, se figur 2.18. Dette ble imidlertid gjort i nokså begrenset omfang. Meningen var å måle friksjon i rundkjøringen på baneanlegget, men som en kan se av figur 2.18 var det for mye løs snø i kryssområdet til å få frem poleringseffekter som en var ute etter. Denne delen av forsøket ble derfor avsluttet uten resultater som det ble funnet hensiktsmessig å presentere.



*Figur 2.18: Måling av friksjon, Wiggo-mat*

## 2.6 Måling av sporslitasje

Til måling av sporslitasje ble målebilen fra Aust-Agder med påmontert bjelke for måling av spor og jevnhet benyttet, se figur 2.19. Målebilen som ble benyttet for å følge sporutviklingen er den samme typen utstyr som brukes til å måle spor og jevnhet på vegdekker. Målesystemet som har betegnelsen AlfreD måler tverrprofilen ved hjelp av 17 ultralydsensorer montert med 25 cm innbyrdes avstand på to aluminiumsprofiler. Profilene er montert ved siden av hverandre forskjøvet med en halv sensoravstand, slik at måleren dekker 2.00 meter bredde med en sensoravstand på 12.5 cm.



*Figur 2.19: Spormålinger med laser*

Ultralydsensorenes målenøyaktighet er avhengig av overflatestrukturen på vegdekket, maksimal oppløsning er på ca 0.2 mm. Utstyret kan da måle spordybden i ett hjulspor av gangen, eventuelt bunnen av begge hjulspor sammen med ryggen mellom dem. Målingene på Norsk trafikksenter ble foretatt på den sistnevnte måten med målinger hver meter. Spordybden blir da den gjennomsnittlige avstanden mellom toppen av ryggen mellom hjulsporene og den rette linjen mellom bunnen av hvert spor over målestrekningen.

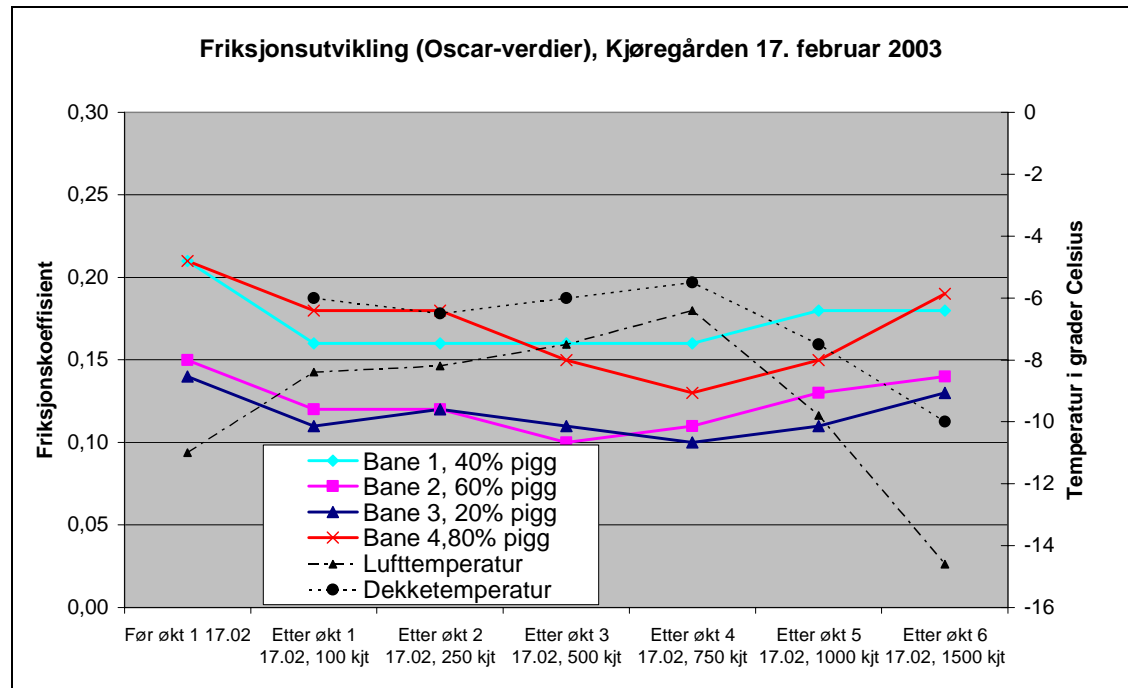
### 3. Resultater

#### 3.1 Innledning

I dette kapitlet er resultatene fra friksjonsmålingene og spormålingene gjengitt.

#### 3.2 Friksjon

I Figur 3.1-Figur 3.3 er friksjonsutviklingen på banene vist gjennom de 3 dagene forsøkene pågikk. Det er kun resultatene fra Oscar som er presentert.



Figur 3.1: Friksjonsutvikling i Kjøregården 17. februar

Den 17. februar, se Figur 3.1, ble det som tidligere nevnt kun kjørt forsøk i Kjøregården. Bane 1 og 4 (40 og 80% pigg) hadde i utgangspunktet de beste friksjonsforholdene før forsøkene startet. Friksjonsutviklingen er nokså lik i begge disse banene, og det kan ikke påvises at 80% pigg gir bedre friksjonsforhold enn 40% pigg.

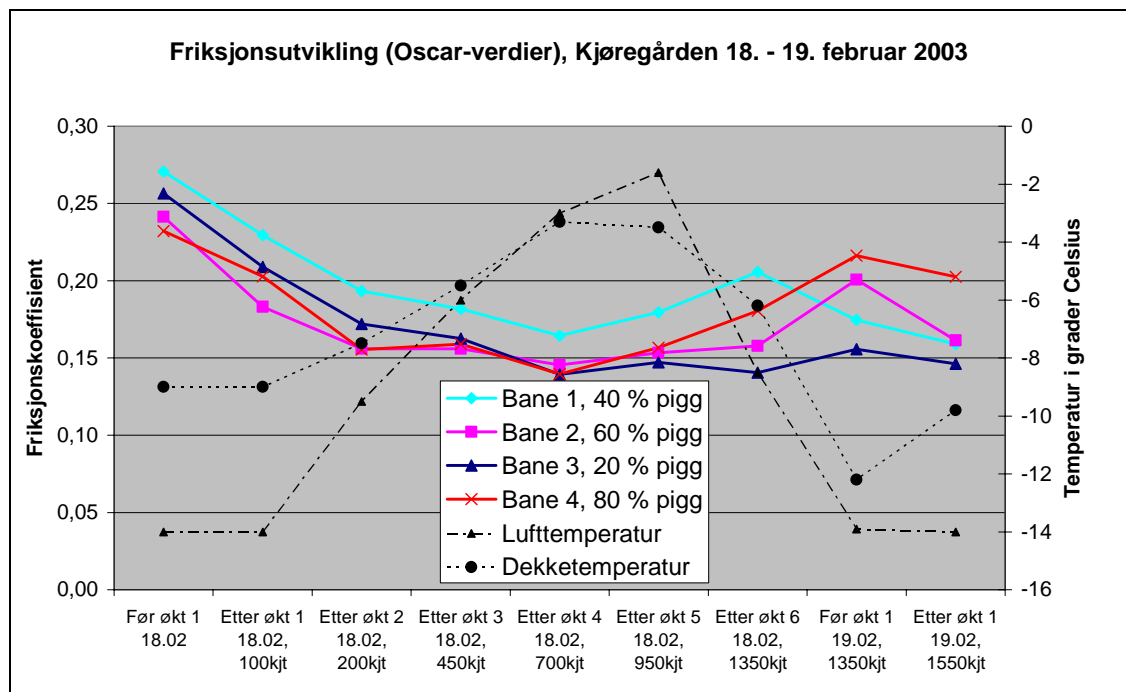
Friksjonsutviklingen er nesten den samme i bane 2 og 3 (60 og 20% pigg). Her er imidlertid friksjonsforholdene noe dårligere enn i bane 1 og 4, både før og etter avslutning av forsøkene.

Disse resultatene gir ingen indikasjon på at piggdekkandelen har noen særlig betydning for friksjonsforholdene, men en må likevel presisere at føreforholdene var spesielle. Det ble kjørt på et hardt isdekke. Temperaturen i isdekket lå på mellom 5 og 10 kuldegrader. Totalt ble det kjørt ca 1500 kjøretøyer i hver av banene i løpet av forsøksperioden, og dette var tydelig ikke nok til å påvirke føreforholdene i nevneverdig grad. Friksjonsutviklingen med lavere friksjon midt på dagen sammenlignet med morgen og ettermiddag har sannsynlig sammenheng med temperaturforholdene.



Totalt sett reduseres friksjonskoeffisienten på alle banene med rundt 10% i løpet av forsøksperioden 17. februar.

I Figur 3.2 er friksjonsutviklingen i Kjøregården vist for 18. og 19. februar. Forsøkene i Kjøregården ble avsluttet etter økt 1 19. februar. Som nevnt tidligere ble bane 1-4 i Kjøregården preparert om morgenen 18. februar. Det ble høvlet med skjær av type 2000, og deretter med et glatt skjær. Løs is ble deretter børstet bort. Bane 5-8 ble høvlet med skjær av type 2000, og deretter vannet slik at løs is festet seg til overflaten.



Figur 3.2: Friksjonsutvikling i Kjøregården 18. og 19. februar

Ved starten av forsøkene er friksjonsforholdene i de ulike banene nokså like (0,23-0,27). Friksjonsutviklingen er nokså lik i alle baner utover dagen. Friksjonsnivået er minst midt på dagen, og dette skyldes først og fremst stigende temperatur både i luft og i dekke. Mot slutten av dagen får vi en noe økende friksjon igjen.

På slutten av dagen (etter økt 5 og 6) ser vi en tendens til at friksjonsforholdene i de ulike banene blir noe forskjellige. Etter økt 5 har det kjørt ca 1000 kjøretøyer i hver av banene. Det er fortsatt ulike friksjonsforhold i banene før starten av forsøkene den 19. februar, og det er fortsatt en viss spredning i friksjonskoeffisientene mellom banene etter avslutning av økt 1. Totalt sett har det da kjørt ca 1500 kjøretøy i hver av banene. En kan også legge merke til at friksjonsforholdene har endret seg i løpet av natten uten at noe kjøretøy har passert.

Etter økt 1 19. februar er det bane 4 med 80% piggdekkandel som har høyest friksjonskoeffisient med i overkant av 0,20. De øvrige banene har friksjonskoeffisienter rundt 0,15. Ser vi på endringen av friksjonskoeffisienten fra før økt 1 18. februar til etter økt 1 19. februar er resultatene følgende:

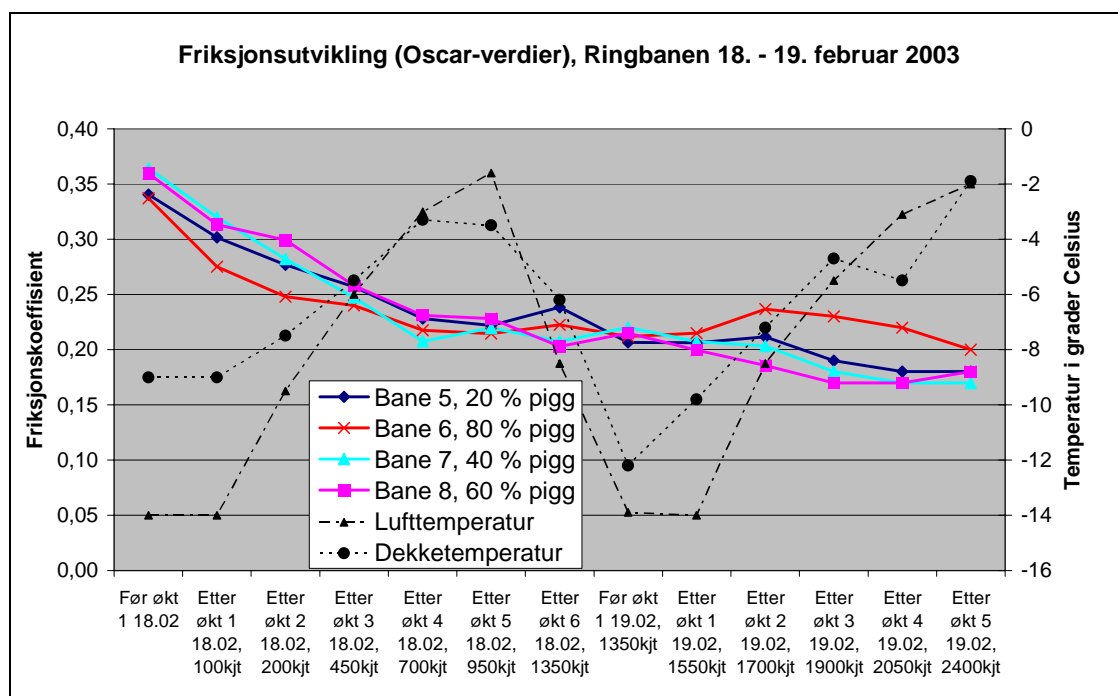
- 20% pigg (bane 3): -43%
- 40% pigg (bane 1): -41%

- 60% pigg (bane 2): -33%
- 80% pigg (bane 4): -13%

Resultatene viser nokså tydelig at poleringsgraden øker med avtagende piggdekkandel. En kan legge merke til at poleringsgraden er mye mindre ved 80% piggdekkandel enn de øvrige piggdekkandelene. Ved disse føreforholdene (tørr og hard is) må en med andre ord ha høy piggdekkandel for å unngå noe særlig polering.

Ved andre føreforhold som for eksempel snøføre opp mot 0 grader, antas det at en kan ha lavere piggdekkandel og likevel unngå polering i særlig grad. I løpet av de tre dagene forsøkene pågikk fikk vi imidlertid ikke slike føreforhold. Vi har derfor ikke kunnet verifisere dette, og det er derfor foreløpig ikke tilstrekkelig grunnlag for å modellere sammenhengen mellom temperatur, tilstanden på snø-/isdekket, piggdekkandel og poleringsgrad.

I Figur 3.3 nedenfor er friksjonsutviklingen på Ringbanen vist for 18. og 19. februar. Før forsøkene startet 18. februar ble Ringbanen høvlet med skjær av type System 2000. Deretter ble de enkelte banene vannet slik at løs snø etter høvlingen festet seg til overflaten. Ringbanen fikk dermed en noe annen preparering enn Kjøregården på samme tidspunkt. 18. februar var forsøksopplegget på Ringbanen for øvrig identisk med opplegget i Kjøregården. 19. februar ble det imidlertid kjørt 5 økter i motsetning til 1 økt i Kjøregården.



Figur 3.3: Friksjonsutvikling på Ringbanen 18. og 19. februar

Friksjonsutviklingen på Ringbanen er nokså lik friksjonsutviklingen i Kjøregården. Dette er heller ikke overraskende i og med at føreforholdene var nokså like. På Ringbanen kommer forskjellen mellom banene tydelig frem etter økt 2 19. februar. Det har da kjørt ca 1700 kjøretøy i hver av banene. Bane 6 med 80% piggdekk har da bedre friksjonsforhold enn i de øvrige banene. Dette resultatet holder seg ut hele dagen.

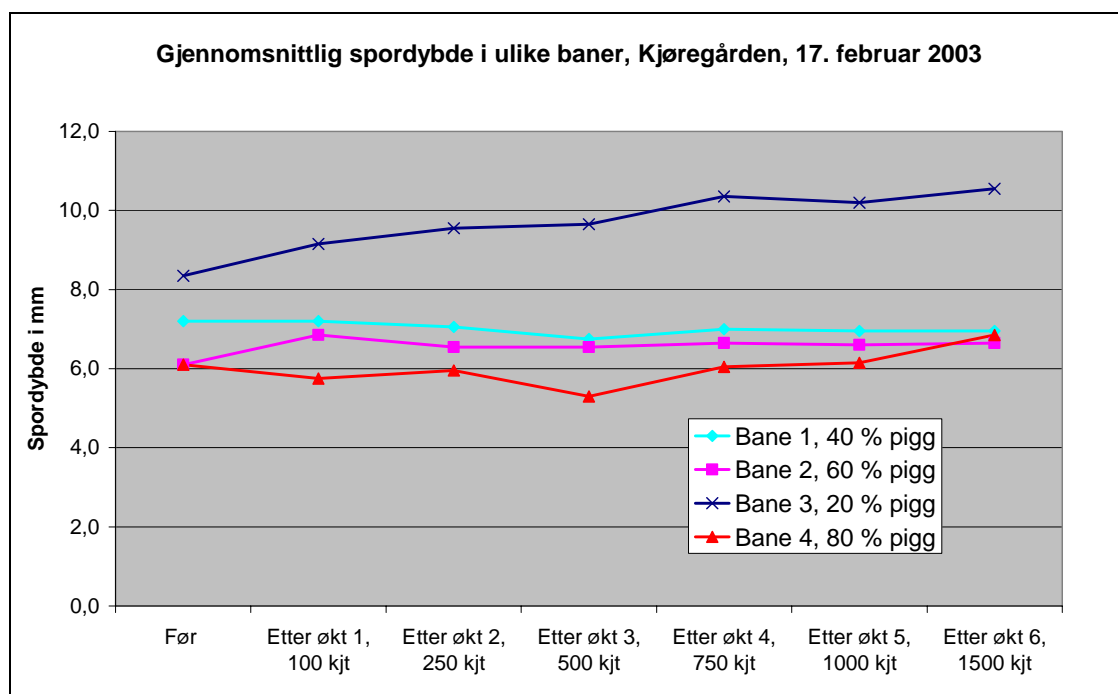
Ser vi på endringen av friksjonskoeffisienten fra før økt 1 18. februar til etter økt 5 19. februar er resultatene følgende:

- 20% pigg (bane 5): -47%
- 40% pigg (bane 7): -53%
- 60% pigg (bane 8): -50%
- 80% pigg (bane 6): -41%

Forskjellen mellom de ulike banene er mindre enn i Kjøregården, men bane 6 med 80% piggdekk har i alle fall minst poleringsgrad. Over hele forsøksperioden de to dagene ble banene til sammen trafikkert av ca 2400 kjøretøy.

### 3.3 Spordybde

I Figur 3.4-Figur 3.6 nedenfor er gjennomsnittlig målt spordybde i de ulike banene vist gjennom de 3 dagene forsøkene pågikk.



Figur 3.4: Gjennomsnittlig spordybde, Kjøregården 17. februar

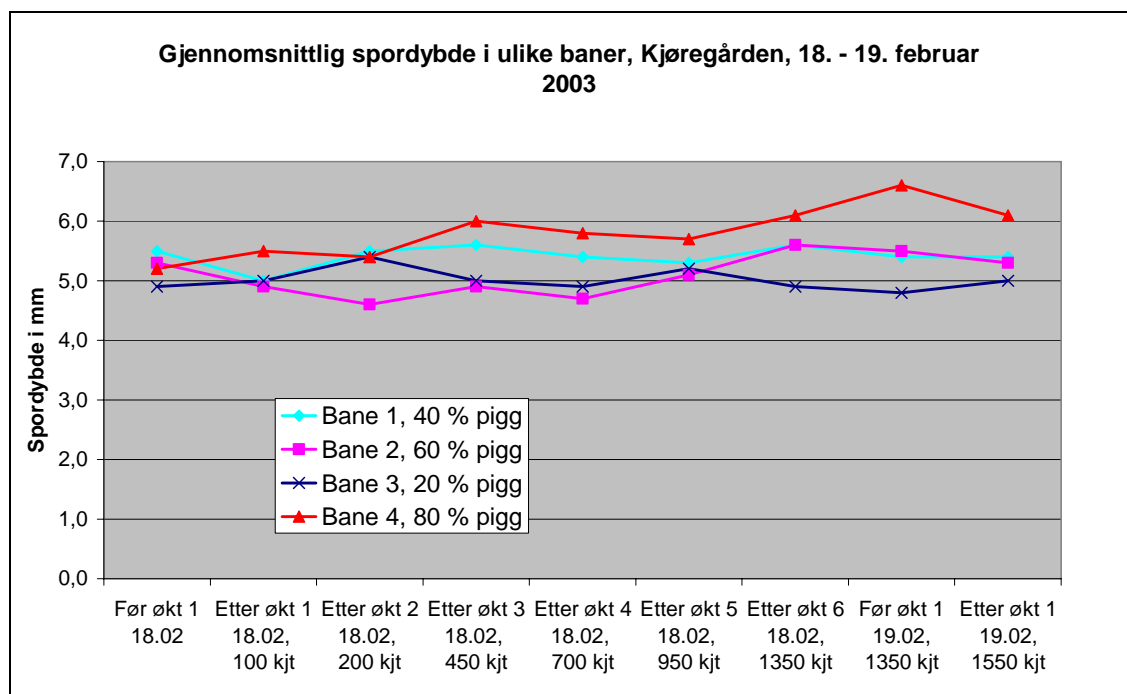
Resultatene fra Kjøregården 17. februar virker ikke logiske. Her er det faktisk bane 3 med 20% pigg som har størst økning i gjennomsnittlig spordybde. De øvrige banene har liten endring i spordybden. Noen forklaring på disse resultatene har vi ikke funnet, men det må legges til at maksimal økning i spordybden er kun 2 mm. Under de rådende føreforholdene med tørr og hard is skal det tydeligvis mer enn de 1500 kjøretøyene som har trafikkert banene til å oppnå særlig målbare endringer i spordybden.

Resultatene fra Kjøregården 18. og 19. februar er vist i Figur 3.5. Totalt ble banene trafikkert av ca 1500 kjøretøy disse to dagene.

Også her er det relativt små endringer i gjennomsnittlig spordybde. Kjøregården ble preparert om morgenen 18. februar, og alle baner har en gjennomsnittlig spordybde på rundt 5 mm fra starten av. Sporutviklingen her er imidlertid mer logisk enn den var 17. februar, fordi bane 4 med 80% piggdekkandel ender opp med den største gjennomsnittlige spordybden.

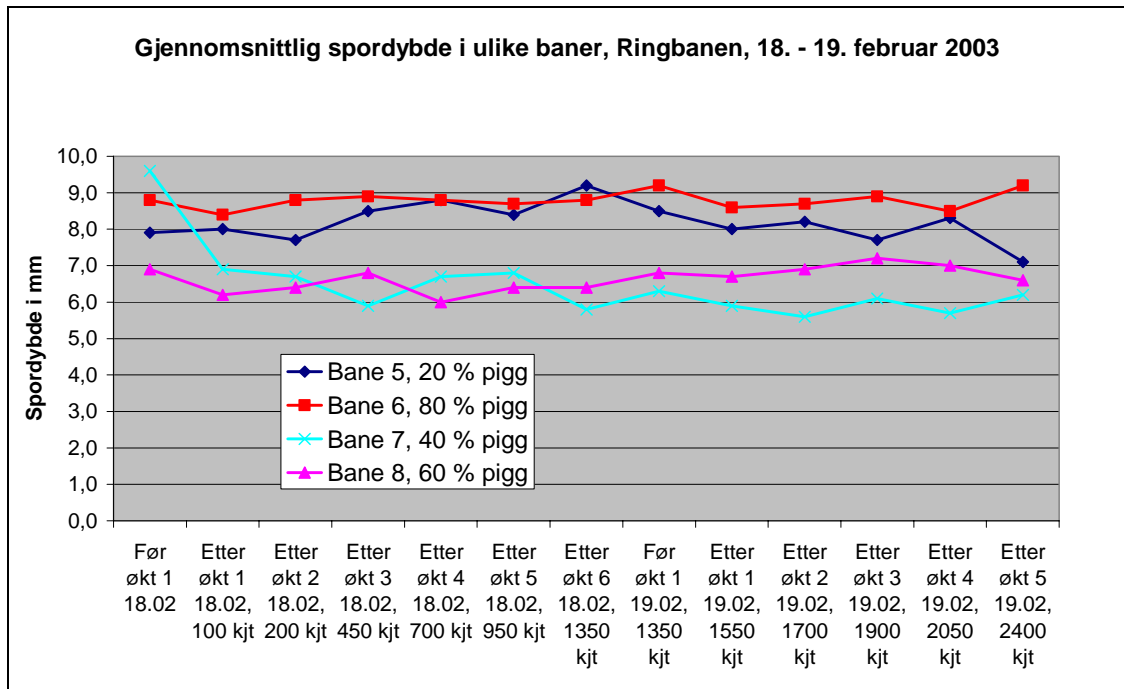
Ser vi på endringen av gjennomsnittlig spordybde fra før økt 1 18. februar til etter økt 1 19. februar er resultatene følgende:

- 20% pigg (bane 3): +2%
- 40% pigg (bane 1): -2%
- 60% pigg (bane 2): 0%
- 80% pigg (bane 4): +17%



Figur 3.5: Gjennomsnittlig spordybde, Kjøregården 18.-19. februar

Resultatene fra Ringbanen 18. og 19. februar er vist i Figur 3.6. De enkelte banene på Ringbanen ble totalt trafikkert av 2400 kjøretøy i løpet av de 4 dagene. Gjennomsnittlig spordybde er noe ulik ved starten av forsøkene, men her er endringene i løpet av forsøksperioden relativt små. Det er ikke grunnlag for å konkludere med at slitasjen er større i noen baner enn andre.



Figur 3.6: Gjennomsnittlig spordybde, Ringbanen 18.-19. februar

#### 4. Oppsummering og anbefalinger

Med et så stort apparat som er nødvendig i denne typen tester og som det derved er nødvendig å planlegge i god tid, er det vanskelig å treffe akkurat med hensyn til de føreforholdene en ønsker å studere. Dette gjelder spesielt i forhold til nysnø og hvordan føret utvikler seg når trafikken bearbeider snødekket.

Heller ikke denne gangen fikk en slike forhold. Hele baneanlegget hadde isdekke. I løpet av de tre dagene forsøkene pågikk lå overflatetemperaturen i vegdekket stort sett i området 2-10 minusgrader, slik at føreforholdene kan karakteriseres som hard og tørr is. Den første registreringsdagen var den kaldeste. Maksimal overflatetemperatur i vegdekket var da  $-5^{\circ}\text{C}$ . Maksimal overflatetemperatur de to neste dagene var  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Etter den **første registreringsdagen** kunne en ikke påvise at piggdekkandelen hadde noe særlig innvirkning på friksjonsforholdene. Totalt ble det kjørt ca 1500 kjøretøyer i hver av banene i Kjøregården i løpet av denne dagen, men dette var tydelig ikke nok til å påvirke føreforholdene i nevneverdig grad. Friksjonsutviklingen med lavere friksjon midt på dagen sammenlignet med morgen og ettermiddag antas å ha sammenheng med temperaturforholdene.

Sporddybdemålingene viste en maksimal økning i spordybde i løpet av dagen på 2 mm. Det var imidlertid ikke mulig å se noen sammenheng mellom sporslitasje og piggdekkandeler.

**Den andre og tredje registreringsdagen** ble det gjort forsøk i både Kjøregården og på Ringbanen. Nå kunne en imidlertid påvise at piggdekkandelen påvirket friksjonsforholdene.

I Kjøregården ble det påvist en endring etter at 1000 kjøretøy hadde passert i hver av banene. Ved avslutning av forsøkene hadde 1500 kjøretøy passert. Endring i friksjonskoeffisient fra start til slutt var følgende:

- 80% pigg -13%
- 60% pigg -33%
- 40% pigg -41%
- 20% pigg -43%

80% piggdekkandel ga med andre ord vesentlig bedre friksjonsforhold enn ved lavere piggdekkandel. Uttrykt i friksjonskoeffisient gikk denne ned fra 0,24 til 0,21 der en hadde 80% piggdekkandel, mens den gikk ned til 0,15-0,16 der piggdekkandelen var 60% eller lavere.

På Ringbanen var friksjonskoeffisienten høyere enn i Kjøregården da forsøkene startet, ca 0,35 mot ca 0,25. Dette hadde sammenheng med ulik preparering av banene. Ved avslutning av forsøkene var imidlertid friksjonskoeffisientene nokså like både på Ringbanen som i Kjøregården. På Ringbanen var friksjonskoeffisienten 0,20 ved 80% piggdekk, mens den var 0,17-0,18 der piggdekkandelen var 60% eller lavere. Ved avslutning av forsøkene var de ulike banene på Ringbanen trafikkert av ca 2400 kjøretøy.

I Kjøregården fant vi en sammenheng mellom spordybde og piggdekkandel. Mens gjennomsnittlig spordybde var om lag uendret ved piggdekkandeler mellom 20 og 60 %,

økte spordybden med 17% ved en piggdekkandel på 80%. På Ringbanen kunne vi ikke påvise noen sammenheng mellom spordybde og piggdekkandel.

Ut fra de gjennomførte forsøkene er det tydelig at høy piggdekkandel vil kunne gi bedre friksjonsforhold enn lavere piggdekkandeler.

På isdekke med lav temperatur (5-10 kuldegrader eller kaldere) synes det som om piggdekkandelen har liten betydning. Ved noe høyere temperatur (2-3 kuldegrader) blir friksjonsforholdene på isdekke bedre ved 80% piggdekkandel enn ved lavere piggdekkandeler.

Ved andre føreforhold som for eksempel snøføre opp mot 0 grader, antas det at en kan ha lavere piggdekkandel og likevel unngå polering i særlig grad. I løpet av de tre dagene forsøkene pågikk fikk vi imidlertid ikke slike føreforhold. Vi har derfor ikke kunnet verifisere dette, og det er derfor foreløpig ikke tilstrekkelig grunnlag for å modellere sammenhengen mellom temperatur, tilstanden på snø-/isdekket, piggdekkandel og poleringsgrad.

Med utgangspunkt i de vær- og føreforholdene en hadde under forsøkene vil det derfor være aktuelt å supplere med ytterligere studier.

## **Vedlegg      Temperatur og relativ luftfuktighet**



