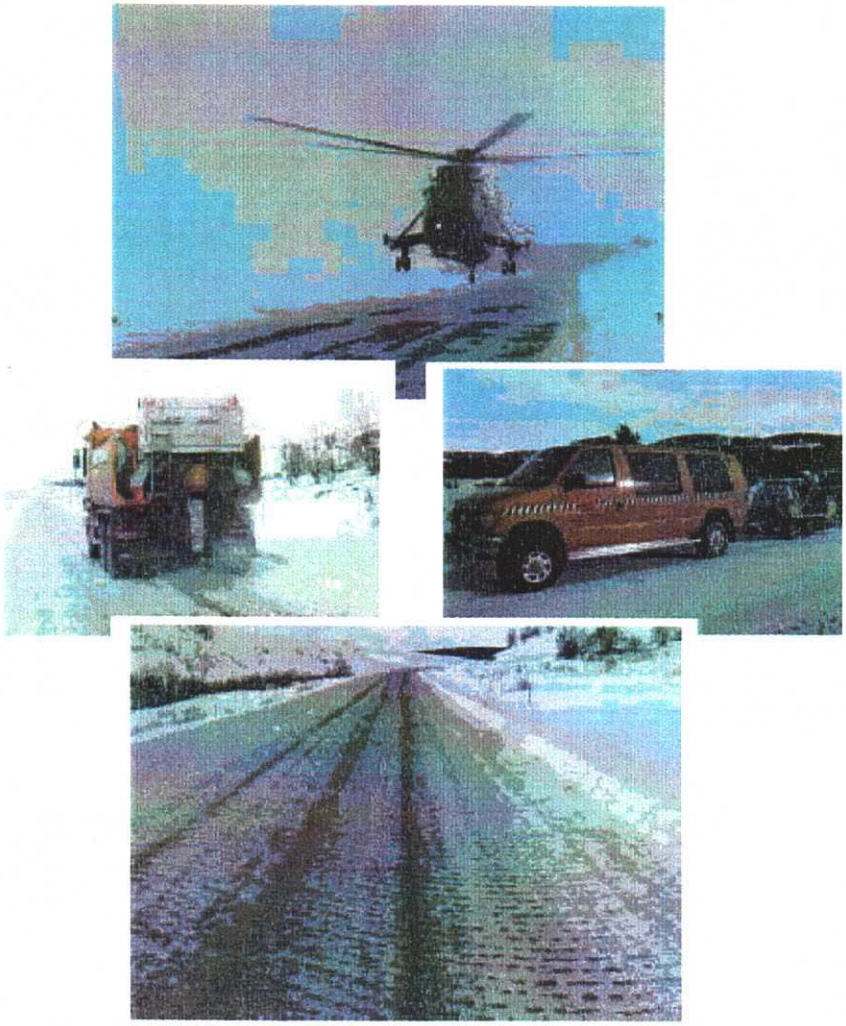
Intern rapport

Intern rapport nr. 2266

Vinterfriksjonsprosjektet - resultater fra tester av spredeutstyr og høvelskjær sesongen 2000/2001



April 2002

Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Vegteknisk avdeling

Intern rapport nr. 2266

Vinterfriksjonsprosjektet - resultater fra tester av spredeutstyr og høvelskjær sesongen 2000/2001

Sammendrag

I denne rapporten presenteres hovedresultatene fra de vitenskaplige forsøkene som er gjennomført som en del av Vinterfriksjonsprosjektet sesongen 2000/2001. Til sesongen 2000/2001 ble det levert 2 forskjellige typer tallerkenspredere fra henholdsvis Veimas og Schmidt/Øveraasen med det samme varmesystemet produsert av firmaet Mec Tec AS. I tillegg bygde Epoke opp en enhet basert på et annet oppvarmingssystem og bruk av etterhengende spreder. På ettervinteren stilte Falköping en ny enhet basert på oppvarming av grusmassene og befukting med kaldt vann til disposisjon for uttesting i Oppland. På denne enheten er vannmengden doblet i forhold til tilsvarende enhet som ble testet sesongen 1999/2000.

De nye strøenhetene er testet og sammenlignet med den ene av de norske prototypene som ble produsert til sesongen 1999/2000. Enheten som ble benyttet som referanse har oppvarmingssystemet plassert på bilen og ble produsert av Mec Tec AS.

Forstudien på høvling inkluderer de mest vanlige skjærtypene, dvs P300, isriverskjær og system 2000, samt 6 mm glatt stål. I tillegg til måling av friksjon ble det også gjort forsøk med registrering av makrotekstur.

Resultatene fra sesongen 2000/2001 bekrefter det en fant sesongen 1999/2000 både når det gjelder virkningen av tradisjonell strøing med tørr sand og varmbefuktet sand. Fastsand gir i gjennomsnitt betydelig bedre friksjon enn tørr sand uavhengig av spredertype. Både for etterhengende spreder og tallerkenspreder er friksjonen etter tiltak signifikant høyere ved strøing med Fastsand enn for tørr sand. Det ble ikke funnet noen vesentlig forskjell mellom utstyr fra ulike produsenter. Når det gjelder enheten fra Falköping, er den gjennomsnittelig effekten lavere enn for Fastsandspredere, og resultatene viser at det er begrenset effekt av Falköpingkonseptet basert på kaldt vann sammenlignet med Fastsand hvor befuktningen skjer med varmt vann.

Under de forholdene en hadde under testene av høvelskjær, ble det ikke funnet noen målbar effekt på friksjonen av den høvligen som ble foretatt. For å komme fram til anbefalinger om valg av skjærtype under ulike forhold, vil en imidlertid være avhengig av å gjøre flere tester.

Emneord:	*Vinterdrift, sandingsmetoder, høvling, friksjon*	
Kontor:	*Produksjonsteknisk kontor*	
Saksbehandler:	*Jon Dahlen/Roar Støtterud*	*/ roarst*
Dato:	*05.04.02*	

Statens vegvesen

Vegteknisk avdeling

Rapporten kan fås ved henvendelse til Vegteknisk avdeling, Arkivet:
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

SINTEF

SINTEF Bygg og miljø
Veg og samferdsel

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Klæbuveien 153
Telefon: 73 59 46 60
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Vinterfriksjonsprosjektet – resultater fra tester av sprederutstyr og høvelskjær sesongen 2000/2001

FORFATTER(E)

Torgeir Vaa

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen Vegdirektoratet, Produksjonsteknisk kontor

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
STF22 A02306	Åpen	Roar Støtterud	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen	82-14-02564-8	22j151.01	72 + 14 sider vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
T:\22j151\R_sand_2001		Torgeir Vaa	Terje Giæver
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
	Desember 2001	Tore Knudsen	

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 er driftsorientert, og målet har vært å komme frem til praktisk anvendelige metoder og anbefalinger. Særlig viktig har det vært å finne ut mer om hvordan timetrafikken og trafikkvariasjonen over døgnet spiller inn når det gjelder effekten av tiltak.

Prosjektet omfatter alle former for friksjonsforbedrende tiltak, og målsettingen har vært å se ulike tiltak i sammenheng. Dvs at det gjennom prosjektet er sett både på salting, sanding og brøyting/høvling.

Sesongen 1998/99 ble det prioritert å gjøre forsøk med nye sandingsmetoder, noe som resulterte i en videre satsing på utvikling av en metode basert på innblanding av kokende vann i strøgrusen, også benevnt som varmbefuktet sand eller Fastsand. Etter en mellomsesong vinteren 1999/2000 med testing av 2 norske prototyper basert på denne metoden, kom 3 nye utstyrsleverandører på markedet til sesongen 2000/2001 med Fastsandutstyr. Disse enhetene er testet ut gjennom vitenskapelig anlagte forsøk.

Sesongen 2000/2001 er det også gjennomført en forundersøkelse av den friksjonsforbedrende effekten av ulike typer høvelskjær.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Samferdsel	Transport
GRUPPE 2	Veg	Road
EGENVALGTE	Vinterdrift	Winter Maitenance
	Sanding	Gritting
	Friksjon	Friction

Innholdsfortegnelse

Innhold i

Sammendrag iii

1. Innledning 1
1.1 Bakgrunn 1
1.2 Hensikten med prosjektet 1
1.3 Feltforsøk 1
1.1.1 Generelt 1
1.1.2 Forsøk sesongene 1998/99 og 1999/2000 1
1.1.3 Rapportering av forsøk sesongen 2000/2001 1

2 Forsøksopplegg sesongen 2000/2001 2
2.1 Bakgrunn 2
2.2 Hensikten med forsøkene 2
2.3 Oversikt over gjennomførte forsøk 3
2.4 Utstyr og metoder som er testet ut 3
2.4.1 Prototype fra sesongen 1999/2000 3
2.4.2 Ny enhet fra Mec Tec AS 4
2.4.3 Ny enhet fra Schmidt/Øveraasen 5
2.4.4 Ny enhet fra Epoke 6
2.4.5 Spreder for strøing med temperert masse 6
2.5 Materialkvaliteter 7
2.6 Strøbiler 8
2.7 Høvelstål som er testet 8

3 Forsøksgjennomføring 10
3.1 Generelt 10
3.2 Forsøksstrekninger 10
3.3 Etablering av forsøksstrekninger og forsøksbetingelser 13
3.4 Oppfølgingsrutiner 16
3.4.1 Klimadata 16
3.4.2 Trafikkdata 16
3.4.3 Friksjonsmålinger 16
3.4.4 Bilder 18
3.4.5 Snø-/isdekkets beskaffenhet 18

4 Resultater 19
4.1 Generelt 19
4.2 Virkemåten til spredere for varmbefuktet sand 19
4.3 Forhold rundt testene av høvelskjær 24
4.4 Analysegrunnlag 24
4.5 Sammenligning av ulike metoder 26
4.6 Sammenligning mellom ulike spredere 27
4.7 Langtidseffekt 28
4.8 Materialkvaliteter 31
4.9 Tester av høvelskjær 33

5 Anbefalinger 36
5.1 Fastsand 36
5.2 Høvling 37

6 Resultater fra de enkelte forsøkene 39
6.1 Generelt 39
6.2 Forsøk på E 136 v/ Lesja 16. – 19. januar (forsøk I) 39
6.3 Forsøk på E 6, Rv 27 og Rv 29 på Hjerkinn/Folldal 13. – 16. februar (forsøk II) 48
6.4 Forsøk på Rv 180, Hurdalsvegen 19. – 20 . mars (forsøk V) 55
6.5 Høvelforsøk på E 134 og Rv 9 på Haukeli 28. februar – 1. mars (forsøk III) 61
6.6 Høvelforsøk på Rv 31 og Fv 532 på Røros 8. – 9. mars (forsøk IV) 66

7 Referanser 72

Vedlegg 1: Oversikt over forsøkene som ligger til grunn for resultatene i kap 4 70

Vedlegg 2: Siktekurver for grusmaterialer som er benyttet under testene sesongen 2000/2001 79

Sammendrag

Bakgrunn

I denne rapporten presenteres hovedresultatene fra de vitenskapelige forsøkene som er gjennomført som en del av Vinterfriksjonsprosjektet sesongen 2000/2001.

På bakgrunn av de anbefalingene som ble gitt etter testingen av nye strøenheter for Fastsand eller varmbefuktet sand sesongen 1999/2000, ble det våren 2000 utarbeidet en kravspesifikasjon til utstyr for Fastsand. Det ble levert totalt 6 spredere med 2 forskjellige oppvarmingssystem som er testet gjennom vitenskapelige forsøk sesongen 2000/2001. I tillegg er det gjennomført en forstudie på høvling som også er oppsummert i denne rapporten.

Utvikling av nye våtsandspredere

Til sesongen 2000/2001 ble det levert 2 forskjellige typer tallerkenspredere fra henholdsvis Veimas og Schmidt/Øveraasen med det samme varmesystemet produsert av firmaet Mec Tec AS. I tillegg bygde Epoke opp en enhet basert på et annet oppvarmingssystem og bruk av etterhengende spreder.

De nye strøenhetene er testet og sammenlignet med den ene av de norske prototypene som ble produsert til sesongen 1999/2000. Enheten som er benyttet som referanse har oppvarmingssystemet plassert på bilen og er produsert av Mec Tec AS.

På ettervinteren stilte Falköping en ny enhet basert på oppvarming av grusmassene og befukting med kaldt vann til disposisjon for uttesting i Oppland. På denne enheten er vannmengden doblet i forhold til tilsvarende enhet som ble testet sesongen 1999/2000. Enheten fra Falköping kom for sent til å delta i utprøvingen sammen med de andre sprederne, og er derfor bare sammenlignet med strøing med tørr sand.

Forstudie på høvling

Forstudien på høvling har hatt som hensikt å se på hvilket friksjonsbidrag høvling gir, og om en eventuell friksjonsforbedring varierer med skjærtypen.

Høvelforsøkene inkluderer de mest vanlige skjærtypene, dvs P300, isriverskjær og System 2000, samt 6 mm glatt stål. I tillegg til måling av friksjon er det også gjort forsøk med registrering av makrotekstur.

Vitenskapelige forsøk sesongen 2000/2001

Sesongen 2000/2001 er det gjennomført totalt 3 vitenskapelige forsøk med ulike sandingsmetoder (Lesja, Hjerkinn og Hurdal) og 2 høvelforsøk (Haukeli og Røros). Ved testingen av sprederutstyr er det lagt mest vekt på å se på effekten som oppnås i form av friksjonstilskudd med de ulike våtsandbilene, og det er derfor bare i begrenset grad gjort sammenligning mot tradisjonell strøing med tørr sand.

Ved måling av effekter og sammenligning mellom ulike metoder og materialtyper er det lagt hovedvekt på friksjonsforholdene. Friksjonen uttrykt ved friksjonskoeffisienten er målt før tiltak, like etter tiltak og deretter er det foretatt målinger så lenge som mulig innenfor virkningstida av tiltaket.

Oppsummering av resultatene fra tester av sprederutstyr og høvelskjær sesongen 2000/2001

Fastsand
Resultatene fra testene av de ulike sprederne, viser at når det gjelder sprederne basert på tilsetting av varmt vann på 95^0 C, er det ingen signifikant forskjell mellom utstyr fra forskjellige leverandører. Det er heller ikke noe som tyder på at det er noen systematisk forskjell på resultatene for spredere med etterhengende spreder og tallerkenspredere. Dette var det heller ikke grunn til å forvente siden varmekamerabilder viser så liten forskjell mellom de ulike strøbilene.

Når det gjelder enheten fra Falköping, er den gjennomsnittlige effekten lavere enn for Fastsandspredere, og resultatene viser at det er begrenset effekt av Falköpingkonseptet basert på kaldt vann sammenlignet med Fastsand hvor befuktningen skjer med varmt vann.

Høvling
Under de forholdene en hadde under forsøkene ble det ikke funnet noen målbar effekt på friksjonen av den høvlingen som ble foretatt. Friksjonen ble målt til å være uendret etter høvling sammenlignet med førsituasjonen. En skal imidlertid være forsiktig med å trekke en generell konklusjon av høvelforsøkene til å gjelde ut over de forholdene det ble foretatt tester på. Det som er sannsynlig er at den maksimale effekten av høvling ikke vil være høyere enn det som ble oppnådd under testene på Haukeli og Røros. Selve friksjonsforbedringen vil imidlertid kunne bli større dersom friksjonen er lavere enn det som var utgangspunktet ved høvelforsøkene på Haukeli og Røros. Som ved sanding vil forbedringen i friksjon ved høvling trolig være større jo lavere friksjonen er før det iverksettes tiltak.

Hovedkonklusjoner fra vitenskapelige forsøk sesongen 2000/2001 og anbefalinger

Fastsand
Vitenskapelige forsøk som er gjennomført vinteren 2000/2001 bekrefter at tiltak utført med våt sand basert på tilsetning av varmt vann varer vesentlig lenger enn når det anvendes tradisjonelle sandingsmetoder med tørr sand uten vanntilsetning. Ut fra de forsøk som er gjort er det konkludert med at Fastsandmetoden basert på tilsetning av varmt vann har et bredt anvendelsesområde, og kan derfor anbefales som supplement til eksisterende strømetoder. Det er viktig å poengtere at Fastsand også kan brukes under forhold en normalt ikke strør med tradisjonelle metoder. Varmbefuktet sand gir helt andre muligheter for å opprettholde friksjonsstandarden under forhold hvor det med dagens metoder strøs for sjelden til å holde friksjonskravet.

Med bakgrunn i sandingsforsøkene som er gjennomført sesongene 1998/1999, 1999/2000 og 2000/2001, ser det ut for at en har kommet fram til hovedkonseptet for varmbefuktet sand. Den nye sandingsmetoden er nå så mye utprøvd at en faktisk kan si metoden vil egne seg under alle forhold hvor det er aktuelt å strø med sand, og i mange situasjoner vil Fastsand være betydelig mer effektiv enn tradisjonell strøing med tørr sand. Metoden vil være et alternativ til tradisjonell sanding i de aller fleste tilfeller hvor det anses aktuelt å iverksette sanding for å bedre friksjonsforholdene. Bruksområdet spenner fra våt is med varmegrader i lufta til kuldegrader og tynne ishinner. Best effekt og lengst varighet vil Fastsandmetoden ha på et hardt snø- og isdekke under stabile værforhold med kuldegrader.

Ut fra testene som er gjort sesongen 2000/2001 er effekten av Fastsandmetoden nå så grundig dokumentert at metoden må sies å ha fått et endelig gjennombrudd som alternativ til tradisjonell strøing med tørr sand.

Ut fra erfaringene med det norske utstyret sesongen 2000/2001, anbefales metoden tatt i bruk i større omfang som et supplement til eksisterende sandingsmetoder. På bakgrunn av de erfaringene en nå sitter med, anbefales det å gå til anskaffelse av 1-2 enheter for Fastsand i fylker hvor bruk av sand er en viktig del av vinterdriften for å opprettholde gode friksjonsforhold på vegnettet. Konseptet som anbefales for videre satsing på Fastsand er den løsningen som er basert på at oppvarmingen av vannet skjer på bilen.

Høvelskjær

Forstudien på høvling har hatt som hensikt å se på hvilket friksjonsbidrag høvling gir, og om en eventuell friksjonsforbedring varierer med skjærtypen. Under de forholdene en hadde under høvelforsøkene ble det ikke funnet noen målbar effekt på friksjonen av den høvlingen som ble foretatt. Det ble ikke funnet noen signifikant endring i friksjonen etter høvling for noen av skjærtypene. Det som er interessant å se er at på de forholdene en hadde under testene, var det bare for glatt skjær at det var noen økning i friksjonen etter høvling. For de andre skjærtypene var det faktisk en tendens til lavere friksjon etter høvling enn før det ble gjort tiltak. Utslagene er imidlertid så små at en skal være forsiktig med å trekke konklusjoner ut fra de testene som er gjort.

Selv om en må ta en del forbehold, er det likevel ting som tyder på at glatt stål under visse forhold vil ha en positiv effekt på friksjonen. En annen effekt av glatt stål som ble observert, er at det glatte stålet fjerner mer av snø-/issålen enn de øvrige skjærtypene. Under andre forhold kan andre skjærtyper være bedre egnet. For å komme fram til anbefalinger om valg av skjærtype under ulike forhold, vil en imidlertid være avhengig av å gjøre flere tester.

Definisjoner/forklaringer

Befuktet sand	Befuktet sand vil si at det tilsettes vann til sanden. Ingen bestemte temperaturkrav. Kan benyttes i kombinasjon både med etterhengende spreder og tallerkenspreder.
Varmbefuktet sand	Varmbefuktet sand vil si at vannet skal holde en temperatur på minimum 90^0 C levert i tilkoplingspunktet på sprederen.
Fastsand	Fastsand er synonymt med varmbefuktet sand og benyttes som betegnelse på den nye strømetoden.
Variabel slip	Målehjulet bremses ned til full stans. Benytter maksimalfriksjon som mål på friksjonen.
Fast slip	Målehjulet kjøres med en fast slipprosent (bremsekraft) i forhold til underlaget.
Friksjonskoeffisient	Friksjonskoeffisienten benevnes med den greske bokstaven μ, og er et mål for kreftene som virker mellom to flater. For is vil friksjonskoeffisienten vanligvis ligge i området 0,15-0,20 og for snøføre i området 0,25-0,30. En friksjonskoeffisient på 0,15 tilsvarer en bremselengde på 168 m ved en fart på 80 km/t. Med samme fart og friksjonskoeffisient på 0,30 er bremselengden 84 m.
Friksjonstilskudd	Friksjonstilskuddet er forskjellen (differansen) mellom friksjonen målt etter tiltak og friksjonen målt like før tiltak. Friksjonstilskuddet er også angitt som E = effekt av tiltak.
Flerfaktoranalyse	Flerfaktoranalyse (også kalt univariat variansanalyse) gjør det mulig å beregne sammenhengen mellom f eks friksjon etter tiltak (avhengig variabel) og ulike faktorer (uavhengige variable) som kan forklare variasjonen i den avhengige variable.
Konfidensintervall	Et konfidensintervall for et datasett på 95% vil si at det er 95% sannsynlighet for at en observasjon vil falle innenfor dette intervallet.
Statistisk signifikant	Dersom konfidensintervallene for gjennomsnittsverdien av to grupper av data ikke overlapper hverandre, er forskjellen statistisk signifikant.
Emissivitet	Emissiviteten er et uttrykk for varmestrålingsevnen til et materiale, definert som hvor stor del av energien som blir sendt tilbake i forhold varmestrålingen fra en svart overflate (svart boks). En svart boks er et materiale som er perfekt på den måten at den stråler ut all varmeenergi som blir absorbert og har derved en emissivitet på 1,0. For en blanding av vann og sand er emissiviteten satt til 0,94.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Med utgangspunkt i rapporten "Friksjonsforbedrende tiltak - forprosjekt" (september 1997) ble det satt i gang et hovedprosjekt høsten 1997 med tittelen "Vinterfriksjonsprosjektet". Vinterfriksjonsprosjektet inngår i etatsprosjektet "Effektiv vinterdrift"som avsluttes i 2001.

1.2 Hensikten med prosjektet

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 er driftsorientert, og målet har vært å komme frem til praktisk anvendelige metoder og anbefalinger. Særlig viktig har det vært å finne ut mer om hvordan timetrafikken og trafikkvariasjonen over døgnet spiller inn når det gjelder effekten av tiltak.

Prosjektet omfatter alle former for friksjonsforbedrende tiltak, og målsettingen har vært å se ulike tiltak i sammenheng. Dvs at det gjennom prosjektet er sett både på salting, sanding og brøyting/høvling.

1.3 Feltforsøk

1.1.1 Generelt

Feltstudier har vært en sentral aktivitet gjennom hele prosjektet. Disse feltstudiene er delt inn i:

- Del 1. Forsøksfelt med vitenskapelige målinger, kan foregå både på veg og på lukket bane
- Del 2. Driftsmessige erfaringer gjennom oppfølging av strø- og brøyteroder (rodeoppfølging til faste tidspunkter)
- Del 2a. Spesialoppfølging på utvalgte roder (standardoppfølging for å undersøke varigheten av ulike typer tiltak)

1.1.2 Forsøk sesongene 1998/99 og 1999/2000

Både sesongene 1998/99 og 1999/2000 har forsøk med nye sandingsmetoder vært prioritert. Disse forsøkene er oppsummert i egne rapporter etter hver sesong. Sesongen 1997/98 ble det gjort mindre omfattende forsøk med alle 3 hovedtypene tiltak, dvs at det også ble foretatt forsøk med høvling av snø-/isdekke.

1.1.3 Rapportering av forsøk sesongen 2000/2001

Denne rapporten inneholder en oppsummering av resultatene fra de vitenskapelige forsøkene som er gjennomført sesongen 2000/2001. Rapporten omhandler resultater både fra forsøk med nye sandingsmetoder og fra en forstudie på høvling med ulike typer høvelskjær.

2 Forsøksopplegg sesongen 2000/2001

2.1 Bakgrunn

Etter sesongen 1999/2000 ble det konkludert med en anbefaling om videre satsing på varmbefuktet sand (Fastsand) basert på en løsning hvor oppvarmingen av vannet skjer på bilen. Det ble anbefalt at en grunnenhet for Fastsand bør bestå i:

- Strøaggregat med tallerkenspreder
- Kobling for etterhengende spreder
- Oppvarmingssystem for vann
- Isolerte tanker og rørsystem for kobling til valgt spredertype
- Sandbeholder og frammating som sikrer tilfredsstillende massehåndtering

Erfaringene fra forsøkene sesongen 1999/2000 dannet også grunnlaget for utforming av en kravspesifikasjon for utstyr til varmbefuktet sand som ble utarbeidet våren 2000. Flere produsenter er nå inne på markedet, og totalt var det 9 enheter for Fastsand i drift i Norge sesongen 2000/2001 (produksjonsår er angitt i parentes):

- Friction Maker - Oppland (1998/99)
- Fasan POH – Hedmark (1999/2000)
- Fasa 2000 (Mec-Tec) - Sør-Trøndelag (1999/2000)
- *Epoke - Sør-Trøndelag (ny sesongen 2000/2001)*
- *Schmidt/Øveraasen (Mec Tec har levert brennersystem) (ny sesongen 2000/2001)*
- *Veimas/Mec Tec - ny type:*
    - *Oppland (ny sesongen 2000/2001)*
    - *Hedmark (ny sesongen 2000/2001)*
    - *Telemark (ny sesongen 2000/2001)*
    - *Møre og Romsdal (ny sesongen 2000/2001)*

Nytt utstyr sesongen 2000/2001 er uthevet med kursiv.

2.2 Hensikten med forsøkene

Den primære hensikten med sandingsforsøkene sesongen 2000/2001 har vært å teste ut de nye strøenhetene både med hensyn til funksjonalitet og driftsmessige forhold samt effekten på veg i form av friksjonstilskudd etter strøing. Det har også vært et mål å foreta videre sammenligning mellom tallerkenspredere og etterhengende spredere for å få verifisert resultatene fra forrige sesong hvor det ble funnet en liten forskjell til fordel for etterhengende spreder.

Forstudien på høvling har hatt som hensikt å se på hvilket friksjonsbidrag høvling gir, og om en eventuell friksjonsforbedring varierer med skjærtypen.

2.3 Oversikt over gjennomførte forsøk

Det er gjennomført følgende forsøk sesongen 2000/2001:

Forsøk I:	16. – 19. januar	Sandingsforsøk på E136 v/ Lesja
Forsøk II:	13. – 16. februar	Sandingsforsøk på E6, Rv 27 og Rv 29 på Hjerkinn/Folldal
Forsøk III:	28. jan – 1. feb.	Høvelforsøk på E134 og Rv 9 på Haukeli
Forsøk IV:	8. – 9. mars	Høvelforsøk på Rv 31 og Fv 532 på Røros
Forsøk V:	19. – 20. mars	Sandingsforsøk på Rv 180, Hurdalsvegen
Demonstrasjon:	22. mars	Demonstrasjon av Fastsand i Sulitjelma
	26. mars	Demonstrasjon av Fastsand i Tromsø
	27. mars	Demonstrasjon av Fastsand i Harstad

Forsøk I-V ble gjennomført som vitenskapelige forsøk. I oversikten er det tatt med demonstrasjon av Fastsandmetoden i Sulitjelma og i Tromsø og Harstad i slutten av mars. Alle 3 stedene ble enheten fra Schmidt/Øveraasen vist i praktisk bruk. I Sulitjelma var også enheten fra Epoke til stede. Under alle forsøkene ble det foretatt friksjonsmålinger med Roar-målere og delvis med Oscar. Det ble foretatt friksjonsmålinger med Roar Mark II også under demonstrasjonene i Nordland og Troms, men det var problemer med å få målesystemet i gang under demonstrasjonen i Tromsø, slik at det ikke foreligger friksjonsdata fra den dagen.

Enheten fra Schmidt/Øveraasen var for øvrig på en mer omfattende demonstrasjonsrunde og var innom Telemark, Hordaland, Sogn og Fjordane, Nord-Trøndelag, Nordland og Troms i løpet av februar og mars.

I tillegg til sandingsforsøkene ble det gjennomført en test av friksjonsmåleutstyr på Halsjøen ved Gravberget 6. – 8. februar. Resultatene fra denne testen er oppsummert i en egen rapport.

2.4 Utstyr og metoder som er testet ut

2.4.1 Prototype fra sesongen 1999/2000

Som referanse for sandingsforsøkene sesongen 2000/2001 er benyttet prototypen fra sesongen 1999/2000 som har varmeenheten montert på bilen, se figur 2.1. Enheten som er vist i figur 2.1 gikk på Åndalsnes første vinteren, men ble overtatt av Sør-Trøndelag høsten 2000[1]. Denne enheten er bare benyttet med etterhengende spreder. Bilen er utstyrt med en vanntank på 3,2 m^3 og brennersystemet har en kapasitet på 320 kW/time.

[1] Pga feil i en strømgenerator ved oppstart sesongen 2001/2002, ble det besluttet å ikke påkoste denne bilen for å gjøre den driftsklar til en ny sesong.

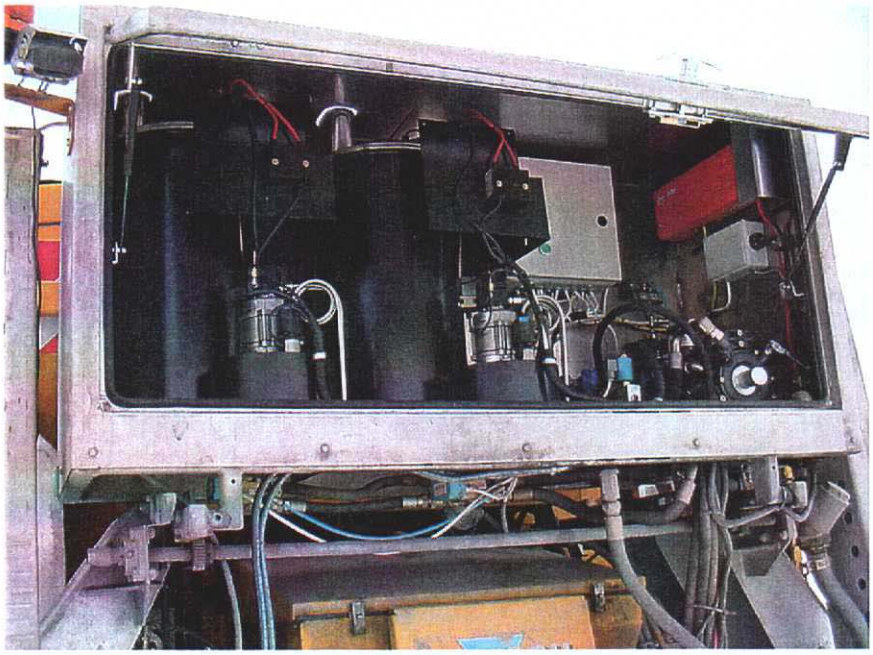
Figur 2.1: *Fasa 2000. Norsk prototype fra sesongen 1999/2000 bygd opp av firmaet Mec Tec AS. Benyttet som referanse under forsøkene sesongen 2000/2001*

2.4.2 Ny enhet fra Mec Tec AS

Figur 2.2 viser den nye enheten fra Veimas som er levert til 4 fylker. Enhetene fra Oppland og Møre og Romsdal har inngått i de vitenskapelige forsøkene sesongen 2000/2001.

Figur 2.2: *Ny enhet levert av Veimas sesongen 2000/2001*

Brennersystemet som framgår av figur 2.3 er bygd opp av Mec Tec AS. Det er en total varmekapasitet på brennerne på 186 kW/time fordelt på 2 brennere. Det nye i forhold til tidligere prototyper er bl a at vanntankene er skilt fra brennersystemet. Total lastekapasitet for vann er 3,2 m^3. Strøapparatene fra Veimas er levert med Pietsch tallerkenspreder.



Figur 2.3: Brennersystem bygd opp av Mec Tec AS

2.4.3 Ny enhet fra Schmidt/Øveraasen

Figur 2.4 viser enheten som er bygd opp av Schmidt/Øveraasen. Brennersystemet er det samme som det som er benyttet på strøapparatene som er levert av Veimas, men vanntankene er av en annen utførelse. Enheten fra Schmidt/Øveraasen er utstyrt med tallerkenspreder av Nido fabrikat.

Figur 2.4: *Ny enhet levert av Schmidt/Øveraasen med varmeenhet fra Mec Tec AS sesongen 2000/2001*

2.4.4 Ny enhet fra Epoke

Figur 2.5 viser bilde av en strøenhet levert av Epoke. Denne strøbilen har vært utlånt til Sør-Trøndelag og har gått på Støren og Røros sesongen 2000/2001.

Figur 2.5: *Ny enhet levert av Epoke til sesongen 2000/2001*

Bilen fra Epoke er utstyrt med et varmtvannsaggregat av typen BINI 1002 HW. Totalt volum på vanntankene er på 2,4 m^3 fordelt på en isolert primærtank på 1900 liter og en isolert sekundær vanntank (varmtvannsproduksjon) på ca 500 liter. Det er benyttet en standard brennerenhet på 186 kW/time.

Enheten fra Epoke ble demontert etter avsluttet sesong.

2.4.5 Spreder for strøing med temperert masse

Helt på tampen av sesongen tilbød Falköping en ny enhet med betegnelsen "Long Time Friction" til Oppland for utlån og utprøving, se figur 2.6. Grusmaterialene varmes av eksos som føres inn under skruen. Eksosen føres til tallerkenen for å utnytte energien best mulig. I tillegg får vannet litt varme fra hydraulikken (1-2^0 C). Blandingen av grus og vann kan holde en temperatur på opp mot 20-30^0 C, men det ble ikke foretatt kontroll av hvor lenge denne temperaturen holdt seg. Det nye i forhold til enheten som ble testet forrige sesong var at det var mulig å øke vannmengden til ca det dobbelte. Se for øvrig nærmere kommentarer i avsnitt 6.4.

Enheten fra Falköping kom for sent til å inngå i forsøkene med de andre strøenhetene, men ble prøvd ut i en egen test på Rv 180, Hurdalsvegen.

Figur 2.6: Spreder med tilsetning av vann kombinert med temperert grus, levert av Falköping til sesongen 2000/2001

2.5 Materialkvaliteter

Tabell 2.2 viser en oversikt over hvilke materialkvaliteter og metoder som er testet sesongen 2000/2001.

Tabell 2.1: *Materialkvaliteter som er benyttet ved testene av de ulike strøenhetene sesongen 2000/2001*

	Våt sand			Tradisjonell strøing
Materialtype	Varmt vann og etterhengende spreder	Varmt vann og tallerken-spreder	Temperert masse og tallerken-spreder	Tallerken-spreder
0-4 mm knust natur	X	X		X
0-4 mm knust fjell	X	X	X	
0-6 mm knust fjell	X	X		

Til forsøket på Lesja 16. – 19. januar var det planlagt benyttet både knust fjell og knust naturgrus i fraksjoner på henholdsvis 0-4 og 0-6 mm. Knust naturgrus var i tillegg planlagt benyttet med salttilsetning på 30 og 60 kg/m^3. Det oppstod imidlertid en del problemer med noen av massene på grunn av den lave temperaturen de dagene testene pågikk i januar. Fordi det var så kaldt, ble det også besluttet å sløyfe forsøkene med saltblandet sand under forsøkene i januar.

Ved forsøkene i februar ble det benyttet de massene som var forutsatt, dvs knust fjell i fraksjoner på 0-4 og 0-6 mm samt 0-4 mm "problemmasse" hentet fra et lokalt grustak. I vedlegg 2 er gjengitt siktekurver for de massene som ble benyttet i forbindelse med testene av sprederutstyr sesongen 2000/2001.

2.6 Strøbiler

Testene av sprederutstyr innbefattet følgende enheter:

- Fastsand, Sør-Trøndelag, prototype fra 1999/2000, leverandør: Mec Tec AS
- Fastsand, Møre og Romsdal, leverandør: Veimas
- Fastsand, Oppland, leverandør: Veimas
- Fastsand, demonstrasjonsbil, leverandør: Schmidt/Øveraasen, Mec Tec brennersystem
- Fastsand, Sør-Trøndelag, leverandør: Epoke
- Temperert masse, Oppland, leverandør: Falköping

Til forsøkene i januar 2001 var de nye enhetene i Møre og Romsdal og Oppland klare til uttesting. I tillegg til disse to bilene deltok også den ene av de to norske protoypene som Mec Tec A/S bygde opp til sesongen 1999/2000. Denne bilen har påmontert etterhengende spreder, mens de to nye sprederne som ble testet for første gang i januar, er utstyrt med tallerkenspreder. Også disse bilene kan benyttes med etterhengende spreder. Testene i januar innbefattet også strøing med tørr sand med en egen bil.

Til testen i februar var også enhetene fra Schmidt/Øverasen og Epoke klare til utprøving med henholdsvis tallerkenspreder og etterhengende spreder. Det ble da bare foretatt strøing med Fastsand (varmbefuktet sand). Bilen fra Falköping ble stilt til disposisjon i mars, og inngikk derfor ikke i testene sammen med de øvrige strøbilene.

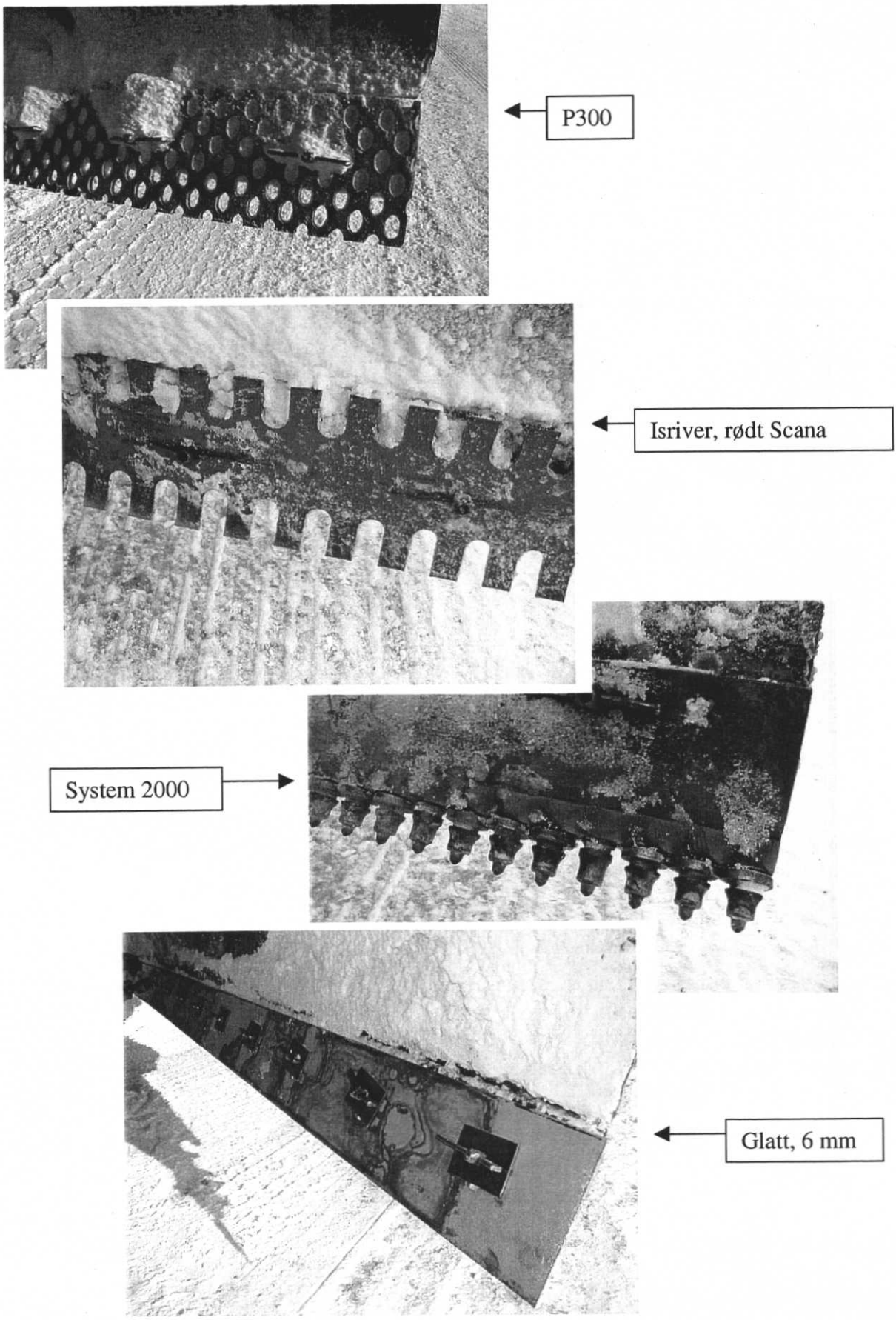
2.7 Høvelstål som er testet

Tabell 2.2 viser en oversikt over skjærtypene som ble testet under høvelforsøkene på Haukeli og Røros. Gitterstål, P300, ble benyttet både på vanlig veghøvel og på lastebil som midtmontert skjær, mens de andre skjærtypene bare ble benyttet på veghøvel.

Tabell 2.2: Skjærtyper som er testet under høvelforsøkene

Skjærtype	Sted	
	Haukeli	Røros
Isriver, rødt	X	x
Isriver, blått	X	
P300	X	x
P300, midtmontert		x
System 2000	X	x
Glatt, 6 mm	X	x

Det er viktig å presisere at høvelforsøkene som er gjennomført sesongen 2000/2001 ikke representerer alle aktuelle føretyper. Ved at det til dels var relativt tynt snø-/isdekke det ble høvlet på, ble det dessuten kjørt med mindre trykk på høvelen enn det som vanligvis benyttes. Dette kan ha hatt en viss innvirkning på resultatene. Det ble heller ikke foretatt høvling under svært glatte forhold, slik at det er vanskelig å generalisere ut fra de begrensede forsøkene som er gjort med hensyn på effektene under andre forhold som f eks glatt is.



Figur 2.7: *Høvelskjær som er testet på Haukeli og Røros*

3 Forsøksgjennomføring

3.1 Generelt

Sikkerheten er viktig ved denne typen forsøk, og det ble foretatt skilting med følgende skiltkombinasjoner i hver retning på prøvestrekningene:

- Skilt 116 (glatt veg) med undertekst "Varierende føreforhold 0,1 - 8 km"
- Skilt 110 (vegarbeidere) med undertekst "Forsøk pågår"

Eksempel på skilting er vist i figur 3.1.

Figur 3.1 *Eksempel på skilting av forsøksstrekning. Skilt 116 med undertekst. Den andre skiltkombinasjonen sees i bakgrunnen*

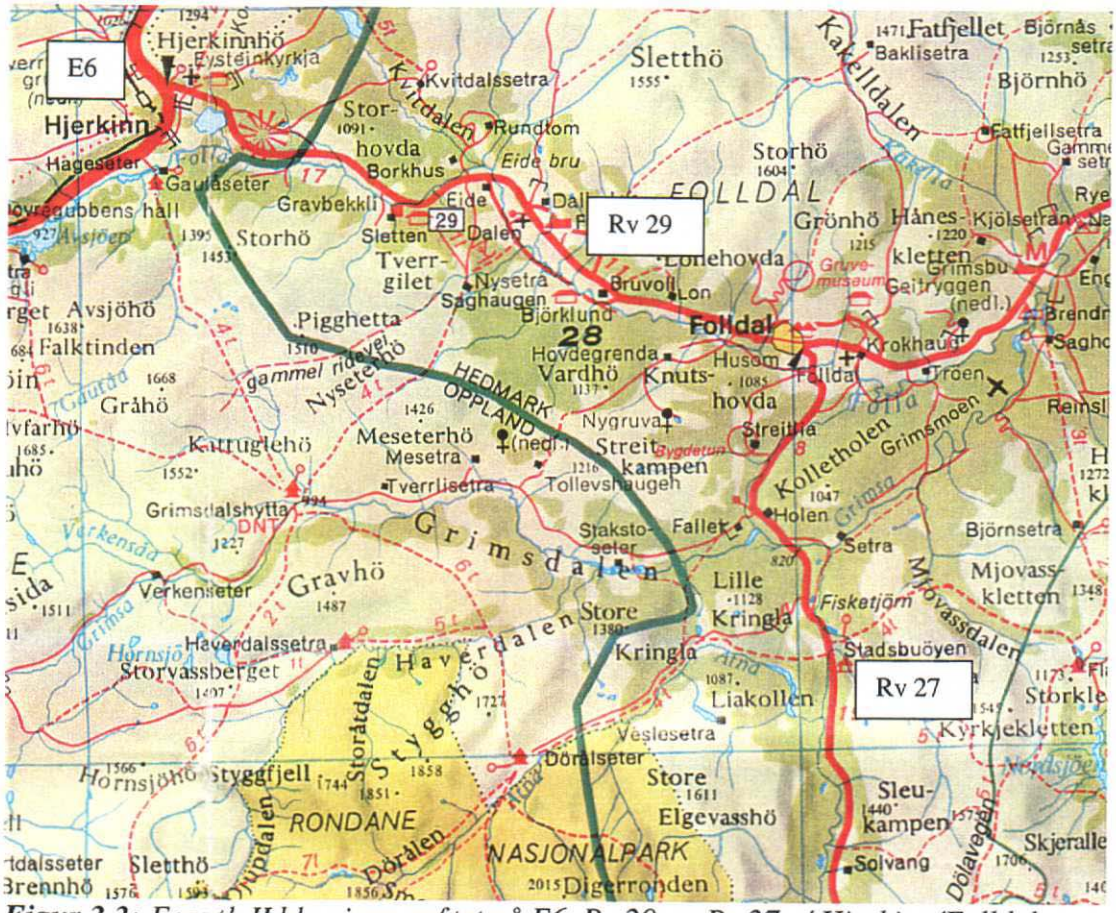
3.2 Forsøksstrekninger

Følgende veger er benyttet under testene sesongen 2000/2001:

- E136 v/Lesja, ÅDT 1140
- E6 v/Hjerkinn, ÅDT 1570
- Rv 29 Folldal
- Rv 27 Folldal, ÅDT 290
- E134 Haukeli, ÅDT 1140
- Rv 9 Haukeli, ÅDT 860
- Rv 31 Røros, ÅDT 340
- Fv 532 Røros
- Rv 180 Hurdal, ÅDT 340

Lokaliseringen av de enkelte strekningene framgår av figurene 3.2 – 3.6.

Figur 3.2: Forsøk I ble gjennomført på E136 vest for Lesja



Figur 3.3: Forsøk II ble gjennomført på E6, Rv 29 og Rv 27 v/ Hjerkinn/Folldal

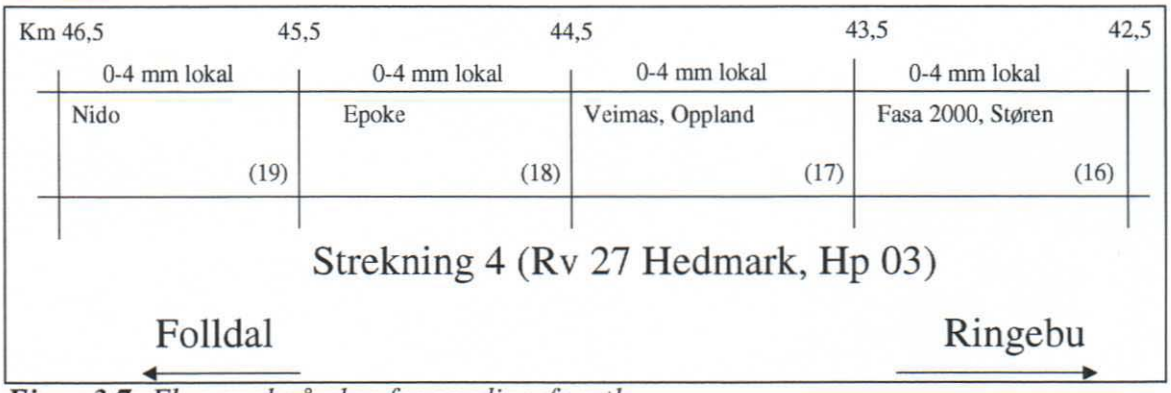
Figur 3.4: Forsøk III ble gjennomført på E134 og Rv 9 på Haukeli

Figur 3.5: Forsøk IV ble gjennomført på Rv 31 og Fv 532 på Røros

Figur 3.6: Forsøk V ble gjennomført på Rv 180 v/ Lygnasæter

3.3 Etablering av forsøksstrekninger og forsøksbetingelser

Figur 3.7 viser eksempel på en forsøksplan med inndeling i delfelt for et sandingsforsøk. Høvelforsøkene ble organisert på tilsvarende måte.



Figur 3.7: Eksempel på plan for sandingsforsøk

Sandingstestene omfatter i alt 43 delfelt og høvelforsøkene 29 delfelt. Ved at det ble gjort tiltak i begge retninger, omfatter testene sesongen 2000/2001 totalt 144 delfelt. Før hvert forsøk ble det foretatt forhåndsmerking av prøvestrekningene. De enkelte delfeltene ble merket med trestikker med selvlysende spray. I tillegg ble det skrevet et nummer i brøytekanten ved starten av hvert felt. Delfeltene ble nummerert fortløpende i de enkelte forsøkene. Utstrekningen på hvert delfelt er på 0,5 – 1 km.

Figurene 3.8 – 3.11 viser eksempler på utførelse av tiltak under tester av strøbiler og høvelskjær. Som hovedregel ble det kjørt med en dosering på 180-200 g/m^2 tørre materialer, strøbredde på 3 meter og en hastighet på 20-25 km/t.

Figur 3.8: *Utstrøing med bil fra Møre- og Romsdal (Veimas, 2000/2001)*

Figur 3.9: *Ustrøing med bil fra Sør-Trøndelag(Fasa 2000)*

Figur 3.10: *Høvling på Rv 31*

Figur 3.11: *Kosting etter høvling på Fv 532*

Strøbiler skulle være kalibrert på forhånd, men det var nødvendig å gjøre en kontroll på stedet tilpasset de massene som ble benyttet. Kalibreringen av strøapparatet ble foretatt ved at bilene

kjørte over en gummimatte med et areal på 3 m^2. Grusen ble sopt opp og veid på en kjøkkenvekt for derved å kunne beregne doseringen i g/m^2.

For nærmere oversikt over de enkelte prøvestrekningene og forsøksbetingelsene under de vitenskapelige forsøkene som ble gjennomført vinteren 2000/2001 henvises det til kapittel 6.

3.4 Oppfølgingsrutiner

3.4.1 Klimadata

Klimadata, dvs temperatur- og nedbørsdata, er hentet fra ulike kilder. En har hentet opplysninger fra DNMI's målestasjoner hvor det er foretatt avlesning 3-4 ganger i døgnet. I tillegg er det foretatt logging av data på timebasis fra statens vegvesens klimastasjoner der dette har vært aktuelt.

I tillegg til data fra målestasjoner og klimastasjoner er det foretatt temperaturmålinger i luft og vegbane med håndholdt utstyr under selve forsøkene. Vegbanetemperatur er også registrert i forbindelse med friksjonsmålingene med Roar-målere.

3.4.2 Trafikkdata

Trafikkdata er hentet delvis fra vegvesenets tellepunkter der dette har vært aktuelt, og delvis ved bruk av radar.

3.4.3 Friksjonsmålinger

Til oppfølging av friksjon ble det benyttet følgende utstyr:

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

Figurene 3.12 og 3.13 viser bilder av henholdsvis Roar Mark II og Oscar.

Figur 3.12: Roar Mark II, Sør-Trøndelag

Figur 3.13: Oscar

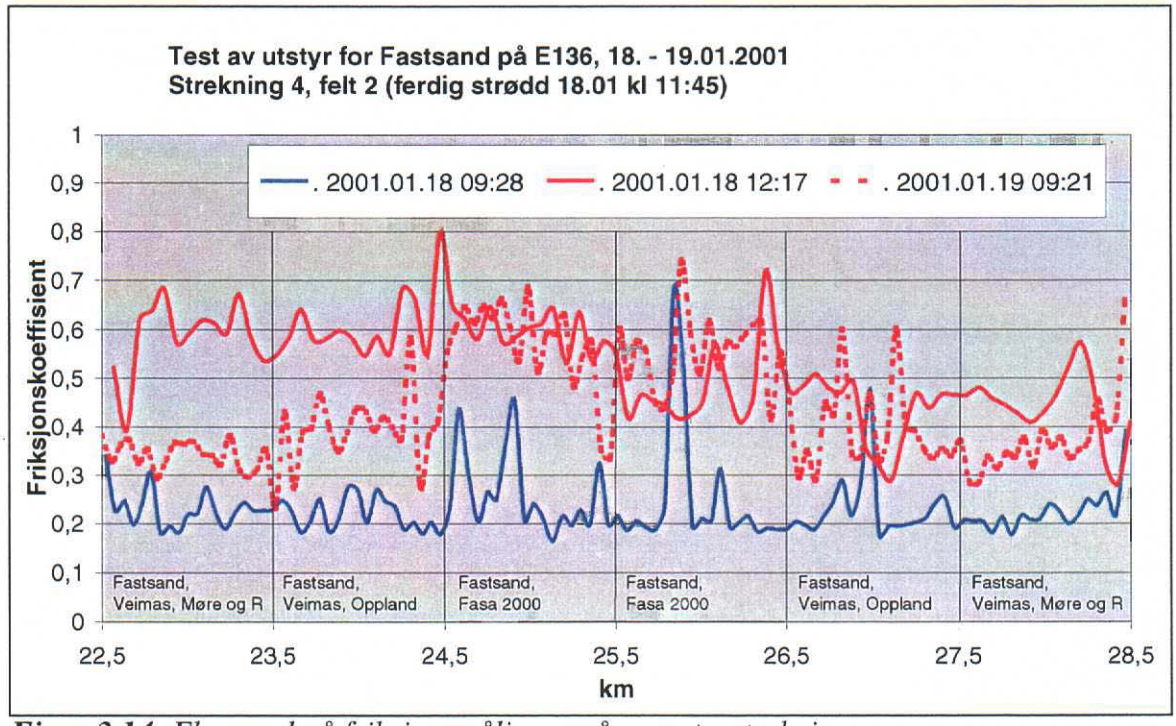
Friksjonsmålingene skjer ved at et eget målehjul bremses ned til full stopp. Målemetoden betegnes som "Variabel slip". Dette gir målinger av hva som skjer under bremseforløpet i form av

en bremsekurve, og det foretas beregning av friksjon flere ganger under nedbremsingen (for Oscar beregnes friksjonen også etter hvert som målehjulet gjenvinner hastigheten ved fritt løpende hjul). Maksimalfriksjonen som en har valgt å benytte som mål på friksjonen inntreffer vanligvis før hjulet er låst, men slipprosenten ved maksimalfriksjon vil variere avhengig av underlaget.

Alle Roar-målerne og Oscar måler variabel slip, mens Oscar og Roar Mark II også kan benyttes for måling av "Fast slip". Målehjulet bremses da med en fast slipprosent (bremsekraft) i forhold til underlaget.

I tillegg til friksjonsmålinger med Roar-målere og Oscar ble det også gjort en del målinger med C-μ. Analysene av friksjonsforholdene før og etter strøing er imidlertid i hovedsak basert på det mest avanserte måleutstyret siden dette gir de sikreste resultatene.

I de vitenskapelige sandingsforsøkene er det lagt hovedvekt på friksjonsforholdene ved måling av effekter og sammenligning mellom ulike metoder og materialtyper. Friksjonen er målt før tiltak, like etter tiltak og deretter er det foretatt målinger så lenge som mulig innenfor virkningstida av tiltaket, se eksempel i figur 3.14.



Figur 3.14: *Eksempel på friksjonsmålinger på en prøvestrekning*

Figur 3.14 viser et eksempel på resultater fra friksjonsmåling med en Roar-måler. Under målingene kjøres det med en konstant hastighet på 60 km/t, og med en måling hvert 2. sekund vil det si at det blir foretatt en måling hver 40. meter. På jevnt og stabilt underlag, er det svært god repeterbarhet ved gjentatte målinger på samme underlag. Det er også meget god korrespondanse mellom de ulike Roar-enhetene og Oscar selv om det er en viss variasjon mellom rådataverdier fra de ulike målerne.

Friksjonen innenfor ett delfelt på 1 km beregnes som gjennomsnittet av de ca 25 enkeltmålingene som registreres ved hver overfart. I de fleste tilfellene har det deltatt 2 eller 3 Roar-målere i tillegg til Oscar. Friksjonsnivået for hver overfart på de enkelte delfeltene er gjennomsnittet av korrigerte

Roar-verdier, jfr avsnitt 4.4. Dvs at det ligger et stort antall målinger bak resultatene fra hvert delfelt.

3.4.4 Bilder

Det ble tatt bilder med Roar Mark I ved bruk av Vidkon systemet. I tillegg ble det tatt bilder med annet kamerautstyr for å følge tilstandsutviklingen.

Ved de to sandingsforsøkene i januar og februar ble det benyttet varmekamera for å understøtte dokumentasjonen av virkemåten til ulike biler og spredeteknikker. Til dette formålet ble det benyttet et kamera av typen Inframetrics SC1000 som dekker temperaturintervallet -10^0 til $+2000^0$ C. Følsomheten til varmekameraet er på $0,1^0$ C. Ved analyse av bildene er emissiviteten (strålingsevnen) til blandingen av sand og vann satt til 0,94.

3.4.5 Snø-/isdekkets beskaffenhet

Det ble foretatt måling av tykkelsen på snø-/isdekket under alle forsøkene. Under høvelforsøket på Røros ble det i tillegg foretatt målinger med laser av overflatestrukturen på snø-/isdekket (makrotekstur).

For å bestemme beskaffenheten på snø-/isdekket er det benyttet en metode med måling av avtrykket av en jernkule som slippes fritt med en bestemt fallhøyde. Ut fra det foreliggende datamaterialet er hardheten ikke funnet å ha noen entydig påvirkning på friksjonen som oppnås med Fastsandmetoden. En årsak til dette kan være at forholdene varierte for lite under hovedtestene 16. – 19. januar og 13. – 16. februar, og det er derfor ikke foretatt nærmere analyser på denne parameteren.

4 Resultater

4.1 Generelt

Sandingsforsøkene sesongen 2000/2001 har vært konsentrert om testing av de nye strøbilene i forhold til funksjonalitet og effekter på veg i form av friksjonstilskudd. Det er derfor også benyttet ulike gruskvaliteter for å avdekke eventuelle problemer med massehåndteringen. Et viktig moment ved testene av det nye utstyret har vært å undersøke hva spredertypen har å si for resultatene.

Når det gjelder testing av ulike typer høvelskjær, er disse gjort som en forstudie for se hvilket friksjonsbidrag høvling gir, og hvilken betydning skjærtypen har for resultatene som oppnås.

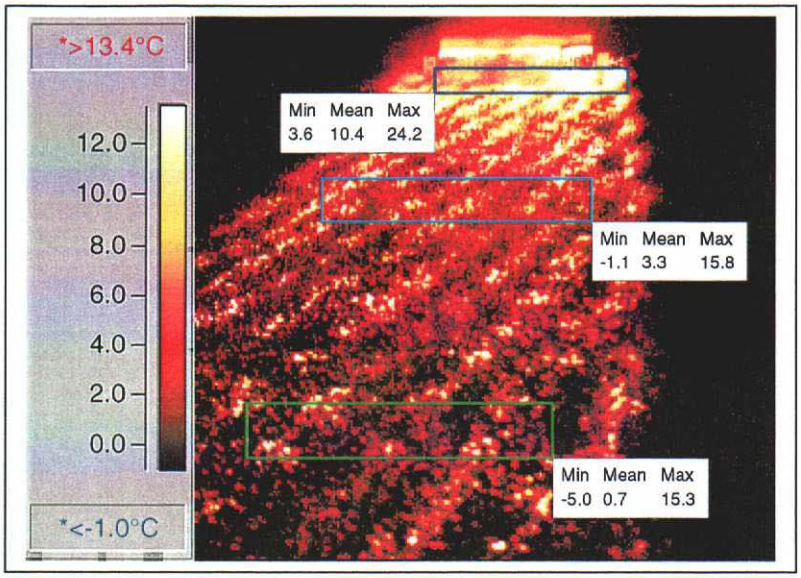
4.2 Virkemåten til spredere for varmbefuktet sand

Figurene 4.1-4.6 viser bilder som er tatt med varmekamera av de enhetene som inngikk i testene sesongen 2000/2001 med unntak av bilen fra Falköping. I tillegg til datoen er det angitt luft- og vegbanetemperatur på fotograferingstidspunktet. Kameraet som er benyttet har en sensor som registrerer varmestrålingen i området som er dekket av kameraet. Variasjonene i temperaturen i et bildeutsnitt framgår av forskjellige fargenyanser. Ved etterbehandling av bildene kan grensene for fargeskalaen settes slik at temperaturvariasjonene blir tydeligst mulig. Pga temperaturforskjellene i de situasjonene som er presentert, er det derfor benyttet ulike temperaturgrenser. I analysen av bildene kan temperaturen avleses punkt for punkt eller innenfor et definert område som det framgår av figurene som er gjengitt.

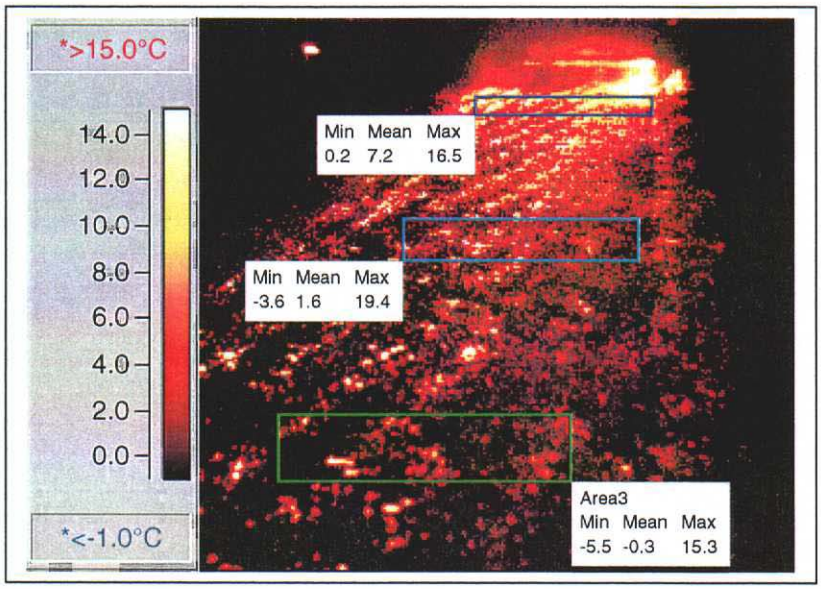
Figur 4.1 er tatt av den norske prototypen som ble bygd til sesongen 1999/2000 (bil 2) og figur 4.2 viserer sprederen som er levert av Epoke og som også er basert på bruk av etterhengende spreder (bil 4). Begge bilene viser en god og nesten identisk ytelse. Det er en jevn temperaturfordeling over hele sprederbredden, og det er nesten identiske overflatetemperaturer bakover fra sprederen.

Figurene 4.3 (bil 1) og 4.4 (bil 3) viser temperaturbildet ved bruk av tallerkenspreder. De 2 bilene med tallerken fra henholdsvis Schmidt/Øveraasen og Veimas viser også en bortimot identisk temperaturfordeling.

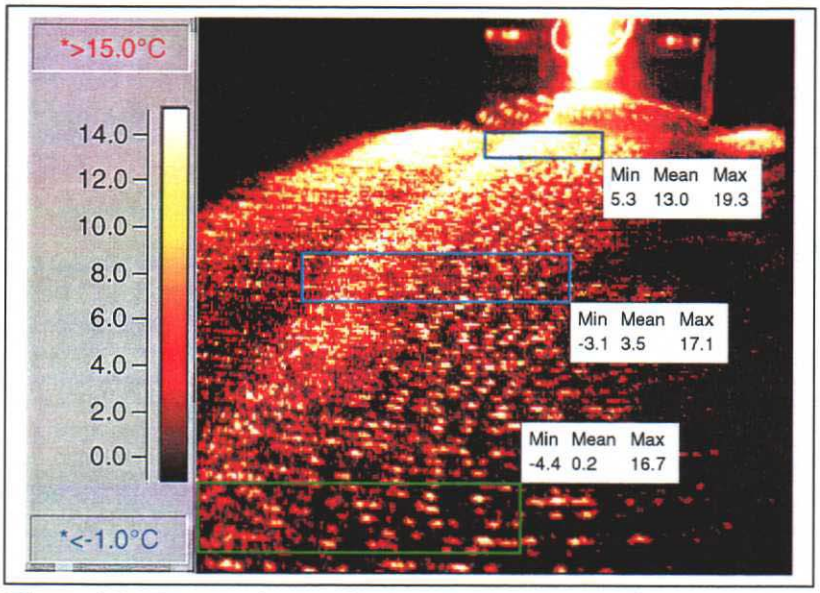
En sammenligning mellom etterhengende spreder og tallerkenspreder tyder på at forskjellene mellom de 2 spredertypene er blitt mindre enn den var sesongen 1999/2000 som var den første vinteren tallerkenspreder ble benyttet. Det er som en kan se av figurene 4.1 – 4.4 bare små forskjeller i varmefordelingen mellom de 2 spredertypene. Dette gjelder også ved lavere temperaturer, se figurene 4.5 og 4.6.



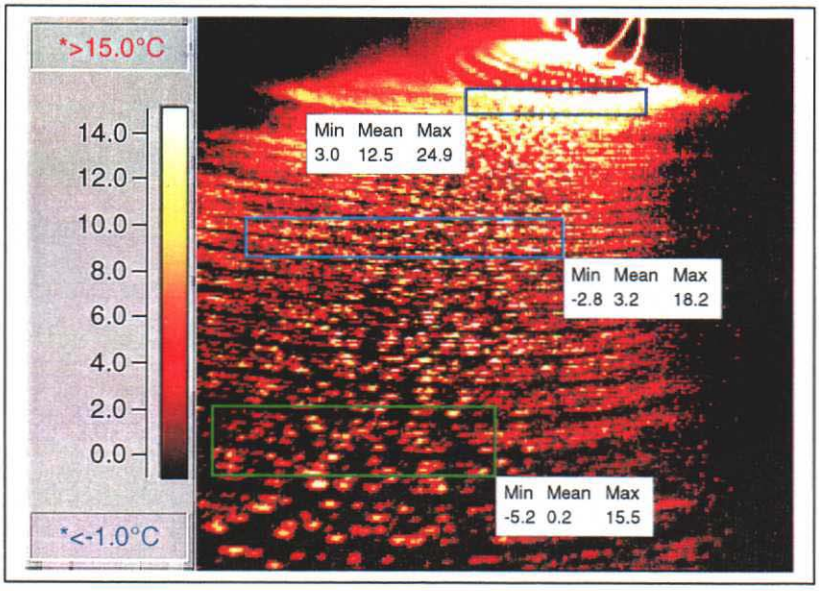
Figur 4.1: *Fastsand, norsk prototype levert av Mec Tec AS (bil 2). Bilde tatt med varmekamera 13.02.2001, luft: -2.8^0 C, vegbane: -3.5^0 C*



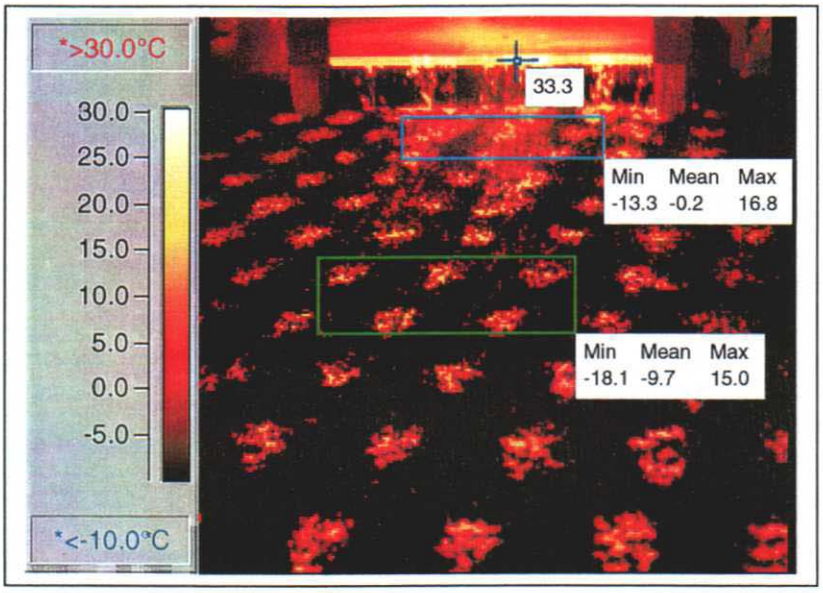
Figur 4.2: *Fastsand, spreder levert av Epoke med etterhengende spreder (bil 4). Bilde tatt med varmekamera 13.02.2001, luft: -2.8^0 C, vegbane: -3.5^0 C*



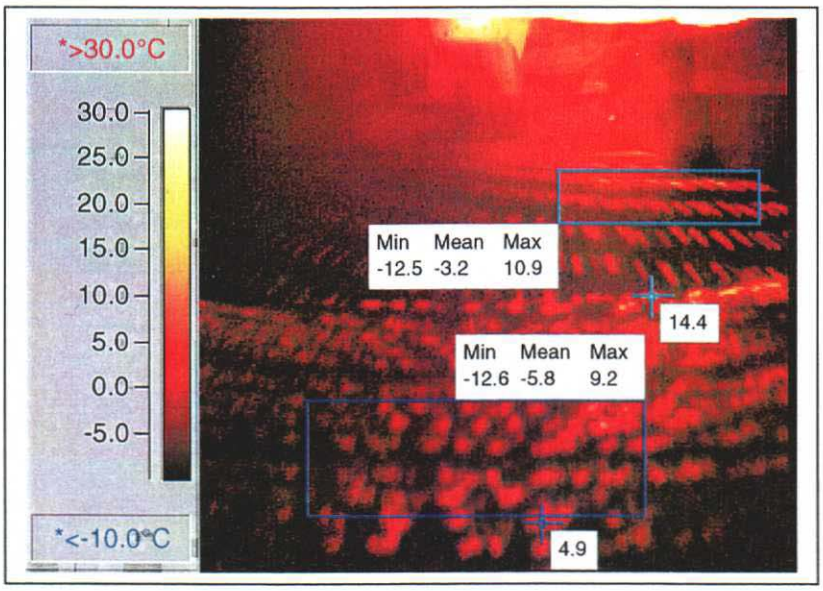
Figur 4.3: *Fastsand, spreder levert av Schmidt/Øveraasen med tallerkenspreder (bil 1). Bilde tatt med varmekamera 13.02.2001, luft: -2.8^0 C, vegbane: -3.5^0 C*



Figur 4.4: *Fastsand, spreder levert av Veimas med tallerkenspreder (bil 3). Bilde tatt med varmekamera 13.02.2001, luft: -2.8^0 C, vegbane: -3.5^0 C*



Figur 4.5: *Fastsand, spreder levert av Mec Tec AS med etterhengende spreder (bil 2). Bilde tatt med varmekamera 16.01.2001, luft: -18.8^0 C, vegbane: -14.5^0 C*



Figur 4.6: *Fastsand, spreder levert av Veimas med tallerkenspreder (bil 3). Bilde tatt med varmekamera 16.01.2001, luft: -18.0^0 C, vegbane: -14.5^0 C*

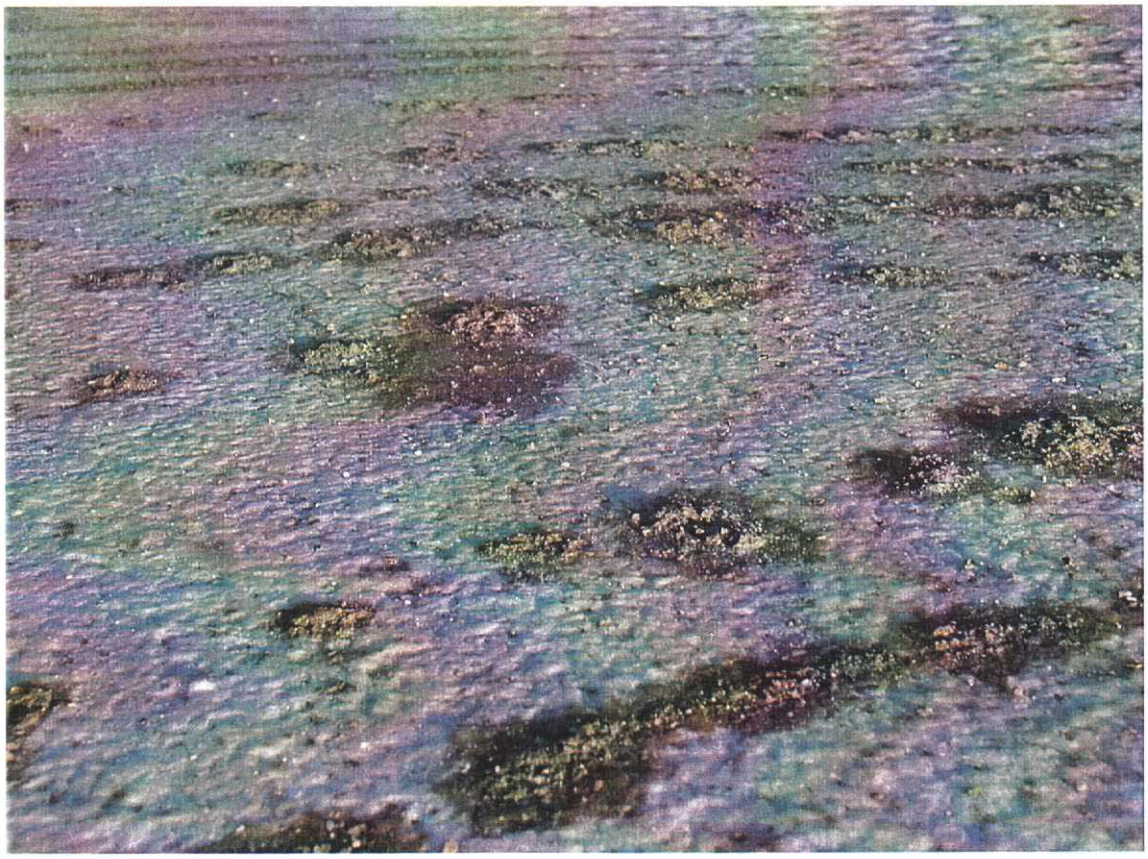
Under de første testene i januar ble det avdekket en del feil og forstyrrelser på de nye sprederne som må sees i sammenheng med at utstyret var helt nytt, og det var derfor også naturlig å forvente en del innkjøringsvanskeligheter. Problemene var imidlertid ikke større enn at testene av utstyret ble gjennomført som planlagt.

Av de viktigste forholdene som ble påpekt under de første testene, og som ble rettet opp av leverandøren, kan nevnes:

- Generell sikring mot eventuell overoppheting
- Montering av vannslanger av varmebestandig materiale og riktige flenser på slanger som fører varmt vann
- Montering av metallrør for dieseltilførsel
- Frostsikring av oppvarmingssystem og vanntanker

Både under testen i januar og senere tester oppstod det en del problemer med frammating av noen av de grusmassene som ble benyttet. Vanskelighetene oppstod både med tallerkenspredere og etterhengende spredere, og knytter seg ikke til noen bestemt leverandør. Det er derfor et generelt behov for å forbedre massehåndteringen ved strøing med sand. Særlig viktig er dette ved bruk av Fastsandmetoden fordi det er ønskelig å ha et relativt høyt finstoffinnhold i massen.

I figur 4.7 er vist et eksempel på den strukturen som oppnås ved strøing med Fastsand med tallerkenspreder.



Figur 4.7: *Resultat etter strøing med Fastsand og tallerkenspreder (Pietsch). Rv 27 15.02.2001. 0-4 mm knust naturgrus, 180 g/m^2.*

Med den anbefalte vannmengden på ca 30 volumprosent vann, høy vanntemperatur og tilstrekkelig med finstoff i grusmaterialene, oppnås det en dobbelt effekt. Det skjer en

sammenbinding av grusmaterialene i "klaser" samtidig som varmen i massen gjør at det skjer en rask nedsmelting og tilfrysing igjen av det øverste skiktet i snø- og isdekket. Dette sikrer en god vedheft til underlaget. I prinsippet er dette det samme som skjer ved bruk av etterhengende spreder.

4.3 Forhold rundt testene av høvelskjær

Resultatene fra testene av høvelskjær må som tidligere nevnt sees i lys at forholdene ikke var optimale for høvling hverken på Haukeli eller Røros. Begge stedene var snø-/og islaget av en slik beskaffenhet og liten tykkelse at høvelen måtte kjøres med redusert trykk i forhold til høvling med normal belastning. I tillegg var det mildt og en del solinnstråling under forsøkene på Røros. Dette gjør at en skal være forsiktig med å trekke konklusjoner om høvelforsøkenes gyldighet utover den type forhold en hadde under forsøkene.

4.4 Analysegrunnlag

I presentasjonen av resultatene er friksjonen beskrevet på følgende måter:

- Friksjon før tiltak - den friksjon som er målt nærmet opp mot tidspunktet for tiltak
- Friksjon etter tiltak - kan være oppgitt enten rett etter tiltak eller en viss tid etter tiltak
- Friksjonstilskudd, E - effekten i form av friksjonstilskuddet er beregnet som forskjellen i friksjonsnivået etter tiltak i forhold til friksjonsnivået like før tiltak

For at alle måleresultatene skal være sammenlignbare, er det valgt å benytte såkalt Oscar-verdi ved angivelse av friksjonsnivå. Bakgrunnen for dette er at det er bestemt at Oscar skal benyttes som referanse. Særlig fra testene i februar foreligger det samtidige friksjonsmålinger med ulike typer måleutstyr som gjør det mulig å beregne korreksjonsfaktorer for omregning fra måleverdier med målere av typen Roar til Oscar-verdi. Dette er gjort ved å ta ut gjennomsnittlig friksjonskoeffisient for alle delfelt som er målt med Oscar, og som samtidig er målt med én eller flere Roar-målere. I noen tilfeller er det en viss tidsdifferanse mellom overfartene med de forskjellige målerne, noe som trolig gjør at en ikke har fått riktig så god tilpasning som en ellers ville kunne fått med kortere tidsdifferanser.

For hver måler er det så foretatt beregning av en lineær regresjonslinje med Oscar-verdien som avhengig variabel og tilhørende verdi for de andre målerne som uavhengig variabel. Resultatet av disse beregningene er gjengitt i tabell 4.1. Faktoren R^2 er et uttrykk for hvor god tilpasningen er mellom regresjonslinjen og de enkelte måleverdiene. Dersom denne faktoren er 1,0 vil det si at alle målingene faller på en rett linje (regresjonslinjen). De beregnede sammenhengene er tilfredsstillende, og korreksjonene går samme veg ved at måleverdiene med Roar-målerne av typen Mark I reduseres med en faktor på 0,8-0,9 for å komme på samme nivå som Oscar. Roar Mark II er korrigert med en større faktor for å få en riktig tilpasning. Alle friksjonsmålingene er korrigert ut fra de beregnede sammenhengene i tabell 4.1.

Tabell 4.1: *Faktorer for omregning til Oscar-verdier*[1].

Roarmåler	Konstant	Faktor	R^2
Sør-Trøndelag	0,1116	0,527	0,76
Akershus	0,0059	0,8307	0,92
Buskerud	0,0621	0,8451	0,77

[1] $Oscarverdi = Konstant + Måleverdi_{Roar} * Faktor$

Til sammenligning er det i tabell 4.2 gjengitt de korreksjonsfaktorene som ble benyttet ved analysene på dataene fra sesongen 1999/2000.

Tabell 4.2: *Faktorer for omregning til Oscar-verdier*[1].

Roarmåler	Konstant	Faktor	R^2
Sør-Trøndelag	0,0169	0,796	0,84
Akershus	-0,02688	0,847	0,92
Hedmark	-0,0742	0,888	0,65
Buskerud	0,04456	0,771	0,82

[1] *Oscarverdi = Konstant + Måleverdi*$_{Roar}$ ** Faktor*

Analysene av hovedresultatene er basert på forsøk I - V. Totalt inngår 144 delfelt i dette materialet fordelt på henholdsvis 86 delfelt med tester av sprederutstyr og 58 delfelt med tester av høvelskjær. For hvert delfelt er det registrert følgende opplysninger:

- Metode
- Enhet (bil)
- Lufttemperatur
- Dekketemperatur
- Føretype (hardhet)
- Friksjon før tiltak, friksjon etter tiltak og friksjonstilskudd

Under testene av sprederutstyr ble det også registrert:
- Gradering (minste og største kornstørrelse)
- Dosering (gram/m^2)
- Mengde av ulike fraksjoner (gram/m^2)

I oppsummeringen av hovedresultatene er det valgt å legge hovedvekt på sammenligning av ulike spredere og skjærtyper. Det er også gjort vurderinger av om det er enkelte materialtyper som skiller seg ut for Fastsandmetoden. For nærmere detaljer om forsøksbetingelser og resultater fra de enkelte forsøkene, henvises det til kapittel 6.

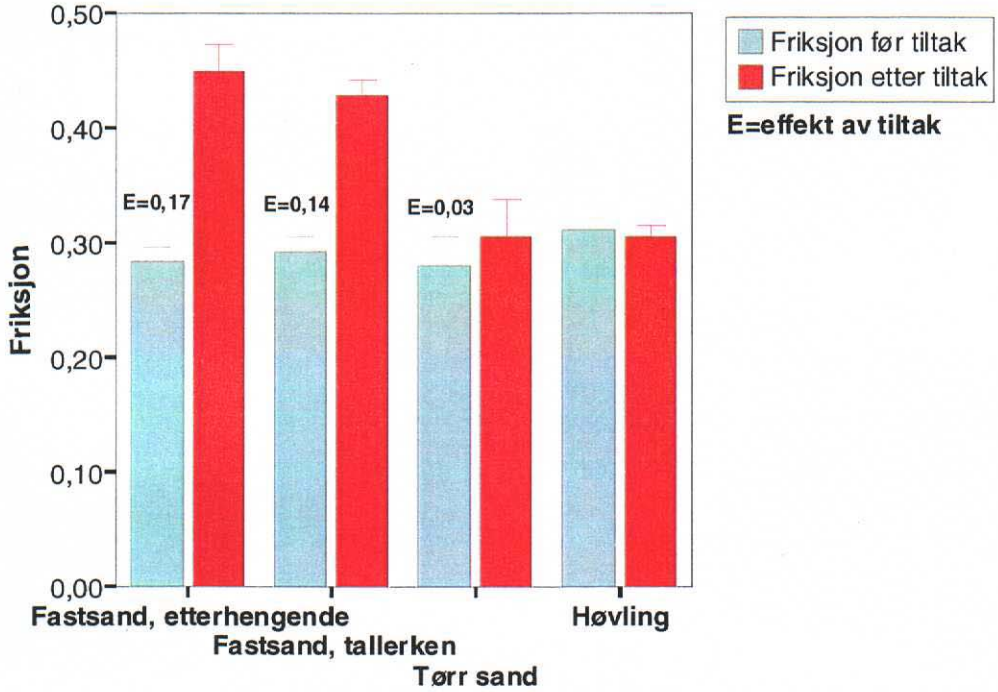
I analysene basert på gjennomsnittsverdier er materialet gruppert etter kriterier som er kommentert under hvert avsnitt. F eks er det skilt på ulike hovedtyper metoder. Materialet gir bare begrensede muligheter for å foreta en underoppdeling på flere nivåer fordi hver gruppe da blir for liten til å foreta sammenligninger.

I tillegg til gjennomsnittsverdier er det også gjengitt 95%-konfidensintervall for gjennomsnittsverdien (angitt med en tynn vertikal og horisontal strek). Dersom konfidensintervallene for 2 forskjellige grupper ikke overlapper hverandre vil det si at forskjellen er signifikant på 5% nivå. Dvs at det er mindre enn 5% sannsynlighet for at forskjellen er utslag av tilfeldige variasjoner.

Det er viktig å presisere at resultater som er statistisk signifikante vil være gyldig for forskjeller mellom de ulike metodene, men at de friksjonsnivåene som kan oppnås under andre forhold vil kunne variere sammenlignet med de beregnede gjennomsnittsverdiene for de aktuelle føretypene en hadde under forsøkene. Det er ikke skilt på føretyper selv om det var noe varierende forhold under forsøkene. Særlig gjelder dette forsøk II på Hjerkinn i februar, hvor det derfor er valgt å utelate resultatene fra strekning 1 ved beregning av gjennomsnittlige effekter. Testene fra Hurdalsvegen (Rv 180) er heller ikke regnet som representative for Fastsandmetoden.

4.5 Sammenligning av ulike metoder

I figur 4.8 er det laget en sammenstilling av gjennomsnittlig effekt rett etter tiltak for ulike hovedtyper metoder. For Fastsand er resultatene gjengitt for henholdsvis etterhengende spredere og tallerkenspredere. Fastsand gir i gjennomsnitt høyest friksjon etter tiltak og den beste effekten sammenlignet med tradisjonell sanding med tørr sand. Som det framgår av figur 4.8 kommer Fastsand betydelig bedre ut enn tørr sand uavhengig av spredertype. Både for etterhengende spreder og tallerkenspreder er friksjonen etter tiltak signifikant høyere ved strøing med Fastsand enn for tørr sand.



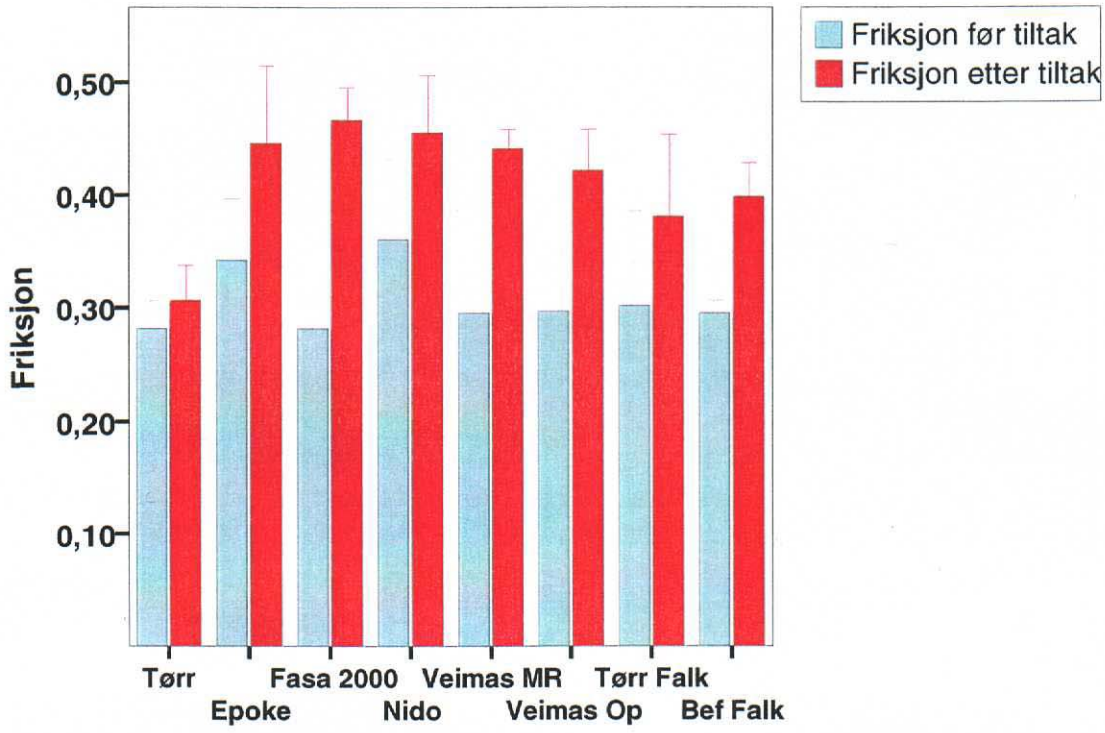
Figur 4.8: Gjennomsnittlige effekter av sanding og høvling på snø-/isdekke

Resultatene fra sesongen 2000/2001 bekrefter det en fant sesongen 1999/2001 både når det gjelder virkingen av tradisjonell strøing med tørr sand og Fastsand. Når det gjelder forskjellen mellom etterhengende spreder og tallerkenspreder, er det som en ser av figur 4.8 en liten forskjell til fordel for etterhengende spreder som i gjennomsnitt gir en noe høyere effekt enn tallerkenspreder. Forskjellen er imidlertid så liten at det ikke er grunn til å tillegge dette vesentlig vekt ved valg av spredertype. Dette er det heller ikke grunn til å forvente siden varmekamerabildene viser såvidt liten forskjell mellom de ulike strøbilene.

Når det gjelder høvling, er det som en ser av figur 4.8 ingen målbar effekt på friksjonen av den høvlingen som ble foretatt. Friksjonen er målt til å være uendret etter høvling sammenlignet med førsituasjonen (ikke signifikant forskjell). Som kommentert tidligere skal en være forsiktig med å trekke en generell konklusjon av høvelforsøkene til å gjelde ut over de forholdene det ble foretatt tester på. Det som imidlertid er sannsynlig er at den maksimale effekten av høvling ikke vil være høyere enn det som ble oppnådd under testene på Haukeli og Røros. Selv om friksjon som kan oppnås med høvling trolig ikke bli høyere enn det som framgår av figur 4.8, vil selve friksjonsforbedringen kunne bli større dersom friksjonen er lavere enn det som var utgangspunktet ved høvelforsøkene på Haukeli og Røros. Som ved sanding vil forbedringen i friksjon ved høvling trolig være større jo lavere friksjonen er før det iverksettes tiltak.

4.6 Sammenligning mellom ulike spredere

I figur 4.9 er gjengitt gjennomsnittsverdier for friksjon før og etter tiltak for de ulike sprederne som er testet sesongen 2000/20001. Siden de ulike enhetene delvis inngikk i forskjellige tester, hefter det en viss usikkerhet til noen av resultatene. Dette gjelder først og fremst sprederen fra Falköping som ikke ble testet samtidig med øvrig utstyr. Sprederen fra Nido og Epoke inngikk også i færre tester enn utstyret fra Veimas og referanseenheten fra Sør-Trøndelag.



Figur 4.9: *Gjennomsnittlige effekter av ulike enheter for sandstrøing*

Når det gjelder sprederne basert på tilsetting av varmt vann på 95^0 C (Epoke, Fasa 2000, Nido og Veimas), er det ingen signifikant forskjell mellom utstyr fra forskjellige leverandører. Det er heller ikke noe som tyder på at det er noen systematisk forskjell på resultatene for spredere med etterhengende spreder og tallerkenspredere.

Når det gjelder enheten fra Falköping, er den gjennomsnittlige effekten lavere enn for Fastsandspredere, men det er bare i forhold til referansebilen (Fasa 2000) at denne forskjellen er statistisk signifikant. Her må det imidlertid også tilføyes at forholdene under testen på Rv 180 ikke var direkte sammenlignbare med forholdene de andre sprederne ble testet under. Dette ser en bl a av resultatene som ble oppnådd med tørr sand på Rv 180. Det er faktisk ikke signifikant forskjell mellom tørr sand og befuktet sand under testen på Hurdalsvegen, noe som er med på å underbygge at det er begrenset effekt av Falköpingkonseptet sammenlignet med Fastsand, dvs befuktning med varmt vann.

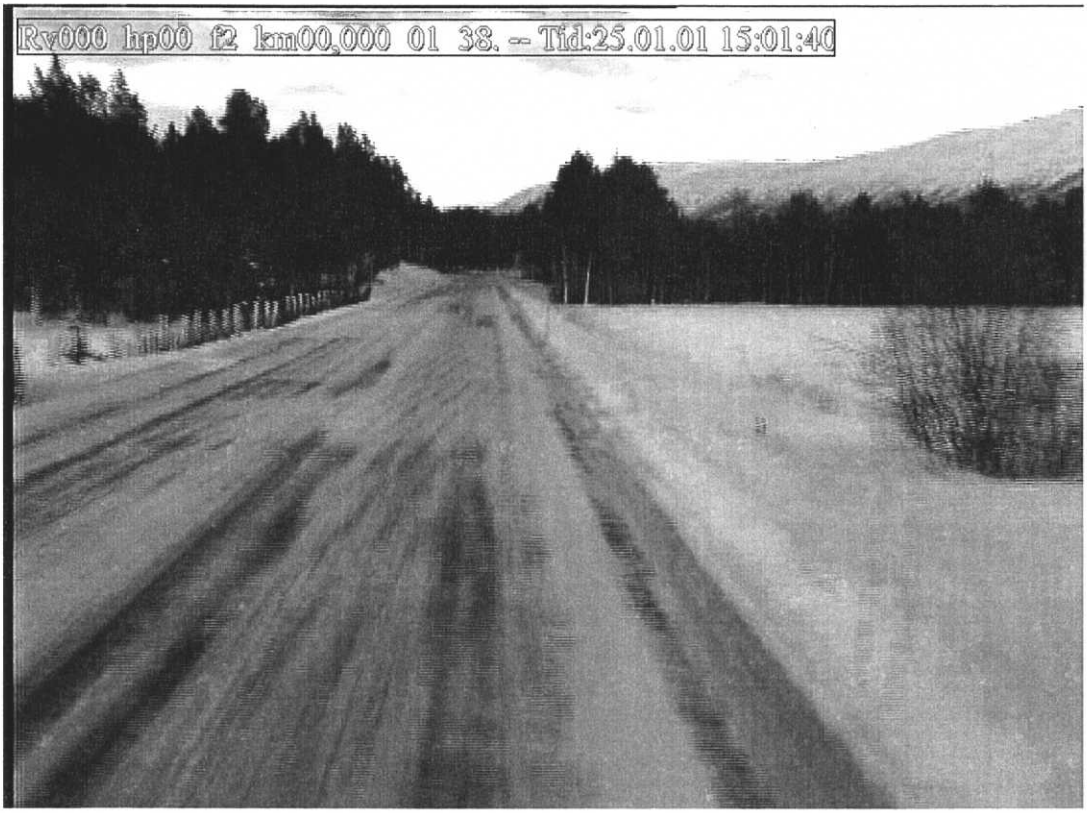
4.7 Langtidseffekt

Særlig forsøket på E136 i januar gir grunnlag for å studere langtidsvirkningen av Fastsandmetoden, og i figurene 4.10 – 4.13 er det vist et eksempel fra et tiltak som ble utført 18. januar.

Figur 4.10: *Strøing med Fastsand (Fasa 2000), E136 strekning 4, delfelt 14. Utført 18. januar ca kl 11:00, 0-6 mm knust fjell, dosering: 250 g/m².*

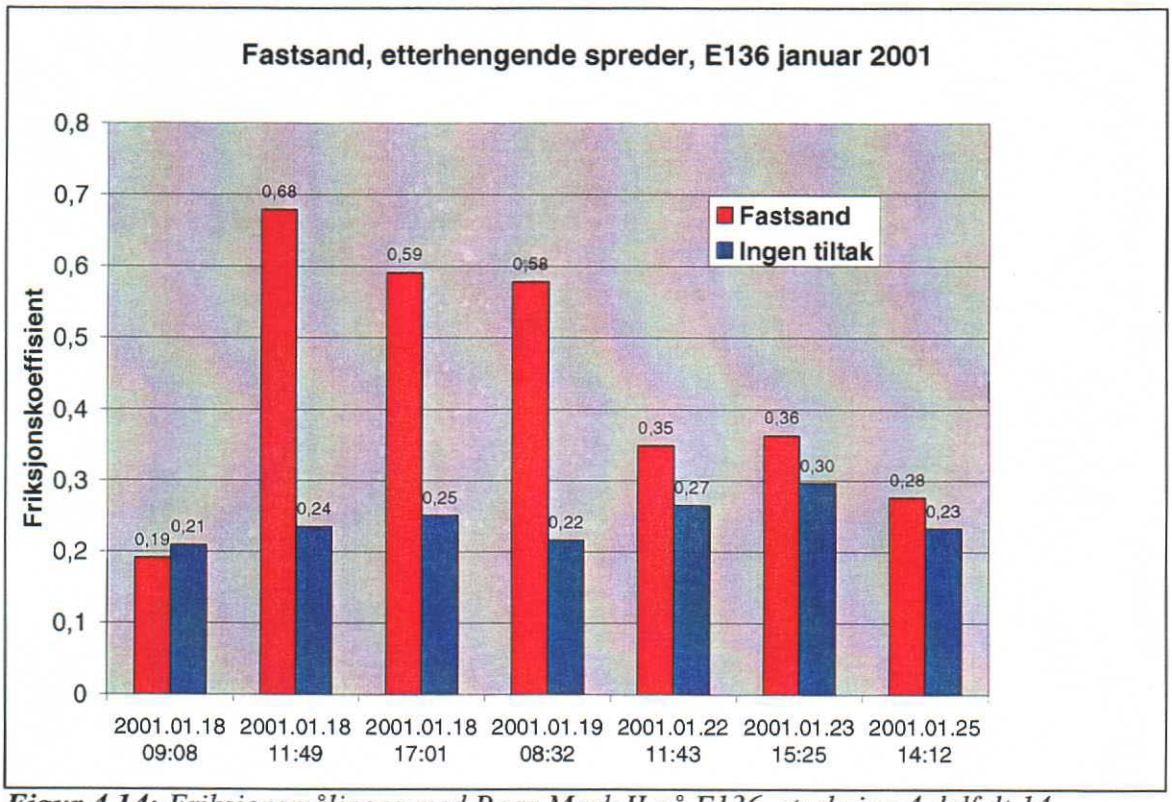
Figur 4.11: *E136, delfelt 14. Bilde tatt ett døgn etter tiltak*

Figur 4.12: *E136, delfelt 14. Bilde tatt 4 døgn etter tiltak*



Figur 4.13: *E136, delfelt 14. Bilde tatt 7 døgn etter tiltak*

Figur 4.10 viser strøbildet rett etter utført tiltak. Bildet i figur 4.11 er tatt ett døgn senere, og i figur 4.12 er det vist situasjonen på tilsvarende sted etter 4 døgn. Bildet som er tatt 25. januar, se figur 4.13, er tatt med VidKon-systemet på Roar Mark II. En kan faktisk fortsatt se det typiske strømønsteret fra Epokes etterhengende spreder.



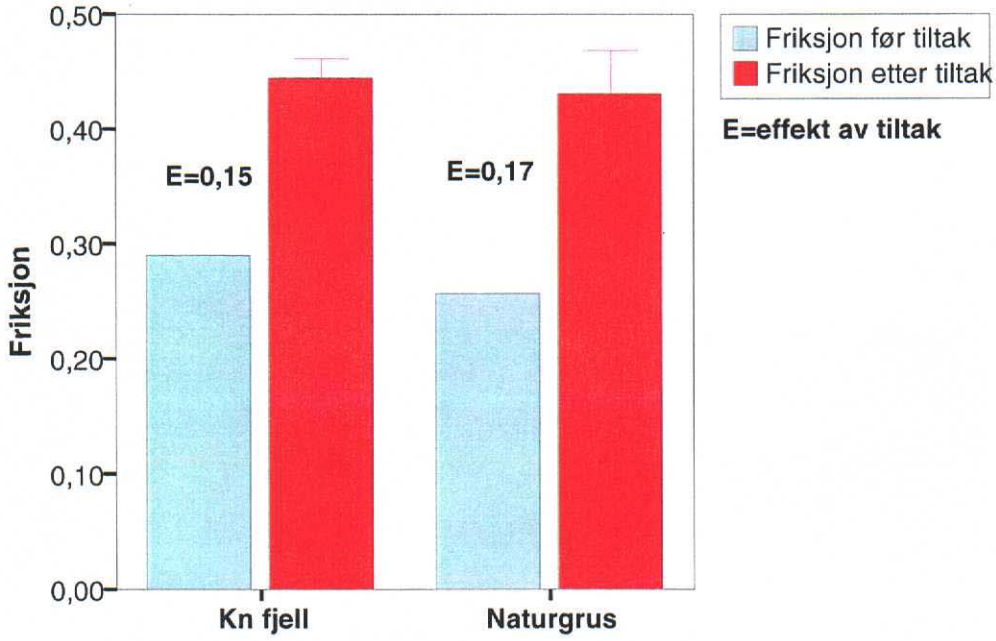
Figur 4.14: *Friksjonsmålinger med Roar Mark II på E136, strekning 4 delfelt 14*

Resultatene fra friksjonsmålingene på det aktuelle prøvefeltet framgår av figur 4.14. Som en ser av figur 4.14, ble det oppnådd svært høye friksjonsverdier med tiltaket. Friksjonen falt deretter noe utover ettermiddagen den første dagen, men er som en ser opprettholdt etter ett døgn. Nå mangler det målinger 20. og 21. januar slik at en ikke får hele utviklingsforløpet, men som en ser er det selv etter 5 døgn målt friksjonsverdier som er over "bakgrunnsnivået" på tilstøtende strekning hvor det ikke er utført tiltak.

Et annet eksempel er vist i figur 4.15 på neste side som viser et bilde som er tatt 8 timer etter tiltak på E6 over Dovre. I dette tilfellet ble det strøing på tynn ishinne.

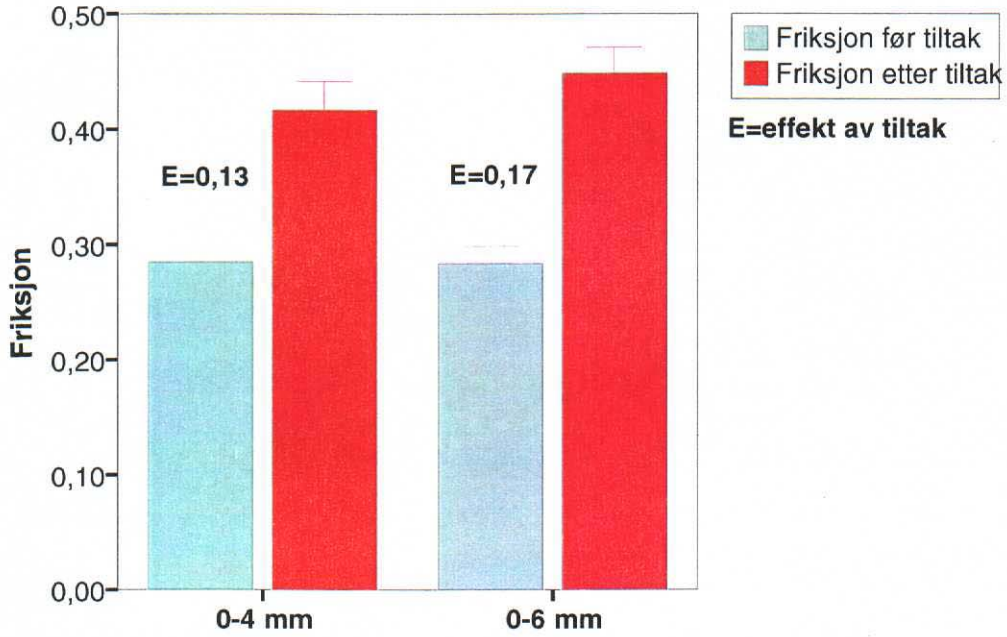
Figur 4.15: *Eksempel på resultat fra strøing med Fastsand på E6 over Dovre 15.02.2001. Bildet er tatt 8 timer etter tiltak. 0-4 mm knust naturgrus*

4.8 Materialkvaliteter



Figur 4.16: *Gjennomsnittlig effekt av ulike materialkvaliteter ved strøing med Fastsand*

I figur 4.16 er det foretatt en sammenligning mellom knust fjell og naturgrus ved strøing med Fastsandmetoden. Det er ingen signifikant forskjell i resultatene som ble oppnådd med de 2 gruskvalitetene.

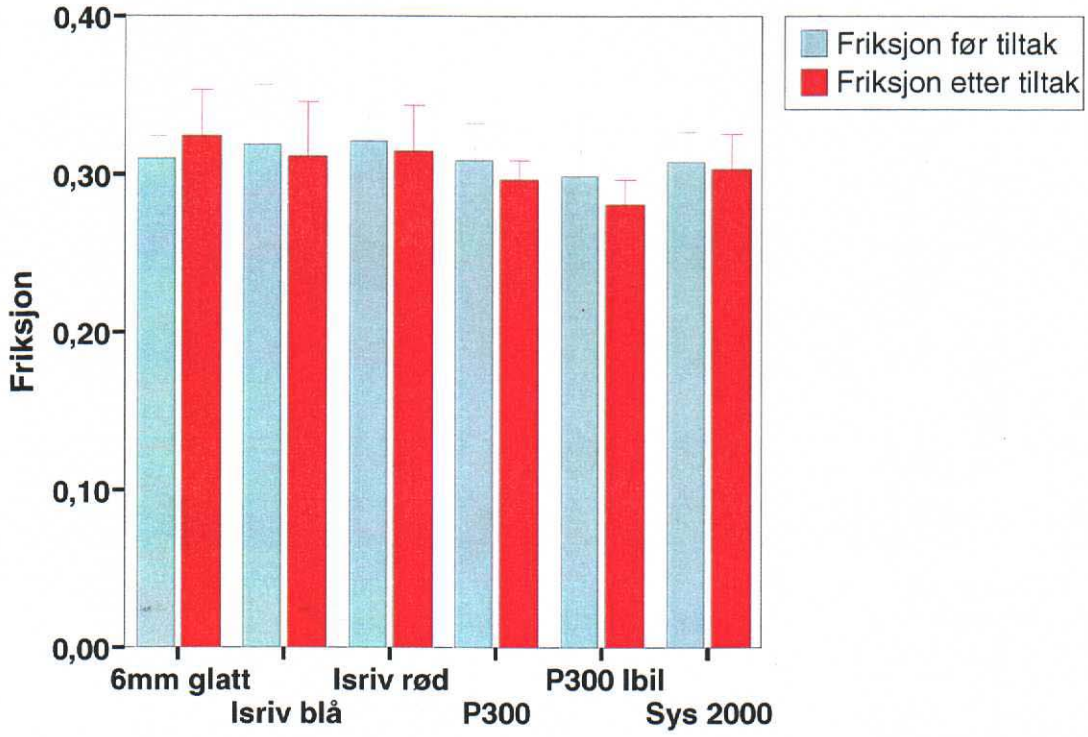


Figur 4.17: *Gjennomsnittlig effekt av ulike graderinger ved strøing med Fastsand*

En gruppering etter ulike graderinger, se figur 4.17, gir heller ingen signifikante forskjeller. Både resultatene i figur 4.16 og 4.17 er i samsvar med det en fant i forbindelse med testene som ble gjennomført sesongen 1999/2000.

4.9 Tester av høvelskjær

Figur 4.18 viser resultatene fra høveltestene. Det er beregnet gjennomsnittlig effekter og vist friksjon før og etter tiltak med ulike typer høvelskjær.



Figur 4.18: *Gjennomsnittlige effekter på friksjon etter høvling med ulike typer høvelskjær*

Som en ser av figur 4.18 er det ingen signifikant endring i friksjonen etter høvling for noen av skjærtypene. Det som er interessant å se er at på de forholdene en hadde under testene, er det bare for glatt skjær at det er en økning i friksjonen etter høvling. For de andre skjærtypene er det faktisk en tendens til lavere friksjon etter høvling enn før det ble gjort tiltak. Utslagene er imidlertid så små at en skal være forsiktig med å trekke konklusjoner ut fra de testene som er gjort.

Selv om en må ta en del forbehold, er det likevel ting som tyder på at glatt stål under visse forhold vil ha en positiv effekt på friksjonen. Under andre forhold kan andre skjærtyper være bedre egnet. For å komme fram til anbefalinger om valg av skjærtype under ulike forhold, vil en imidlertid være avhengig av å gjøre flere tester.

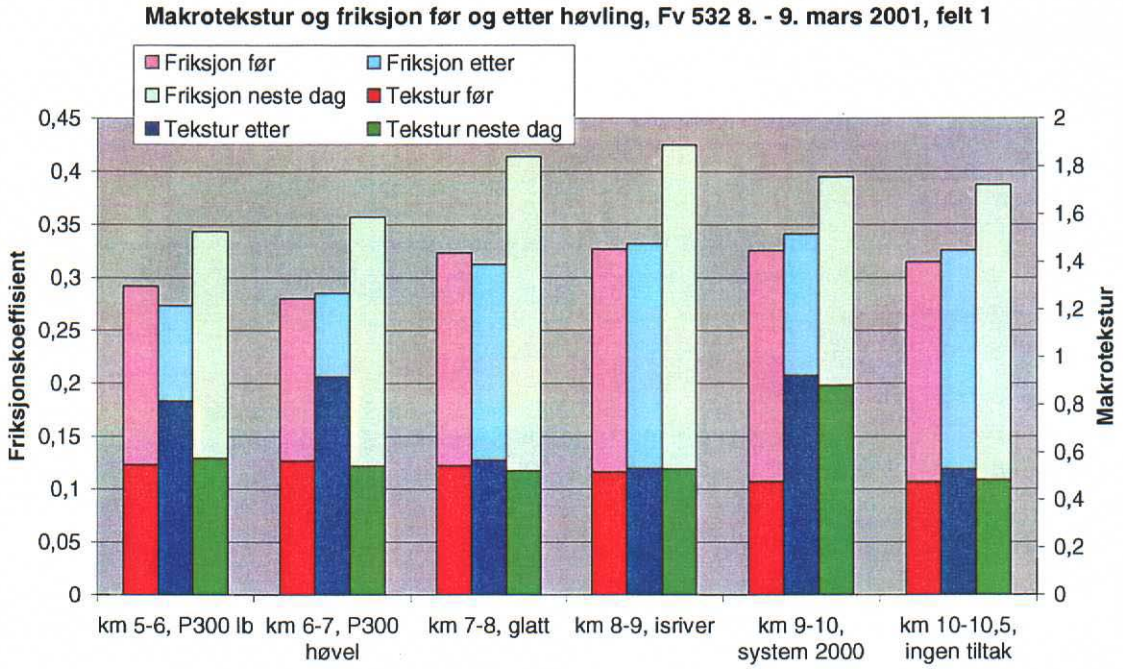
En annen effekt av glatt stål som ble observert, var at det glatte stålet fjernet mer av snø-/issålen enn de øvrige skjærtypene. Eksempler på dette framgår av figur 4.19 på neste side.

Figur 4.19: *Eksempel på resultatet etter høvling med ulike skjærtyper på Rv 9 på Haukeli. Overgang mellom isriverskjær (nederst) og 6 mm glatt stål øverst*

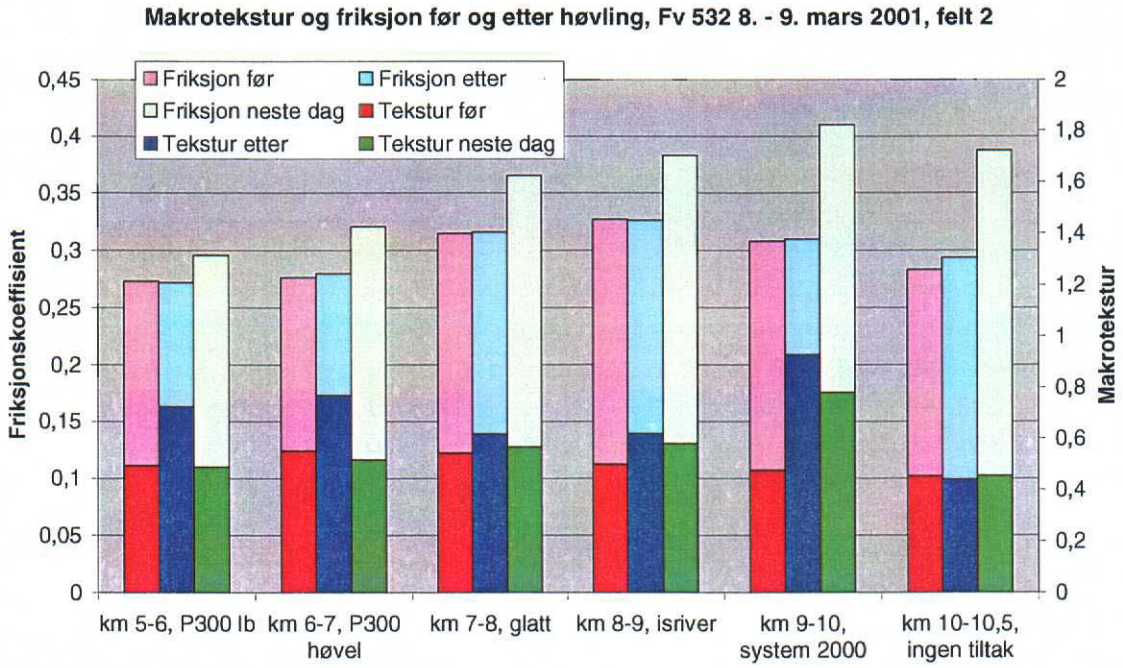
I figur 4.19 er det vist overgangen mellom 2 delfelt. På feltet nærmest er det benyttet isriverskjær og på det borterste feltet 6 mm glatt stål. Overgangen mellom de 2 skjærtypene er tydelig. På det aktuelle underlaget, og særlig på ettervinteren, vil det glatte stålet medvirke til at det blir raskere bar veg dersom det brukes på rette måten. Under andre forhold vil det kunne være riktig å velge andre skjærtyper.

Under forsøkene på Røros ble det i tillegg til friksjon også benyttet laser for å bestemme makroteksturen på snø-/isdekket. Målingen gjøres med en lysdiode med diameter på 0,5 mm og en målefrekvens på 32 kHz. Det foretas kontinuerlige målinger etter en internasjonal standard. Lysdioden er rettet over høyre kjørespor, dvs parallelt med kjøreretningen, og hvert "avtrykk" er gjennomsnittet av avlesningene over en linje som er 90-110 mm lang. Dette betyr at målemetoden ikke er velegnet til å få fram et representativt mål på effekten av å skape langsgående riller siden en ikke kjenner posisjonen av lysstrålen i forhold til rilleprofilet. Det måtte eventuelt vært lagt inn et filter for å ta bort verdier som ikke er representative for overflatestrukturen hjulene ruller på for å kunne sammenholde dette direkte mot den friksjonen som ble målt.

En har likevel valgt å gjengi resultatene fra teksturmålingene. I figurene 4.20 og 4.21 er det beregnet gjennomsnittlig makroteksturverdi, Mean Profile Depth (MPD), for delfelt med ulike skjærtyper det ble kjørt med på Fv 532. Sammen med makroteksturverdien er det tatt med tilhørende friksjonsverdi.



Figur 4.20: *Resultater fra måling av friksjon (høyeste søyler) og makrotekstur friksjon før og etter høvling på Fv 532, felt 1*



Figur 4.21: *Resultater fra måling avfriksjon (høyeste søyler) og friksjon før og etter høvling på Fv 532, felt 2*

Det er som en kan se av figur 4.20 og 4.21 ingen entydig sammenheng mellom friksjonen målt rett etter høvling og endringer i makroteksturverdiene under de forholdene en hadde på Fv 532. En årsak til dette kan være at friksjonsnivået var relativt høyt før tiltak. Det vil derfor være interessant å gjøre tilsvarende tester på mer isete og glatte overflater. I tillegg til å måle tekstur parallelt med kjøreretningen basert på filtrerte verdier som beskriver rulleflaten for hjulene, bør det da også sees på mulighetene for å registrere teksturen på tvers av kjøreretningen samt sidefriksjonen.

5 Anbefalinger

5.1 Fastsand

Etter sesongen 1999/2000 ble det konkludert med en anbefaling om videre satsing på Fastsand (varmbefuktet sand) basert på en løsning hvor oppvarmingen av vannet skjer på bilen. Det ble anbefalt at en grunnenhet for Fastsand bør bestå i:

- Strøaggregat med tallerkenspreder
- Kobling for etterhengende spreder
- Oppvarmingssystem for vann
- Isolerte tanker og rørsystem for kobling til valgt spredertype
- Sandbeholder og frammating som sikrer tilfredsstillende massehåndtering

Erfaringene fra forsøkene sesongen 1999/2000 dannet også grunnlaget for utforming av en kravspesifikasjon for Fastsandutstyr som ble utarbeidet våren 2000. Flere produsenter er nå inne på markedet, og totalt var det 9 Fastsandenheter i drift i Norge sesongen 2000/2001. Testene omfatter følgende enheter (produksjonsår er angitt i parentes):

- Fasa 2000 (Mec-Tec) - Sør-Trøndelag (1999/2000)
- Epoke - Sør-Trøndelag (ny sesongen 2000/2001)
- Schmidt/Øveraasen (Mec Tec har levert brennersystem) (ny sesongen 2000/2001)
- Veimas/Mec Tec - ny type:
    - Oppland (ny sesongen 2000/2001)
    - Møre og Romsdal (ny sesongen 2000/2001)

I tillegg til Fastsandenhetene er det foretatt en separat test av et utstyr fra Falköping basert på oppvarming av grusmaterialene med eksos og befukting med kaldt vann sammenlignet med strøing med tørr sand.

Den primære hensikten med sandingsforsøkene sesongen 2000/2001 har vært å teste ut de nye strøenhetene både med hensyn til funksjonalitet og driftsmessige forhold samt effekten på veg i form av friksjonstilskudd etter strøing. Det har også vært et mål å foreta videre sammenligning mellom tallerkenspredere og etterhengende spredere for å få verifisert resultatene fra forrige sesong hvor det ble funnet en liten forskjell til fordel for etterhengende spreder.

Resultatene fra sesongen 2000/2001 bekrefter det en fant sesongen 1999/2001 både når det gjelder virkningen av tradisjonell strøing med tørr sand og varmbefuktet sand. Fastsand gir i gjennomsnitt betydelig bedre friksjon enn tørr sand uavhengig av spredertype. Både for etterhengende spreder og tallerkenspreder er friksjonen etter tiltak signifikant høyere ved strøing med Fastsand enn for tørr sand.

Når det gjelder sprederne basert på tilsetting av varmt vann på 95^0 C, er det ingen signifikant forskjell mellom utstyr fra forskjellige leverandører. Det er heller ikke noe som tyder på at det er noen systematisk forskjell på resultatene for spredere med etterhengende spreder og tallerkenspredere. Dette er det heller ikke grunn til å forvente siden varmekamerabildene viser såvidt liten forskjell mellom de ulike strøbilene.

Resultatene fra forsøkene særlig i januar på E136 underbygger også betydningen av vannmengden, og det kan virke som at vannbehovet naturlig er større for helt tørr masse av knust fjell sammenlignet med naturgrus.

Når det gjelder enheten fra Falköping, er den gjennomsnittlige effekten lavere enn for Fastsandspredere, og resultatene viser at det er begrenset effekt av Falköpingkonseptet basert på kaldt vann sammenlignet med Fastsand hvor befuktningen skjer med varmt vann.

Ut fra de forsøk som er gjort er det konkludert med at Fastsandmetoden basert på tilsetning av varmt vann har et bredt anvendelsesområde, og kan derfor anbefales som supplement til eksisterende strømetoder. Det er viktig å poengtere at Fastsandmetoden også kan brukes under forhold en normalt ikke strør med sand eller har liten effekt av å bruke tradisjonelle metoder, som på tynne ishinner. Fastsand gir helt andre muligheter for å opprettholde friksjonsstandarden under forhold hvor det med dagens metoder strøs for sjelden til å holde friksjonskravet.

Den nye sandingsmetoden er nå så mye utprøvd at en faktisk kan si metoden vil egne seg under alle forhold hvor det er aktuelt å strø med sand, og i mange situasjoner vil Fastsand være betydelig mer effektiv enn tradisjonell strøing med tørr sand. Metoden vil være et alternativ til tradisjonell sanding i de aller fleste tilfeller hvor det anses aktuelt å iverksette sanding for å bedre friksjonsforholdene. Bruksområdet spenner fra våt is med varmegrader i lufta til kuldegrader og tynne ishinner. Best effekt og lengst varighet vil metoden ha på et hardt snø- og isdekke under stabile værforhold med kuldegrader.

Alt tyder på at Fastsand er den riktige metoden å satse på som alternativ til strøing med tørr sand. Ut fra erfaringene med utstyret som er testet sesongen 2000/2001, anbefales metoden tatt i bruk i større omfang som et supplement til eksisterende sandingsmetoder. På bakgrunn av de erfaringene en nå sitter med, anbefales det å gå til anskaffelse av 1-2 enheter for varmbefuktet sand i fylker hvor bruk av sand er en viktig del av vinterdriften for å opprettholde gode friksjonsforhold på vegnettet.

5.2 Høvling

Forstudien på høvling har hatt som hensikt å se på hvilket friksjonsbidrag høvling gir, og om en eventuell friksjonsforbedring varierer med skjærtypen.

Det er foretatt tester av følgende skjærtyper:

- Isriver, rødt
- Isriver, blått
- P300
- System 2000
- Glatt, 6 mm

Under de forholdene en hadde under forsøkene ble det ikke funnet noen målbar effekt på friksjonen av den høvlingen som ble foretatt. Friksjonen ble målt til å være uendret etter høvling sammenlignet med førsituasjonen. En skal imidlertid være forsiktig med å trekke en generell konklusjon av høvelforsøkene til å gjelde ut over de forholdene det ble foretatt tester på. Det som imidlertid er sannsynlig er at den maksimale effekten av høvling ikke vil være høyere enn det som ble oppnådd under testene på Haukeli og Røros. Selve friksjonsforbedringen vil imidlertid kunne bli større dersom friksjonen er lavere enn det som var utgangspunktet ved høvelforsøkene på Haukeli og Røros. Som ved sanding vil forbedringen i friksjon ved høvling trolig være større jo lavere friksjonen er før det iverksettes tiltak.

Ut fra forsøk med ulike typer høvelskjær er det ingen signifikant endring i friksjonen etter høvling for noen av skjærtypene. Det som er interessant å se er at på de forholdene en hadde under testene, er det bare for glatt skjær at det er en økning i friksjonen etter høvling. For de andre skjærtypene er det faktisk en tendens til lavere friksjon etter høvling enn før det ble gjort tiltak. Utslagene er imidlertid så små at en skal være forsiktig med å trekke konklusjoner ut fra de testene som er gjort.

Selv om en må ta en del forbehold, er det likevel ting som tyder på at glatt stål under visse forhold vil ha en positiv effekt på friksjonen. En annen effekt av glatt stål som ble observert, er at det glatte stålet fjerner mer av snø-/issålen enn de øvrige skjærtypene. Under andre forhold kan andre skjærtyper være bedre egnet. For å komme fram til anbefalinger om valg av skjærtype under ulike forhold, vil en imidlertid være avhengig av å gjøre flere tester.

6 Resultater fra de enkelte forsøkene

6.1 Generelt

I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av forsøksbetingelser, materialkvaliteter og utstyr/metoder som er testet under de ulike forsøkene sesongen 2000/2001. Det er også i korte trekk foretatt en oppsummering av resultatene fra de enkelte forsøkene som er gjennomført.

Resultatpresentasjonen består av 2 hovedtyper figurer med forsøksstrekninger som basis. I den ene typen figur er det vist utviklingen i friksjonsnivå for de enkelte delfelt innenfor samme forsøksstrekning. Det er gjengitt minst én slik figur for hver forsøksstrekning inntil forsøket ble avsluttet. Den andre typen figur viser friksjonstilskuddet, dvs forskjellen mellom friksjonen etter tiltak i forhold til førnivået. På disse figurene er det også gjengitt friksjonen rett etter tiltak. Rekkefølgen er slik at det er stigende delfeltnummer fra venstre til høyre i disse figurene.

Det har ikke vært mulig å følge de mest varige tiltakene ut hele virkningstida under alle testene. Avbruddene skyldes både endringer i værforholdene, og det at snø- og issålen i en del tilfeller var så tynn at det på noen delfelt ble såvidt sporslitt at det etter hvert ble vanskelig å skille effektene av utførte tiltak fra virkningen av sporslitasjen.

6.2 Forsøk på E 136 v/ Lesja 16. – 19. januar (forsøk I)

Tabell 6.1: Forsøksbetingelser under forsøk I

Føreforhold: Relativt jevnt snø-/isdekke på 1-2 cm. Oppholdsvær i hele perioden og stabilt kaldt vær, men betydelig temperaturstigning om kvelden 21. januar				
Strekn, se fig 6.1 – 6.4	Hverdagsdøgntrafikk: 870 kj lengst øst og 620 kjt lengst vest Tungtrafikk: 260 tunge kjt og 200 vogntog per døgn	Temperaturforhold		Antall delfelt
		Luft	Dekke	
1	E136, strødd 16.01, kl 10:00-10:30	-21	-14	3
2	E136, strødd 16.01, kl 15:30-16:10	-16	-15	3
3	E136, strødd 17.01, kl 10:00-10:15 og 12:10-12:25	-18	-17	4
4	E136, strødd 18.01, kl 10:45-11:45	-18	-14	6

Under testene i januar inngikk følgende utstyr:

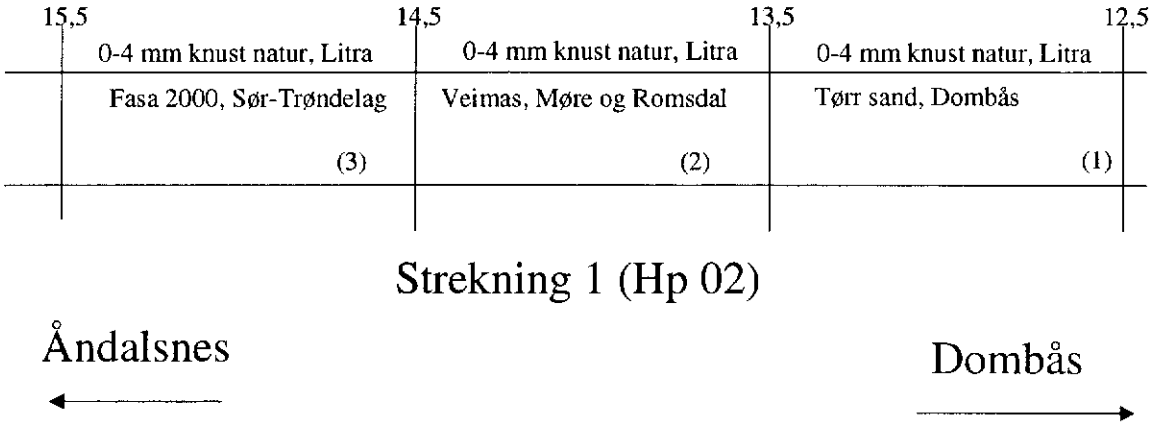
- Veimas, Møre og Romsdal
- Veimas, Oppland
- Fasa 2000, Sør-Trøndelag (referansebil)
- Privat bil fra Dombås for strøing av tørr sand

Bilen fra Oppland ble ikke benyttet før siste dagen under testen i uke 3 fordi det måtte skje opplæring på bruk av utstyret først.

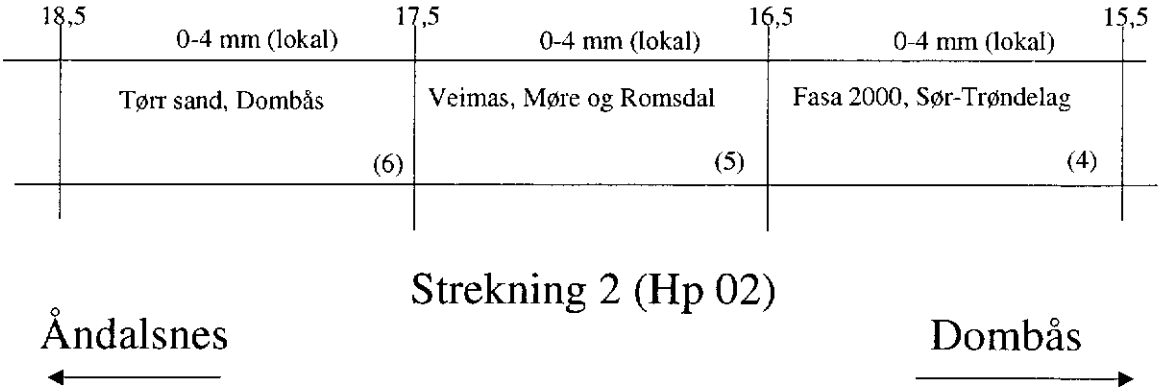
Til forsøkene på Lesja var det opprinnelig planlagt å teste følgende gruskvaliteter:

- Knust fjell, 0-4 mm
- Knust fjell, 0-6 mm
- Knust natur, 0-4 mm i 3 kvaliteter: uten salt og salttilsetning på henholdsvis 30 og 60 kg/m^2
- Knust natur, 0-6 mm i 3 kvaliteter: uten salt og salttilsetning på henholdsvis 30 og 60 kg/m^2

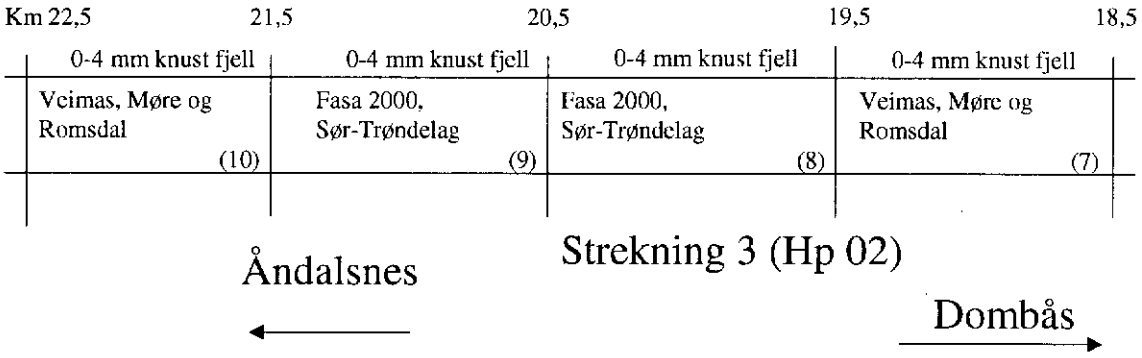
Pga de lave temperaturene under forsøkene, ble det besluttet å sløyfe forsøkene med saltblandet sand. Antall prøvestrekninger ble gjennomført som planlagt, men altså med et noe mindre omfang enn forutsatt.



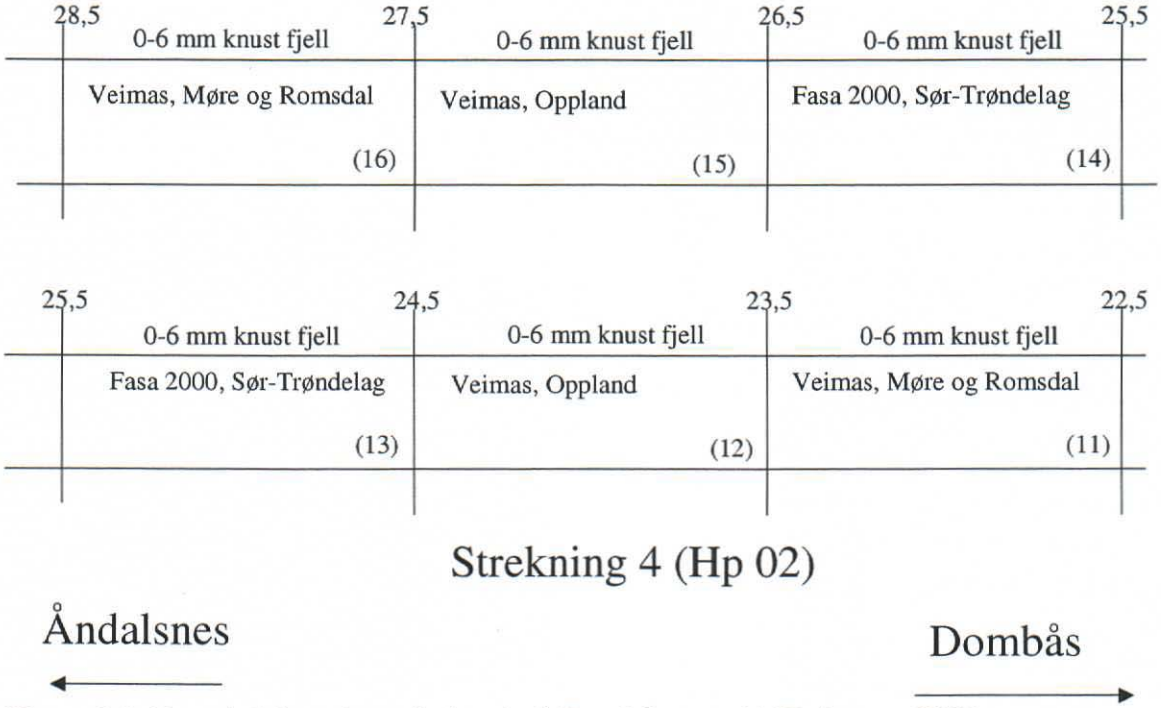
Figur 6.1: *Forsøk I, forsøksstrekning 1 på Dombås, strødd 16. januar 2001*



Figur 6.2: *Forsøk I, forsøksstrekning 2 på Dombås, strødd 16. januar 2001*

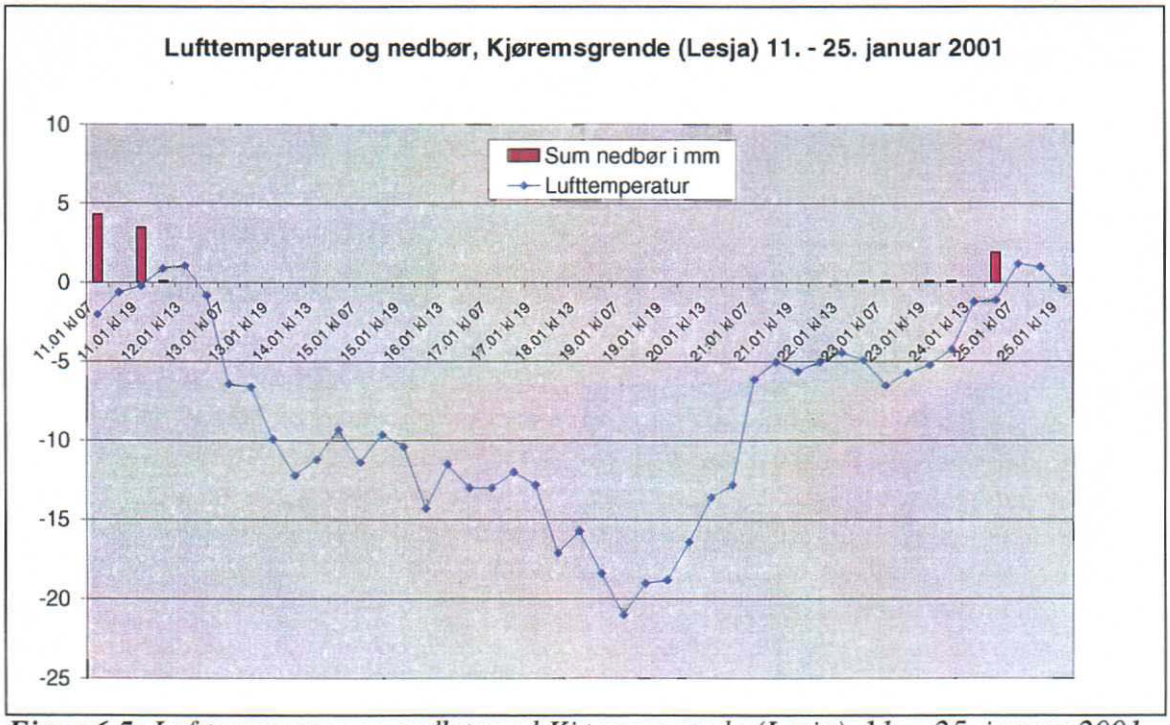


Figur 6.3: *Forsøk I, forsøksstrekning 3 på Dombås, strødd 17. januar 2001*



Figur 6.4: *Forsøk I, forsøksstrekning 4 på Dombås, strødd 18. januar 2001*

Under hele forsøksperioden, dvs 16. - 19. januar var det stabile værforhold uten nedbør, se figur 6.5. Det var et relativt homogent snø-/isdekke og gunstige forhold for den nye strømetoden.



Figur 6.5: *Lufttemperatur og nedbør ved Kjøremsgrenda (Lesja), 11. – 25. januar 2001. Kilde:DNMI*

Med temperaturer rundt -20 grader Celsius, er dette forhold det normalt ikke strøs under, men ut fra friksjonsmålingene var det likevel såvidt lave friksjonsverdier at en fikk realistiske tester.

Til forsøket på strekning 1 ble det benyttet knust naturgrus i en fraksjon på 0-4 mm levert i sekker på ca 1 tonn fra Litra A/S. Denne massen var produsert uka før forsøket, og hadde et relativt stort vanninnhold. Det viste seg da også at det ble en del problemer med massen. I hovedsak gikk dette på at grusen delvis frøs, det oppsto problemer med frammating, og det var også problemer med å få massen igjennom den etterhengende sprederen.

Til forsøket på strekning 2 ble det benyttet knust naturgrus fra Kårbøsæter grustak levert av fra Lesja buldoserlag. Siktekurven viser at denne massen har et stort innslag av fraksjonen 0-2 mm. Selv om massen var helt tørr, oppstod det store problemer med frammating av massen på alle Fastsandbilene. Den private bilen fra Dombås fungerte imidlertid uten vesentlige problemer.

Til forsøkene på strekning 3 og 4 ble det benyttet knust fjell fra Litra. Denne massen var helt tørr, og det var ingen problemer med frammating av massen. Det var imidlertid en del problemer med vannsystemet på de to nye strøbilene som ble løst på stedet av en mekaniker fra Mec Tec A/S. Mange av disse problemene må nok tilskrives at bilene nettopp var tatt i bruk, men tyder også på at varmesystemet kan være sårbart i sterk kulde. På referansebilen (Fasa 2000) var det ingen problemer med varmesystemet. Denne enheten virker stabil og driftssikker under alle forhold.

Under forsøkene i uke 3 fikk en synliggjort at metoden er relativt robust i forhold til vannmengde, men at det samtidig er viktig å ha tilstrekkelig vannmengde tilpasset grustype og temperaturforhold. Sprederne fra Mec Tec A/S var innstilt på maksimal vannmengde som er ca 40 l/min. På det siste delfeltet med referansebilen ble det kjørt med en vannmengde på ca 55 l/min. Som en ser av figur 6.13 var det best friksjon dette delfeltet.

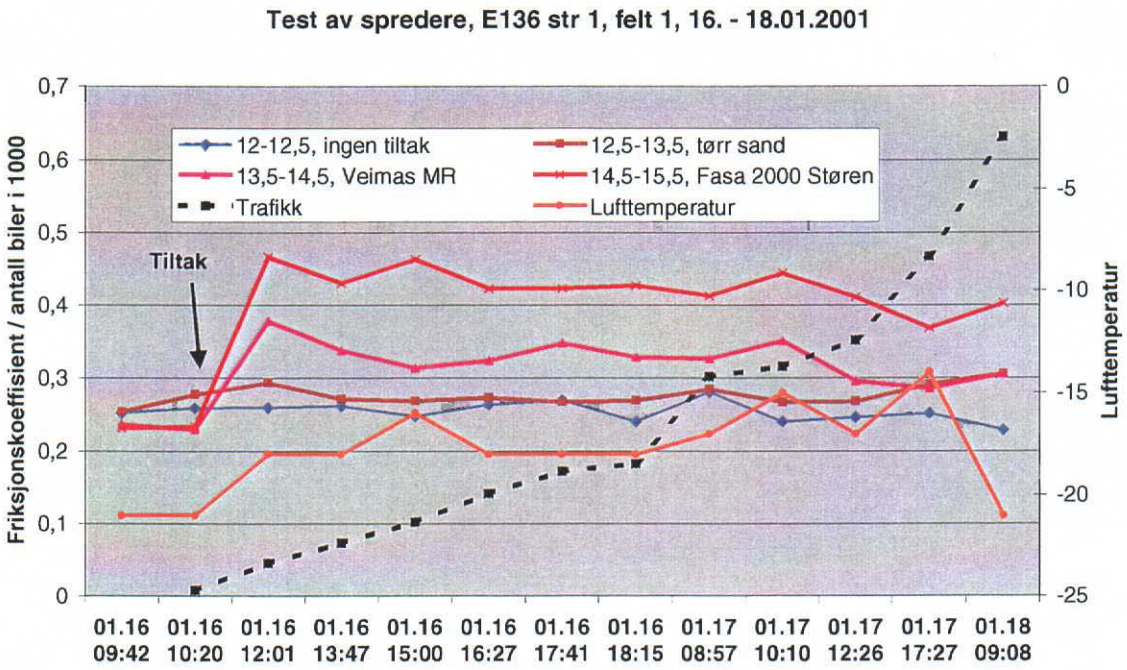
På det siste delfeltet som ble strødd med bilen fra Møre og Romsdal, ble det kjørt med forskjellig hastighet i de to kjøreretningene. I felt 1 var hastigheten ca 30 km/t mens det i felt 2 ble kjørt med en hastighet på ca 15 km/t. De ulike hastighetene har en tosidig effekt. I tillegg til å ha innvirkning på vannmengden, blir også strøbildet nokså forskjellig. Ved den laveste hastigheten blir det en tydelig "buevirkning", mens det ved den høyeste hastigheten blir et mer utflytende strøbilde. Ut fra figur 6.13 har hastigheten i dette tilfellet ikke hatt avgjørende effekt på friksjonen som ble målt rett etter tiltak, uten at en derav kan trekke noen konklusjoner om hastighetens betydning for resultatet, jfr figur 6.14. Som en ser av figur 6.14 er det vesentlig forskjell på de 2 retningene når det gjelder strøbildet. I retningen med høyest hastighet og derav minst vannmengde, er det tydelig at grusblandingen har "satt" seg dårligere enn i retningen med lavest hastighet.

Etter at selve forsøket ble avsluttet fredag 19. januar, ble det foretatt oppfølging av forsøksstrekningen med fotodokumentasjon og friksjonsmålinger helt fram til tirsdag 23. januar. Dvs at den siste målingen ble foretatt en uke etter at forsøket startet på den første forsøksstrekningen. Dessverre var snø-/isdekket såvidt tynt at det lengst øst ble en god del sporslitt og delvis bart i spor, dvs på strekning 1 og 2. På strekning 3 og 4, som ble strødd torsdag 18. med knust grus, er imidlertid tiltaket ble fulgt opp 5 døgn under stabile forhold. Resultatene er vist i figurene 6.8 og 6.9, og en kan tydelig se at tiltaket har hatt en særlig god varighet på delfeltet som ble strødd med etterhengende spreder den siste dagen.

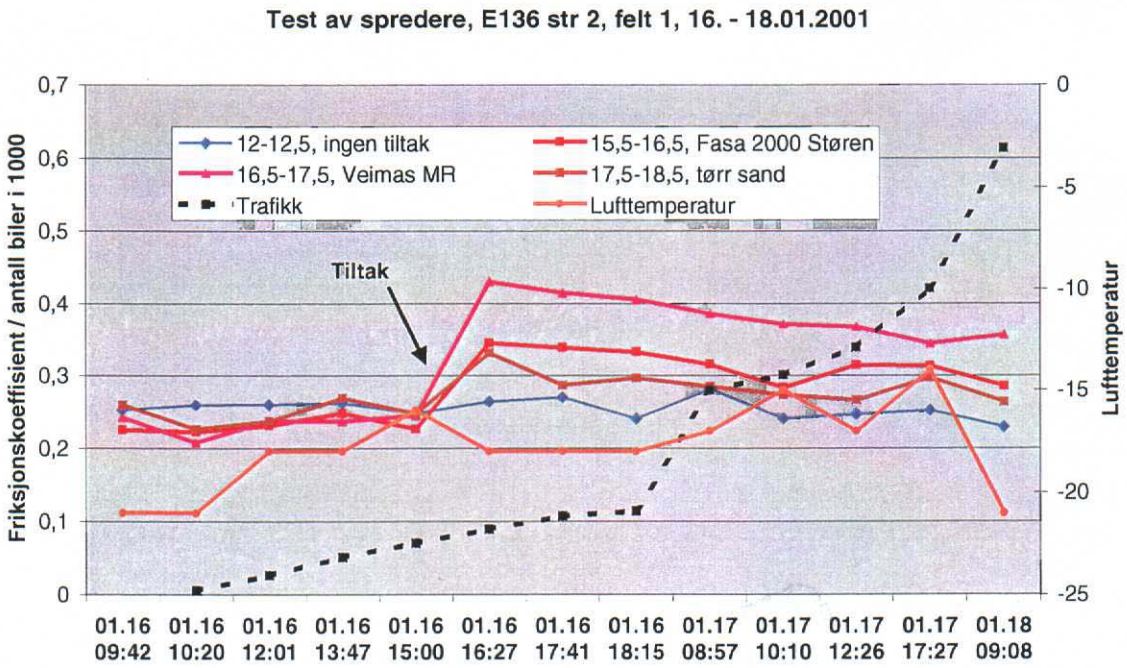
I tillegg til hovedforsøket på E136, ble det også foretatt strøing med våtsandbilene fra Oppland og Støren opp Dombåsbakkene på E6 torsdag ettermiddag. Det ble da delvis strødd på kald og tørr asfalt og delvis på et litt oppkjørt snø-/isdekke i venstre felt opp stigningen.

Onsdag ettermiddag ble det strødd med bilen fra Oppland oppover E6 fra Dombås til Hondyrju. Også dette med et godt resultat. Bilen fra Oppland benyttet i det tilfellet saltblandet sand i fraksjon 0-6 mm. Det ble foretatt oppfølging også av disse tiltakene, men i mindre omfang enn på hovedstrekningen.

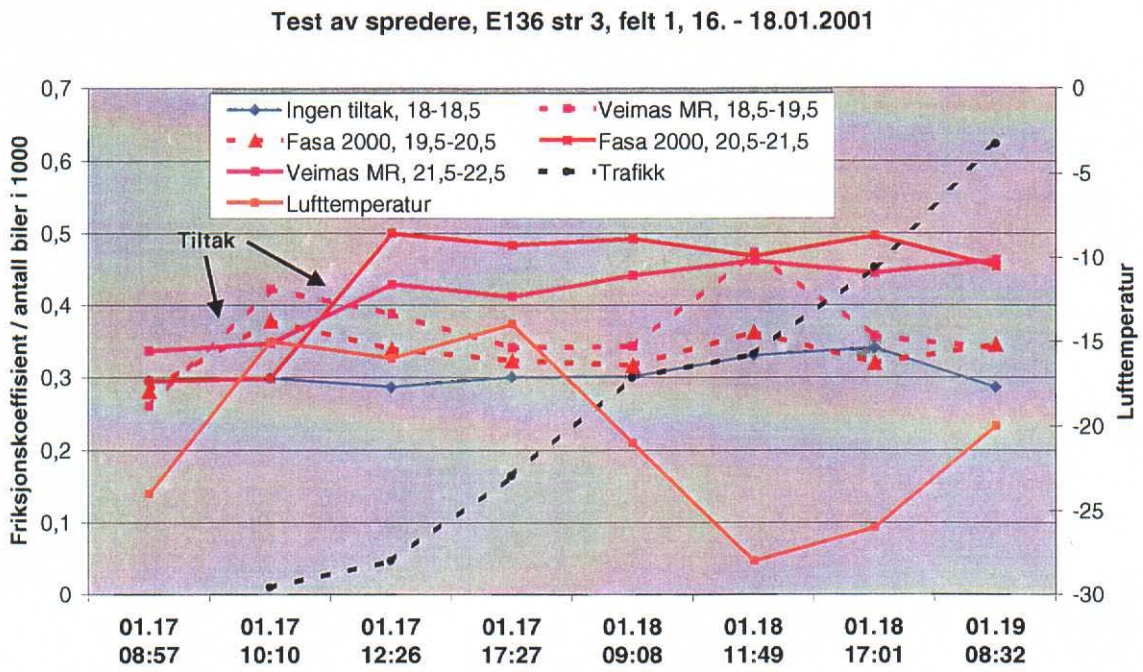
Resultatene fra forsøk I er gjengitt i figurene 6.6 – 6.14.



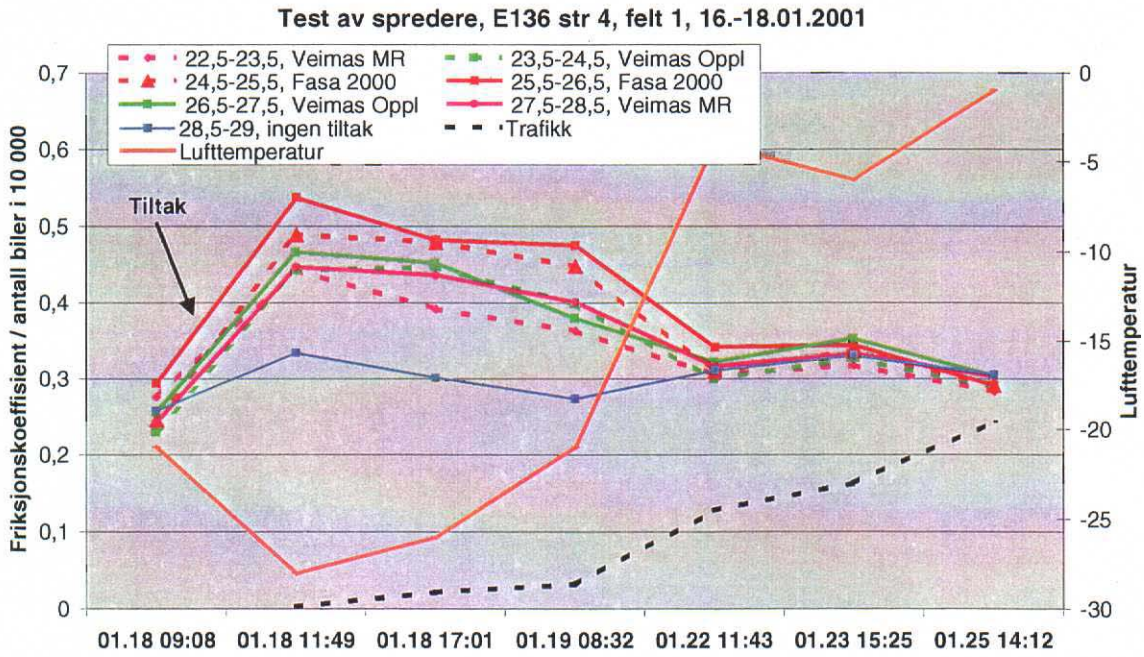
Figur 6.6: *Test av spredere på E136, 16. – 18.01.2001*



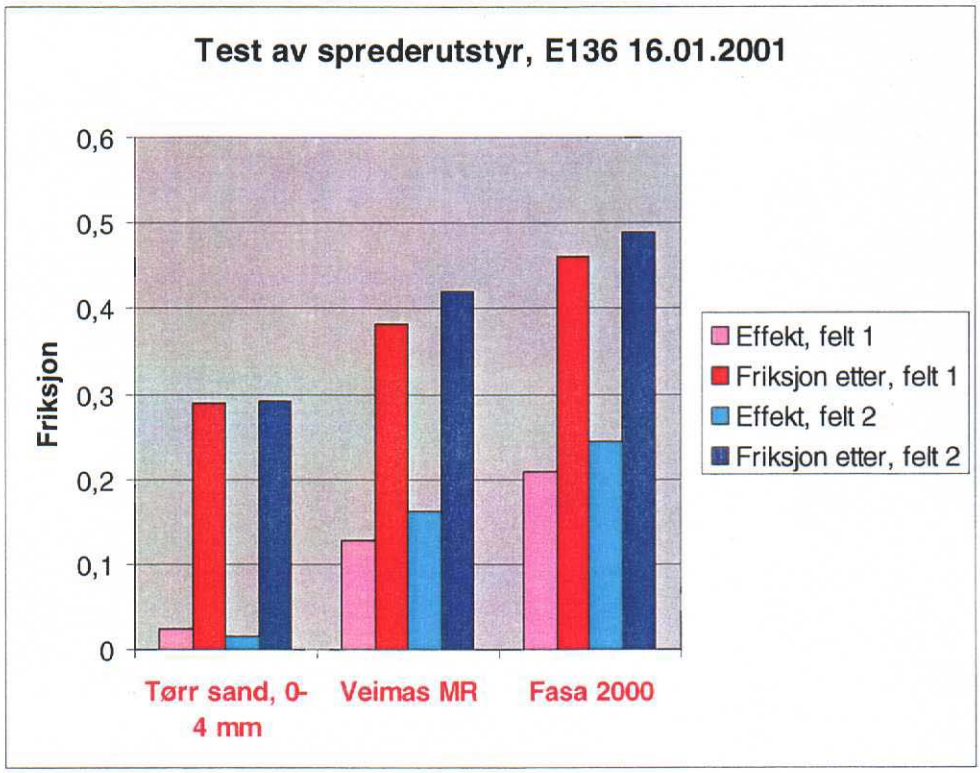
Figur 6.7: *Test av spredere på E136, 16. – 18.01.2001*



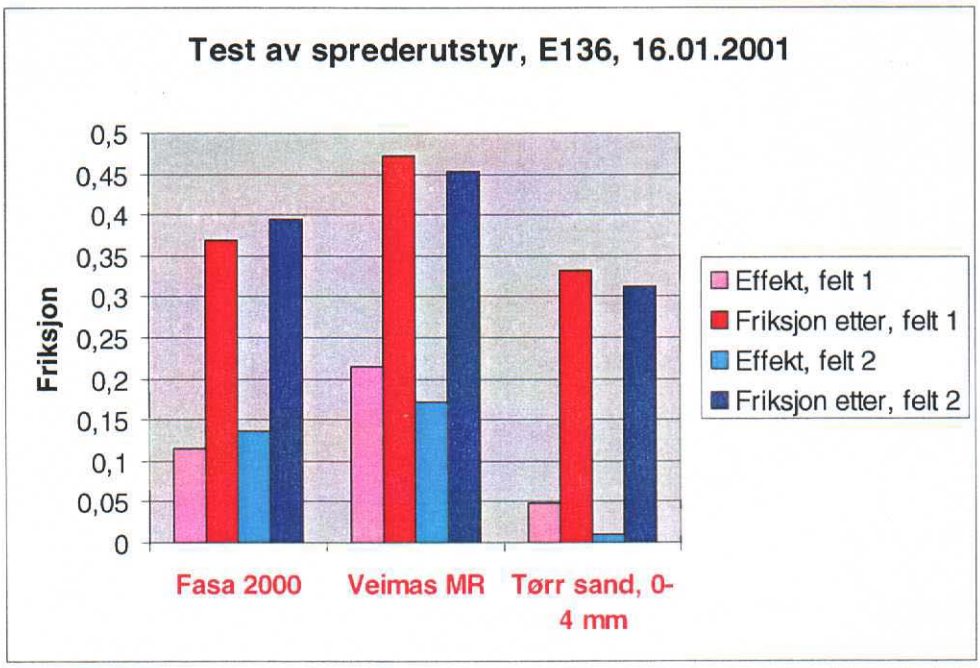
Figur 6.8: Test av spredere på E136, 16. – 18.01.2001



Figur 6.9: Test av spredere på E136, 16. – 18.01.2001

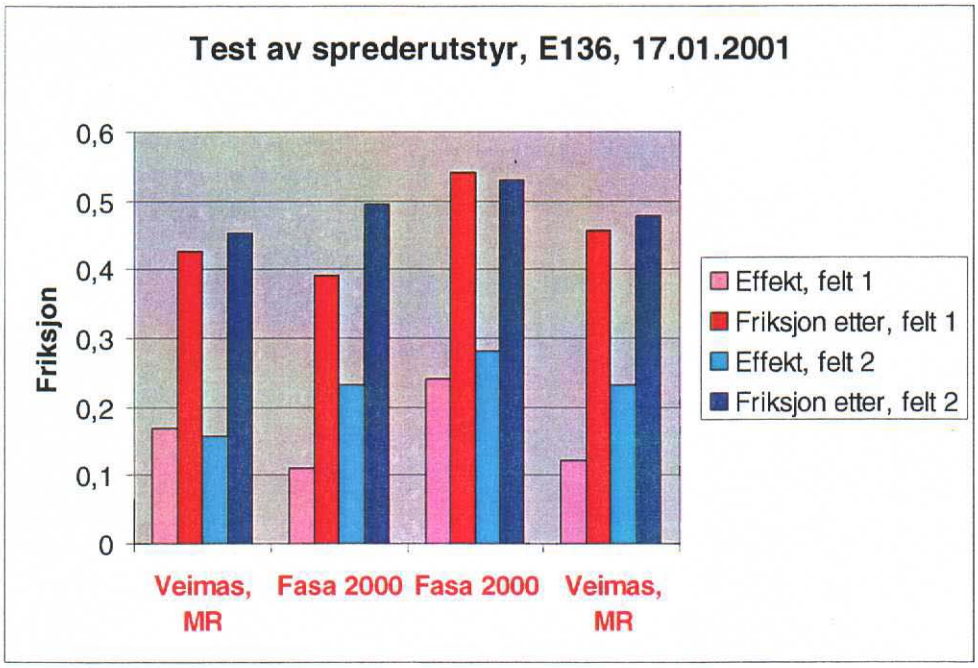


Figur 6.10: *Forsøk I, strekning 1, 0-4 mm knust natur. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

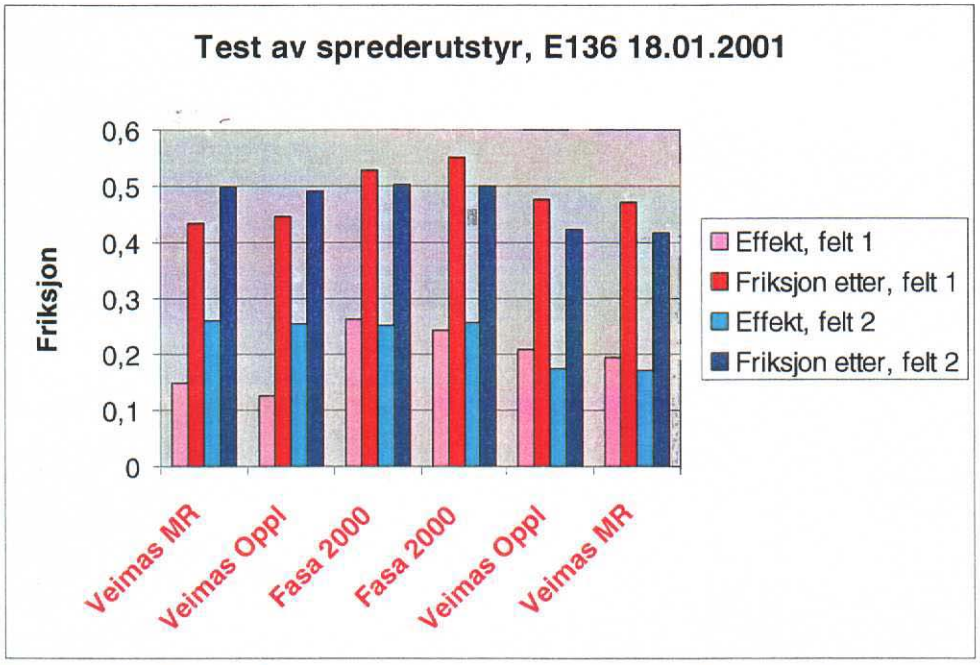


Figur 6.11: *Forsøk I, strekning 2, 0-4 mm knust natur. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

På strekning 1 kom Fasa 2000 noe bedre ut enn Veimas Møre og Romsdal, mens det var motsatt forhold mellom de 2 bilene om ettermiddagen samme dagen. Tørr sand hadde som en ser svært begrenset effekt både på strekning 1 og strekning 2.

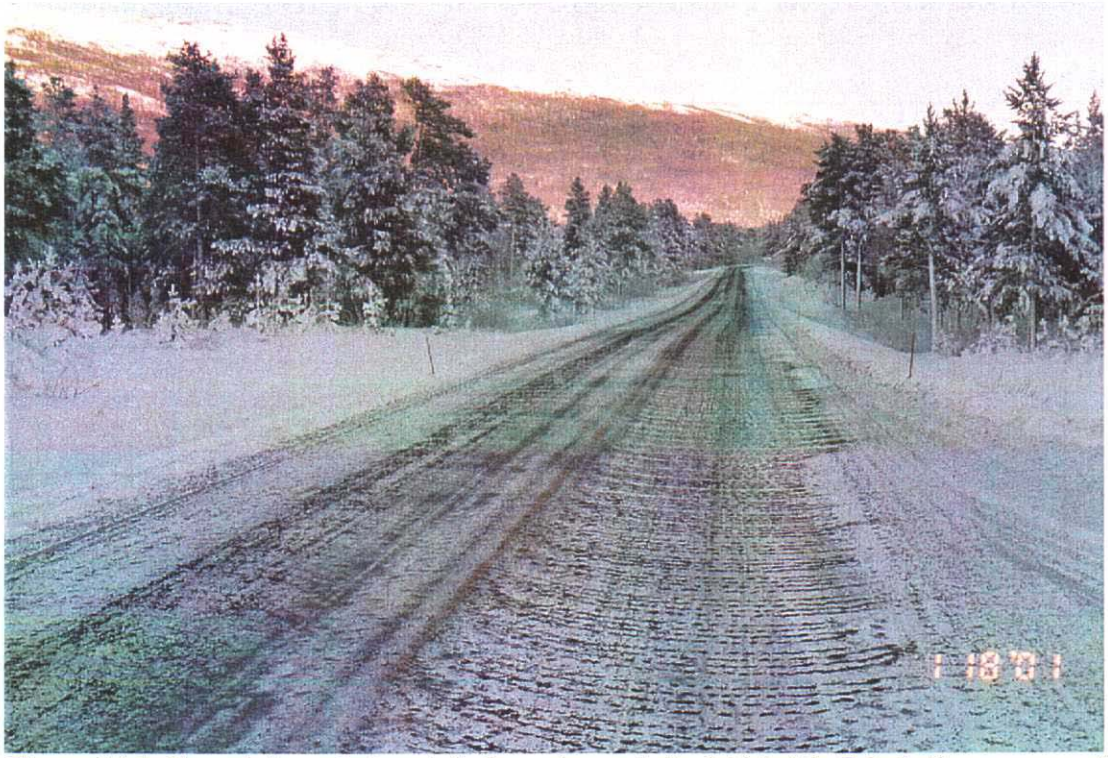


Figur 6.12: *Forsøk I, strekning 3, 0-4 mm knust fjell. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*



Figur 6.13: *Forsøk I, strekning 4, 0-6 mm knust fjell. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

17. og 18. januar ble det kjørt bare med Fastsandspredere. Som en ser av figurene 6.12 og 6.13 var det stabile resultater og bare små forskjeller mellom de ulike bilene.



Figur 6.14: *Forsøk I, strekning 4, 0-6 mm knust fjell, delfelt 16. Felt 1 til venstre og felt 2 til høyre*

På delfelt 16 ble det strødd med tallerkenspreder i en hastighet på ca 30 km/t i felt 1 og ca 15 km/t i felt 2. Det er en tydelig forskjell mellom de 2 retningene, og resultatet tyder på at vannmengden i felt 1 har vært for liten til at grusblandingen har festet seg i hele strøbredden.

6.3 Forsøk på E 6, Rv 27 og Rv 29 på Hjerkinn/Folldal 13. – 16. februar (forsøk II)

Tabell 6.2: Forsøksbetingelser under forsøk II

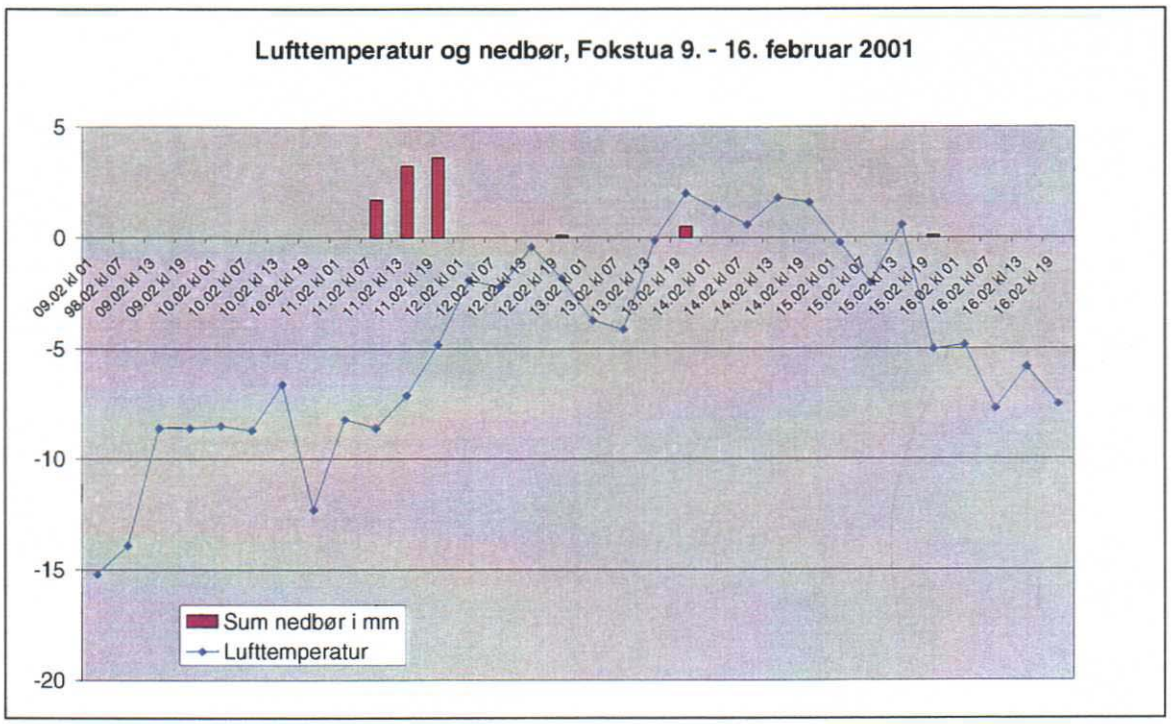
Føreforhold E6: Tynn ishinne på Hp 21, snødekke på 1-2 cm på Hp 01. Føreforhold på Rv 29: tynt snø-/isdekke på ca 0,5 cm. Føreforhold på Rv 27: Snø-/isdekke på 1-2 cm. Oppholdsvær i hele perioden, men det var mildt under hele testen i februar. Relativt ferskt snø-/isdekke på alle 3 forsøksstrekningene				
		Temperaturforhold		
Strekn	Se figurene 6.16 – 6.19	Luft	Dekke	Antall delfelt
1	E6 Hp 21, strødd 13.02, kl 11:15-11:30	-2,8	-3,5	5
2	E6 Hp 01, strødd 13.02, kl 14:55-15:10	2,7	0,5	5
3	Rv 29, strødd 14.02, kl 10:50-11:15	2,0	-2,1	5
4	Rv 27, strødd 15.02, kl 11:45-12:05	2,0	-4,1	4

Forsøkene i uke 7 omfattet følgende utstyr:

- Schmith/Øveraasen. Tallerkenspreder av type Nido. Oppvarmingssystem levert og montert av Mec Tec AS
- Epoke. Etterhengende spreder. Oppvarmingssystem levert og montert av Epoke
- Veimas. Tallerkenspreder av typen Pietsch. Oppvarmingssystem levert og montert av Mec Tec AS. Det deltok 2 enheter av denne typen
- Fasa 2000. Etterhengende spreder. Oppvarmingssystem lever og montert av Mec Tec AS

Til forsøkene ble det levert strøgrus fra Litra AS på Lillehammer. Det ble benyttet knust grus i 2 fraksjoner; 0-4 mm og 0-6 mm. Siste dagen ble det benyttet lokale masser fra Kårbøsæter grustak på Lesja. Dette var knust naturgrus i fraksjon 0-4 mm.

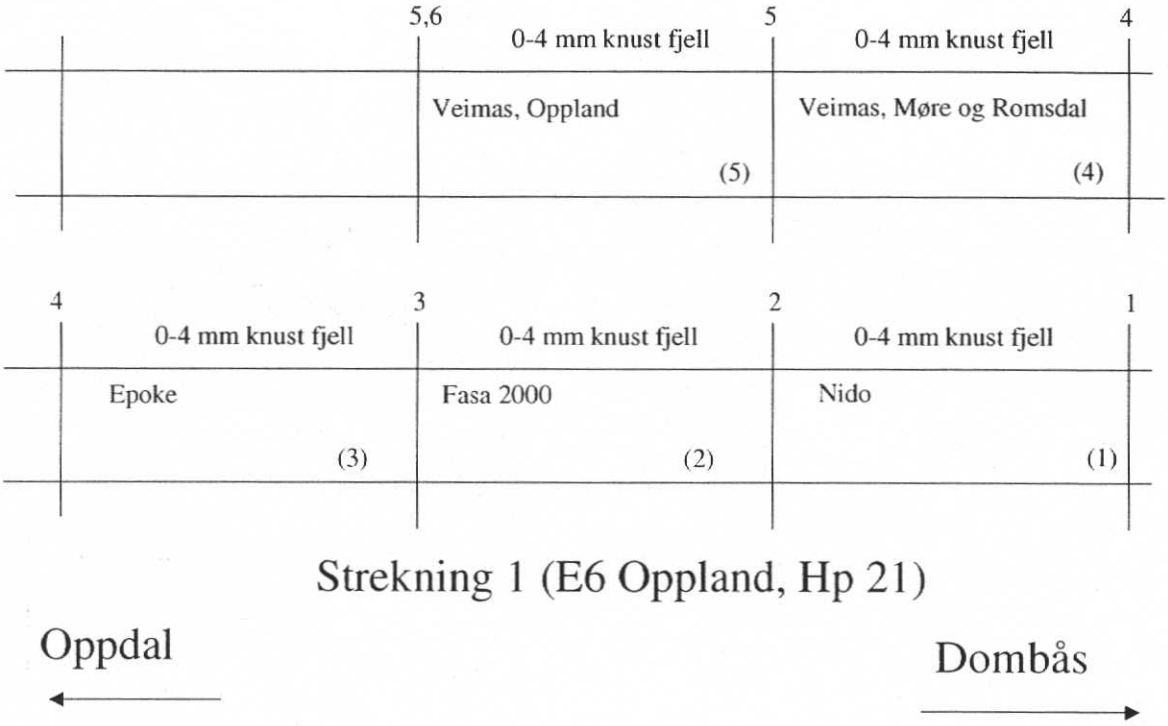
Værforholdene var ikke optimale hverken med hensyn til varighet av tiltakene eller testing av utstyret under kaldt vær. Siden hovedhensikten med forsøket var å teste utstyret, er det likevel et godt grunnlag for å foreta en sammenligning og vurdering av de ulike enhetene.



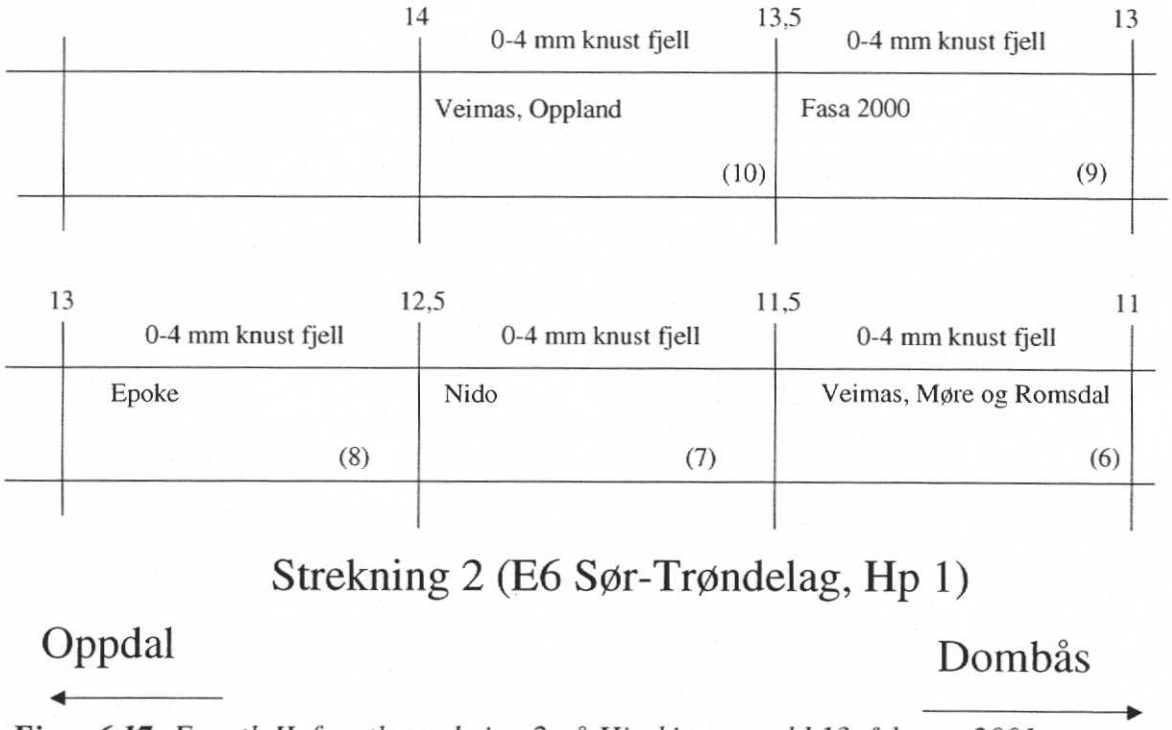
Figur 6.15: *Lufttemperatur og nedbør ved Fokstua. Kilde: Vegvesenets klimastasjon*

Det var såvidt mildt under forsøkene, jfr figur 6.15, at en nok beveget seg i yttergrensen for egnetheten av metoden, noe som i og for deg satte utstyret på prøve i forhold til effekten på veg under mildt vær. Den motsatte yttergrensen ble testet i uke 3. Hverken bilen fra Schmidt/Øveraasen eller utstyret fra Epoke ble testet under begge forholdene siden disse 2 enhetene ikke var klare før til uke 7.

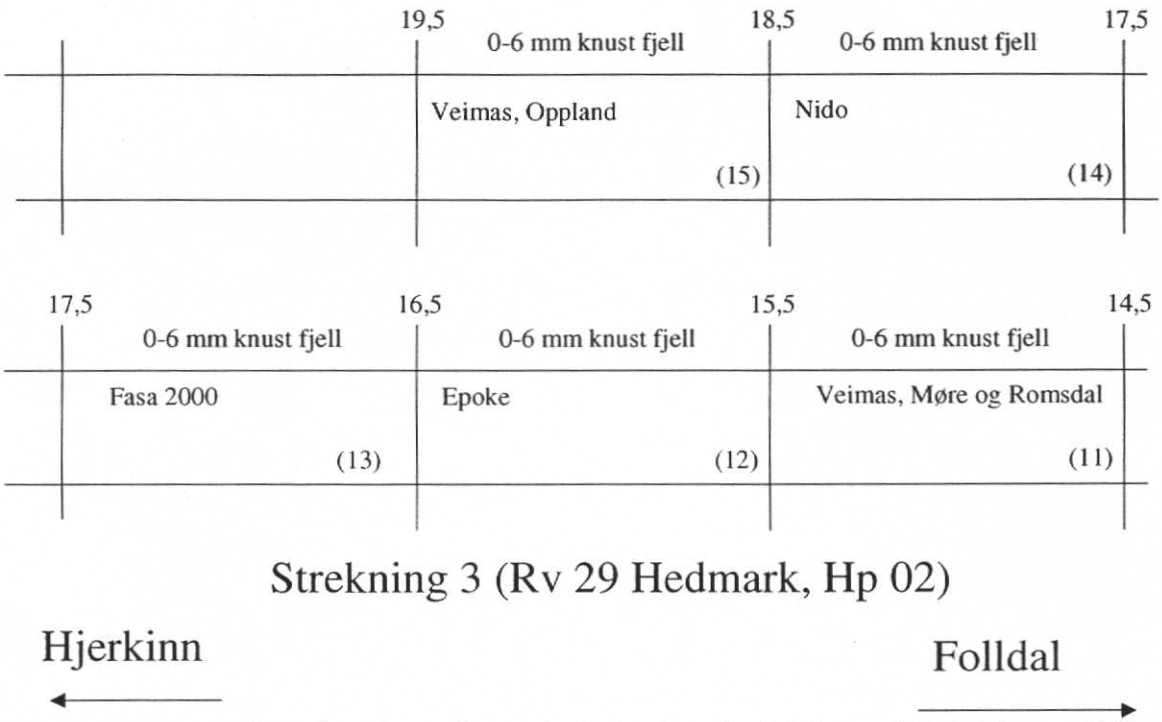
Etter uke 3 var det foretatt en oppgradering av oppvarmingssystemet både med tanke på brannsikkerhet og driftsstabilitet på enhetene fra Veimas og brennersystemet på bilen fra Schmidt/Øveraasen. Det oppstod ingen vesentlige funksjonsfeil på noen av enhetene under forsøkene i uke 7 med unntak av Veimas Møre og Romsdal hvor det den siste forsøksdagen ble oppdaget en jordingsfeil i forbindelse med vannvakter som var montert dagen før. Denne feilen ble funnet og bilen var driftsklar igjen etter kort tid. Det ble likevel tatt beslutning om å kjøre forsøket denne dagen uten bilen fra Møre og Romsdal.



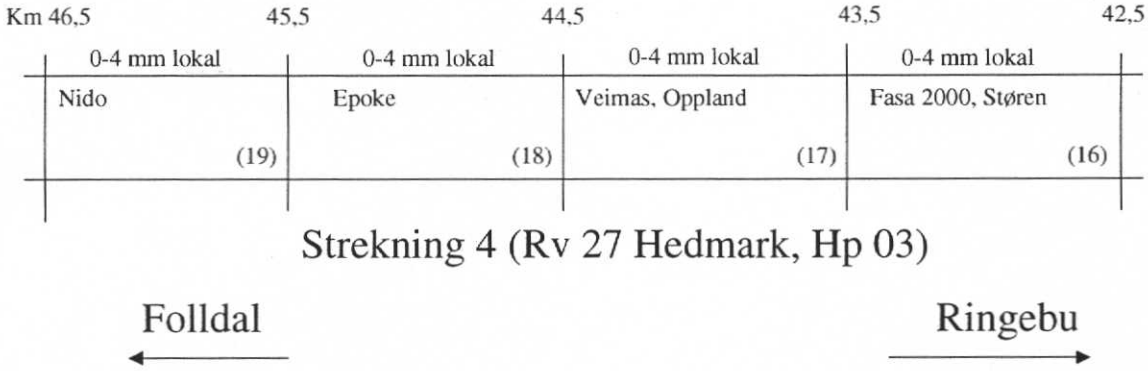
Figur 6.16: *Forsøk II, forsøksstrekning 1 på Hjerkinn, strødd 13. februar 2001*



Figur 6.17: *Forsøk II, forsøksstrekning 2 på Hjerkinn, strødd 13. februar 2001*

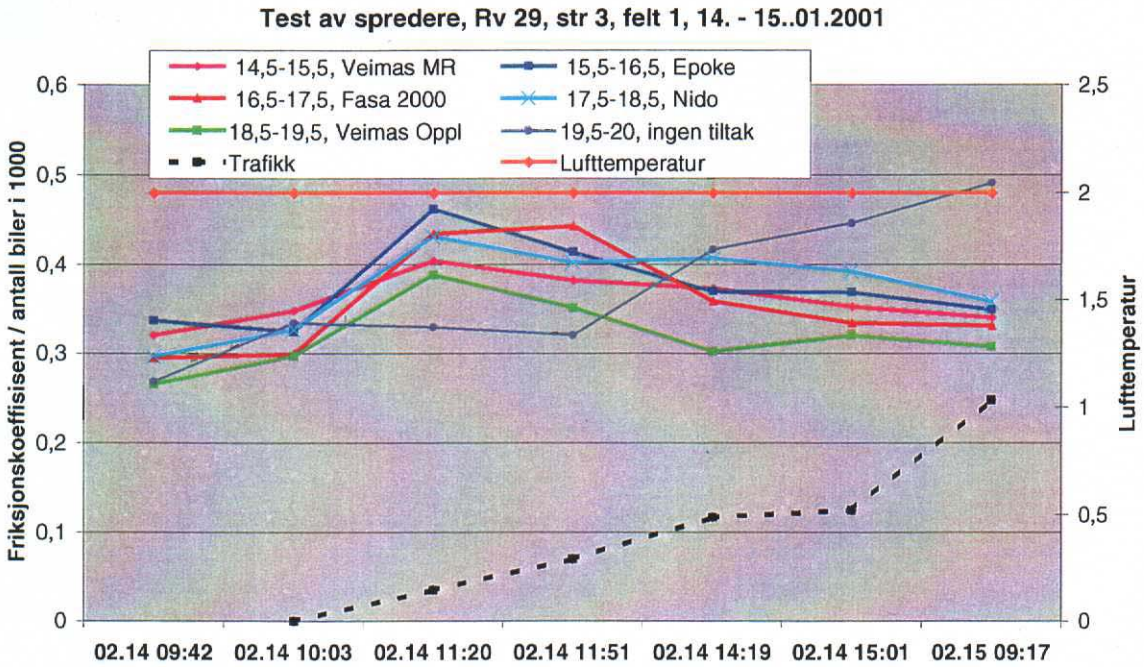


Figur 6.18: *Forsøk II, forsøksstrekning 3 på Hjerkinn/Folldal, strødd 14. februar 2001*

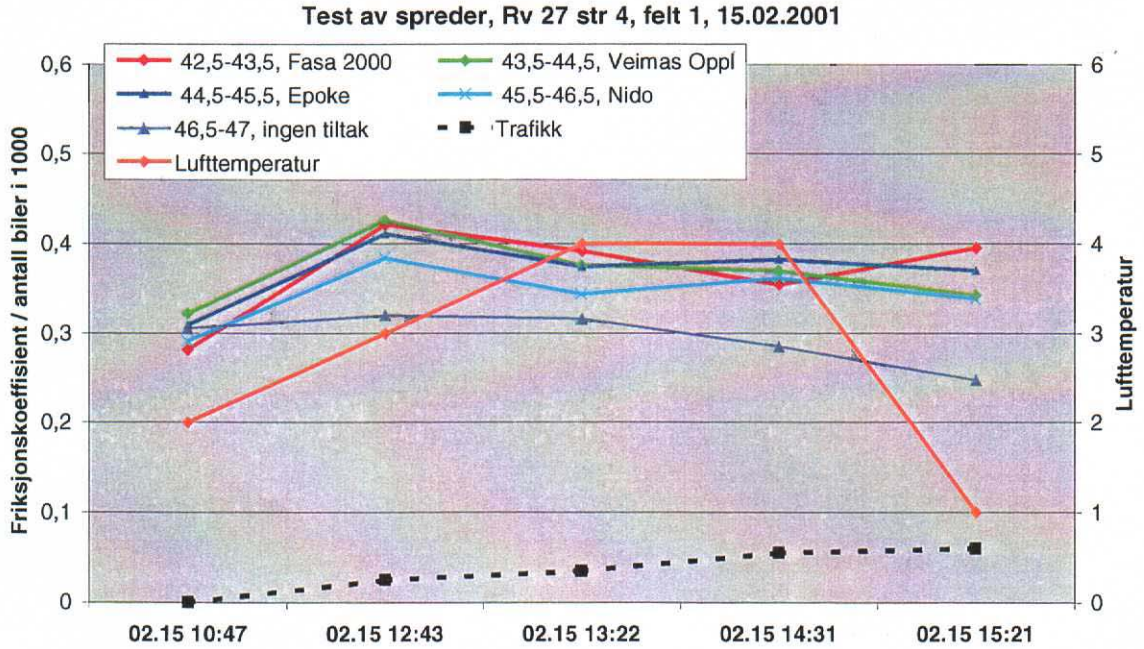


Figur 6.19: *Forsøk II, forsøksstrekning 4 på Hjerkinn/Folldal, strødd 15. februar 2001*

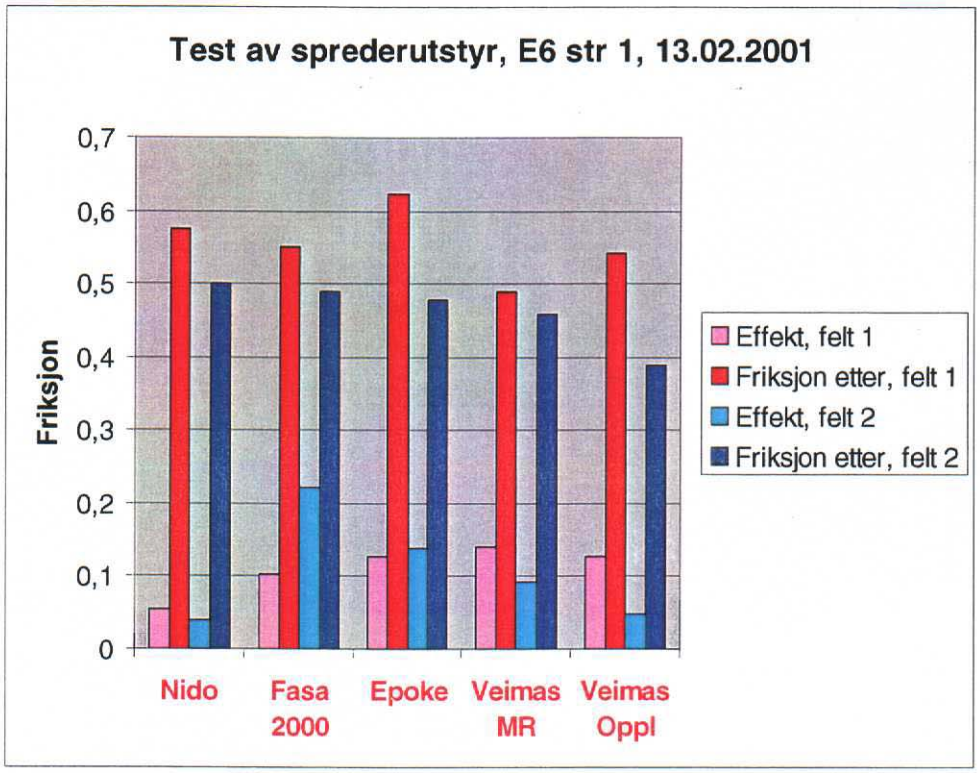
Resultatene fra forsøk II er gjengitt i figurene 6.20 – 6.25.



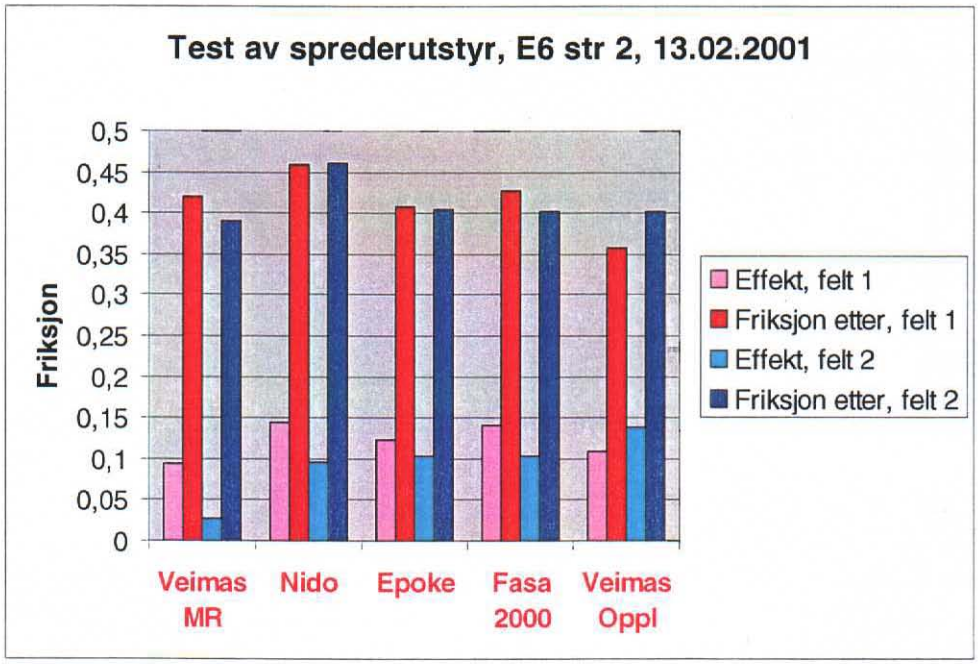
Figur 6.20: *Test av spredere på RV 29, 14. – 15.02.2001*



Figur 6.21: *Test av spredere på RV 29, 14. – 15.02.2001*

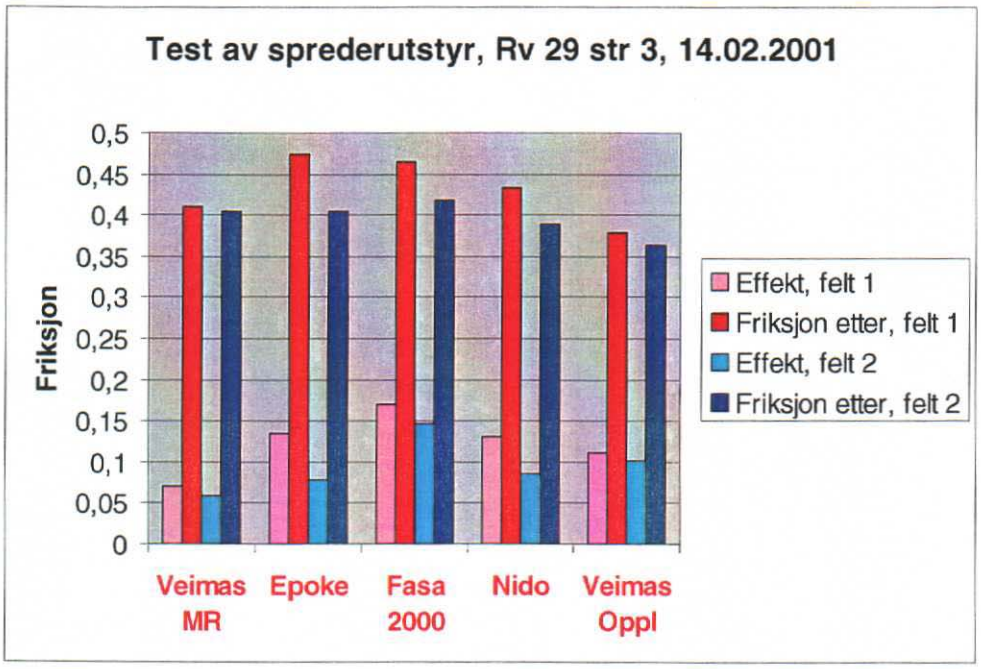


Figur 6.22: *Forsøk II, strekning 1, 0-4 mm knust fjell. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

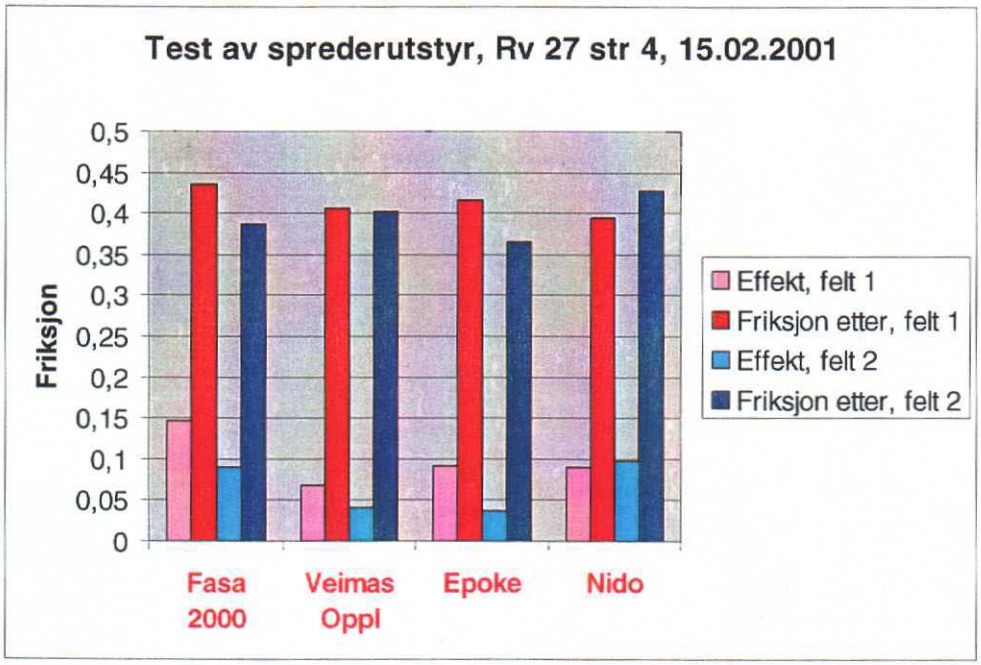


Figur 6.23: *Forsøk II, strekning 2, 0-4 mm knust fjell. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

Under testene på E6 13. februar var forholdene ujevne med en del bare partier på strekning 1. På strekning 2 var det imidlertid realistiske forhold selv om det var svært mildt. Det ble likevel oppnådd tilfredsstillende resultater med Fastsandmetoden på strekning 2, og som en ser av figur 6.23 var det lite som skilte mellom de ulike strøbilene.



Figur 6.24: *Forsøk II, strekning 3, 0-6 mm knust fjell. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*



Figur 6.25: *Forsøk II, strekning 4, 0-6 mm knust fjell. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

Hverken på Rv 29 eller Rv 27 var forholdene optimale delvis pga det milde været og delvis pga at snø-/isdekket var så vidt ferskt. Det ble likevel oppnådd tilfredsstillende resultater på begge strekningene. Heller ikke under testene på Rv 29 og Rv 27, er det noen vesentlig forskjell mellom de ulike strøbilene.

6.4 Forsøk på Rv 180, Hurdalsvegen 19. – 20 . mars (forsøk V)

Tabell 6.3: Forsøksbetingelser under forsøk III

Føreforhold: Relativt homogent snø-/isdekke på 1-2 cm, men sporslitt en del steder. Nysnø 16.03, dvs forholdsvis ferskt snødekke				
		Temperaturforhold		
Strekn	Se figurene 6.26 – 6.28	Luft	Dekke	Antall delfelt
1	Rv 180, strødd 19.03, kl 11:20 – 11.30		-5,0	2
2	Rv 180, strødd 19.03, kl 15:20-15:30		-6,6	3
3	Rv 180, strødd 20.03, kl 14:30-14.45		-1,5	3

Forsøkene på Rv 180 innbefattet bare enheten fra Falköping. Denne ble benyttet både med befuktning og til strøing med tørr sand. Det ble foretatt strøing på 3 delstrekninger. På strekning 1 ble det benyttet bare befuktning, mens det på strekning 2 og 3 ble strødd både med befuktning og med tørr sand.

På strekning 1 ble det benyttet en grusmengde på ca 125 g/m^2, mens det på de 2 andre strekningene ble benyttet ca 190 g/m^2.

På alle 3 strekningene var det et relativt homogent snø- og isdekke, men det var sporslitt en del steder. Solinnstråling gjorde at det ble litt ujevne forhold både på strekning 1 og 3. De mest stabile forholdene hadde en på strekning 2 hvor forholdene også holdt seg bra til neste dag.

Under utstrøing i begge retningene på strekning 1 og felt 2 på strekning 2 ble det kjørt med en hastighet på 35-40 km/t. Hastigheten ble deretter redusert til ca 21 km/t.

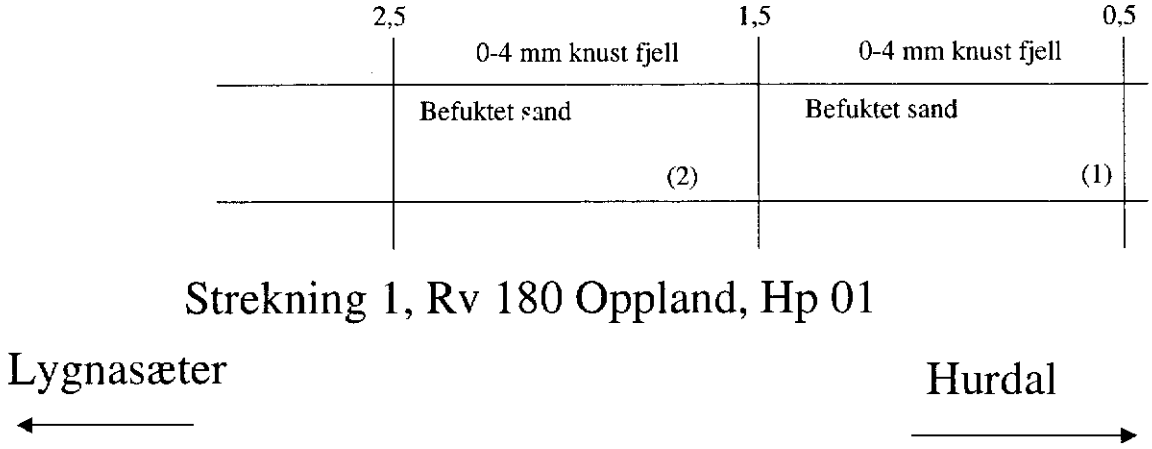
Temperaturforholdene under testene framgår av tabell 6.4.

Tabell 6.4: Temperaturforhold under testene på Rv 180. Måling av dekketemperatur

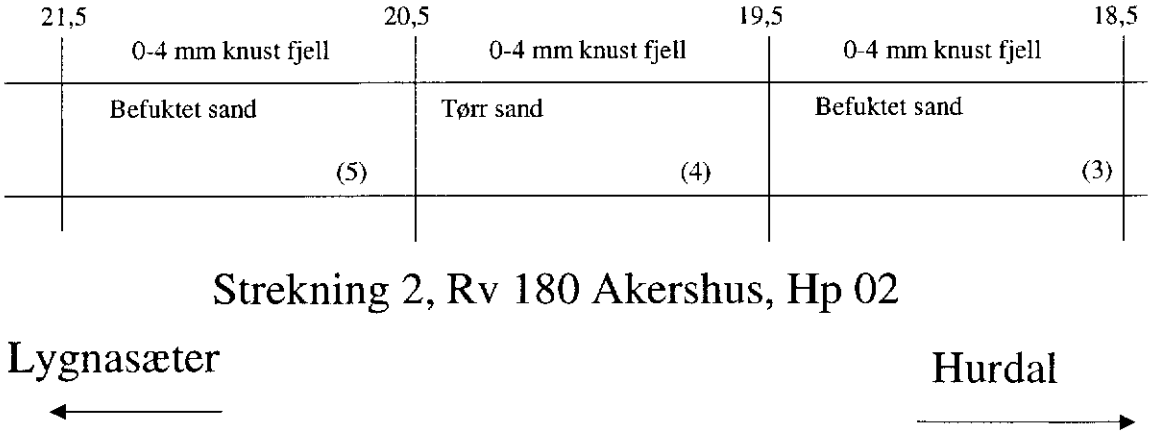
19. mars 2001					
11:30	12:40	15:40	15:45	15:57	18:15
-5,0 (km 2)	-4,7 (km 3) -10,1 i skyggen	-5,0 (km20)	-6,6 (km 22), i skyggen	-5,8 (km 18)	-12,0 (km 2,5)
20. mars 2001					
08:25	09:00	09:15	09:30	13:00	13:40
-13,8 (km 18)	-8,9 (km 18)	-10,5 (km 3)	-5,3 (km 0)	-7,4 (km 3)	-1,5 (18)
20. mars 2001					
16:25	16:50				
-2,3 (km 14)	-2,4 (km 17)				

Som det framgår av temperaturoversikten, var det kuldegrader i vegbanen under hele forsøksperioden, men det var en del varierende temperaturforhold ved at en del partier lå i

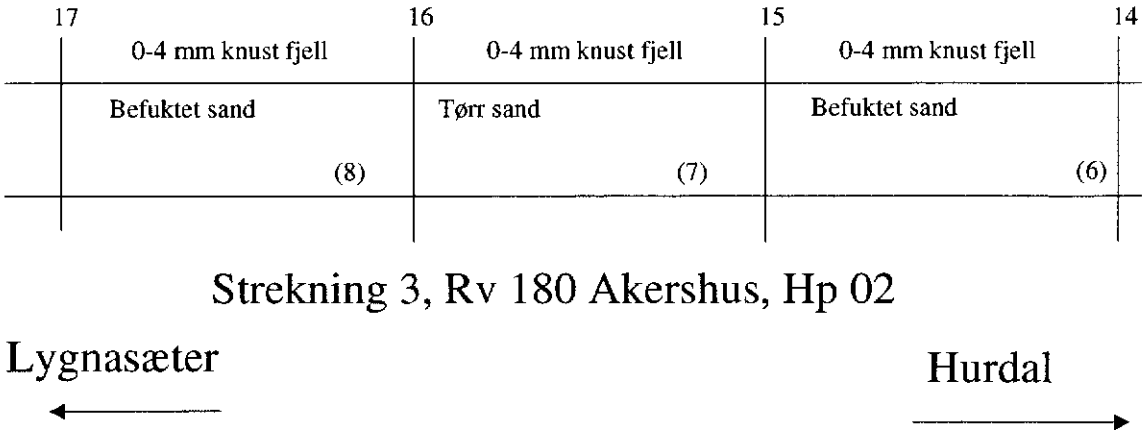
skyggen. I tillegg til de manuelle observasjonene foreligger det også temperaturmålinger som ble gjort samtidig med friksjonsmålingene. En del solinnstråling påvirket nok likevel resultatene en del.



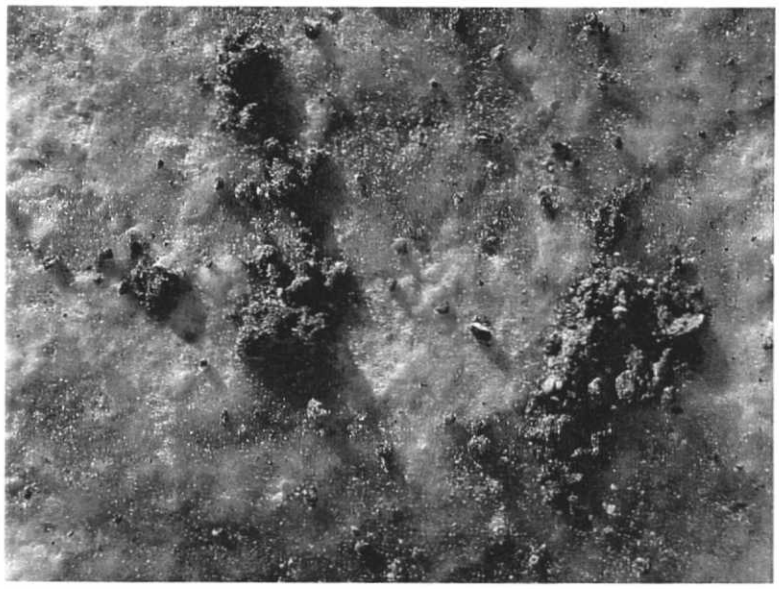
Figur 6.26: *Forsøk V, forsøksstrekning 1 på Rv 180, strødd 19. mars 2001*



Figur 6.27: *Forsøk V, forsøksstrekning 2 på Rv 180, strødd 19. mars 2001*



Figur 6.28: *Forsøk V, forsøksstrekning 3 på Rv 180, strødd 20. mars 2001*

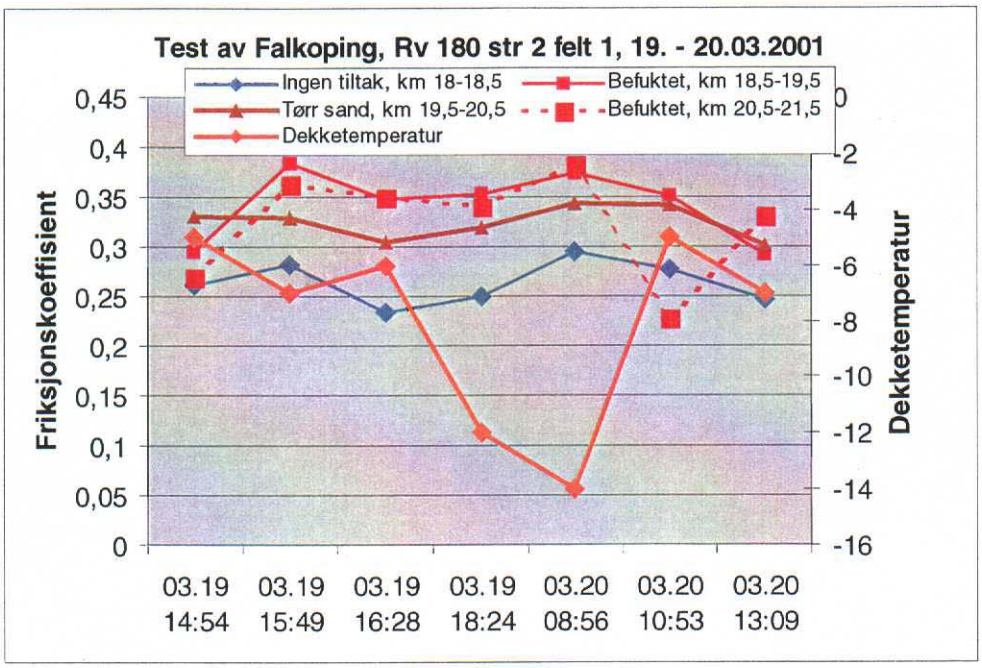


Figur 6.29: Resultat fra strøing med Falköpingbilen

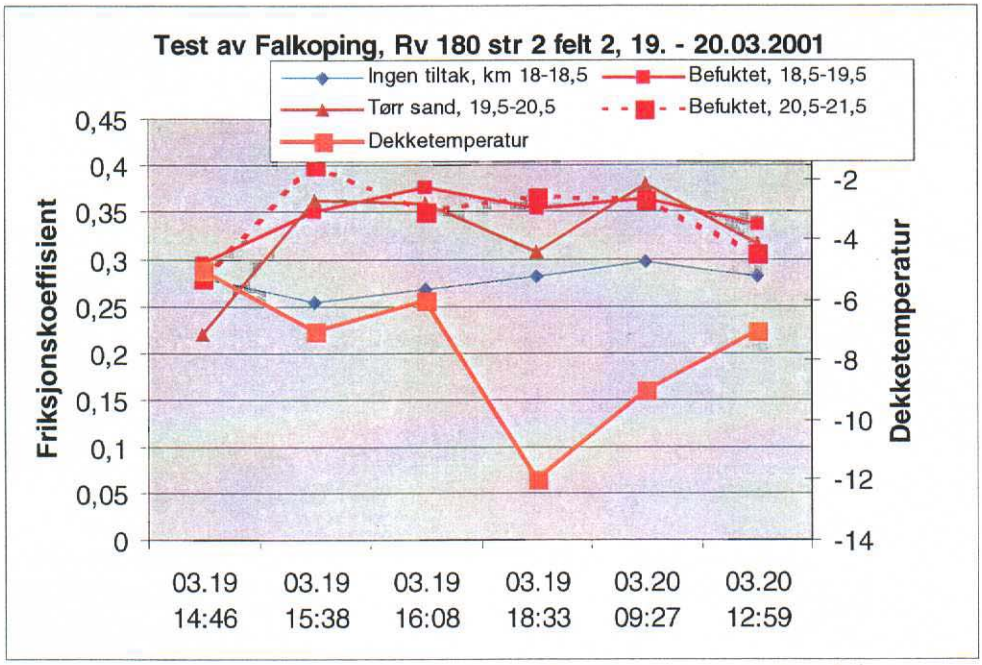
Figur 6.30: Resultat fra strøing med Falköpingbilen

Figurene 6.30 og 6.31 viser strøbildet som ble oppnådd på delfelt 6 som ble strødd 20. mars. Bildene er tatt i starten på strekningen. En kan se at massen har klumpet seg noe helt i begynnelsen, men at bindingen mellom gruskornene kan se ut til å ha vært svak, og at denne sammenbindingen også avtok etter bare få meter. Da bilen startet utstrøing hadde den kjørt med eksosoppvarming av grusen i ca 1 time, slik at var oppnådd en viss varme på det første som ble lagt ut. Eksosvarmen vil imidlertid ikke være tilstrekkelig til å gjennomvarme grusen, så denne varmeeffekten vil bare være kortvarig slik bildene tyder på.

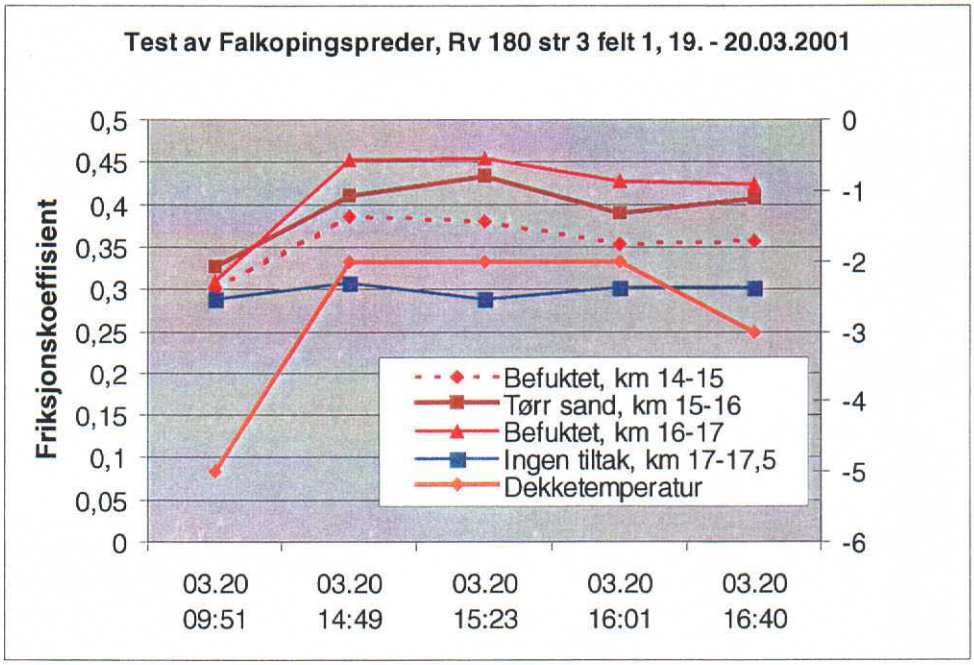
Resultatene fra testene på Hurdalsvegen framgår av figurene 6.31 – 6.36.



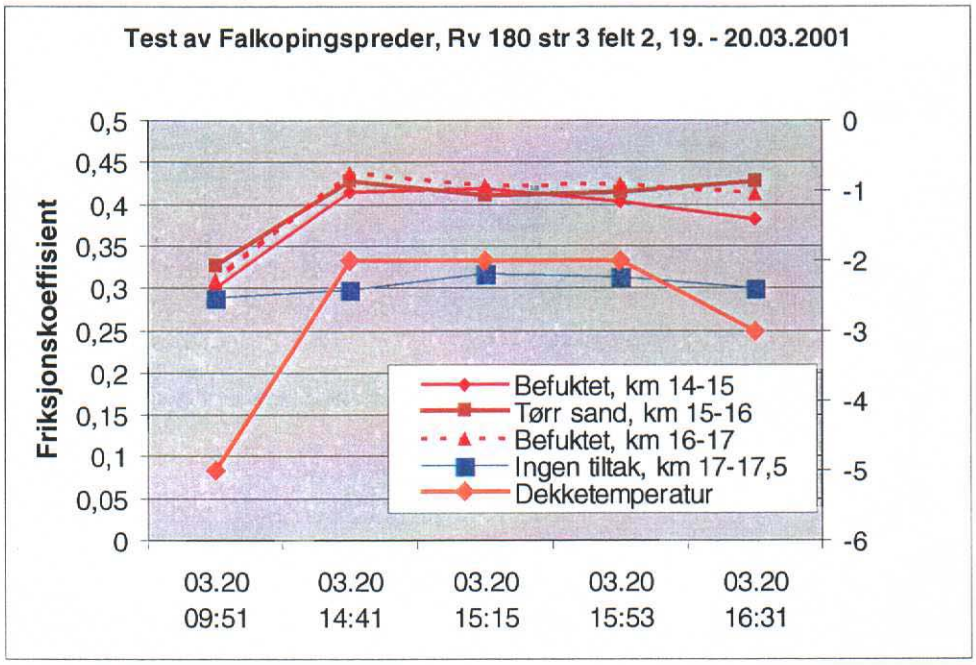
Figur 6.31: *Test av Falköpingspreder på Rv 180, strekning 2 felt 1*



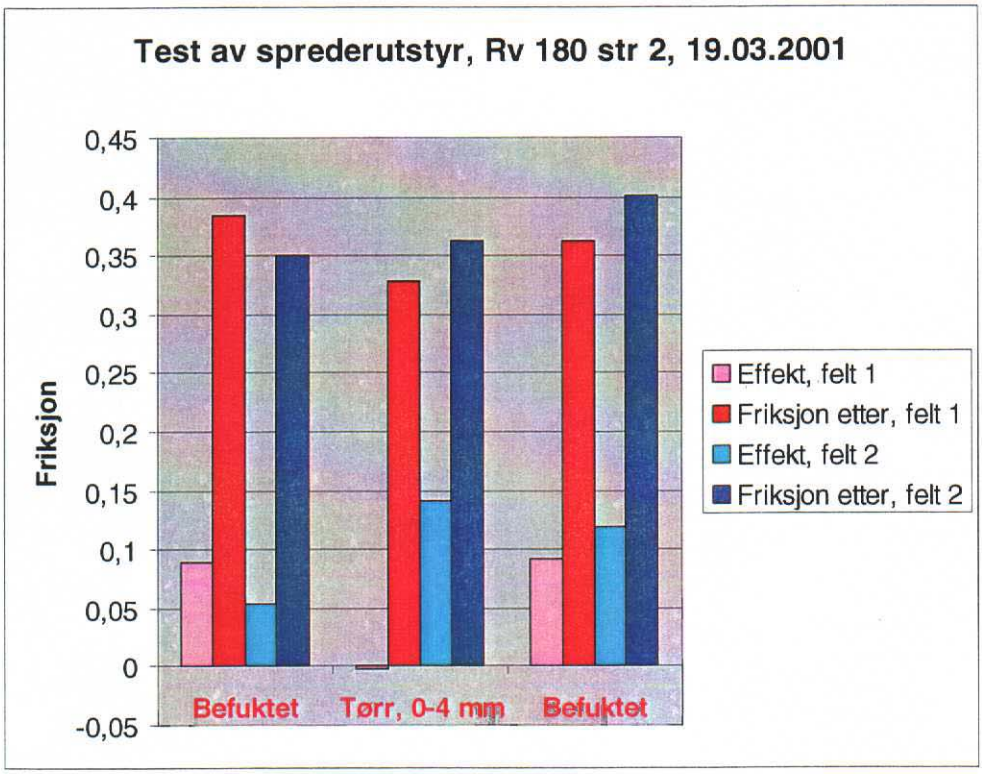
Figur 6.32: *Test av Falköpingspreder på Rv 180, strekning 2 felt2*



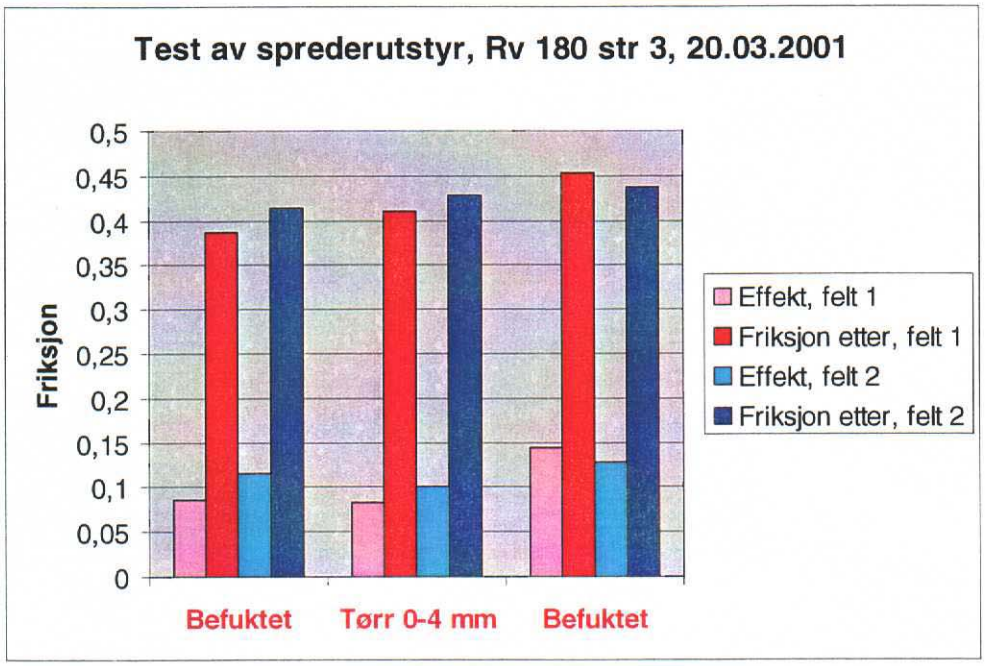
Figur 6.33: *Test av Falköpingspreder på Rv 180, strekning 3 felt 1*



Figur 6.34: *Test av Falköpingspreder på Rv 180, strekning 3 felt 2*



Figur 6.35: *Forsøk V, strekning 2, 0-4 mm knust fjell. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*



Figur 6.36: *Forsøk V, strekning 3, 0-4 mm knust fjell. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

Både på strekning 2 og 3 kan en av henholdsvis figur 6.35 og 6.36 se at friksjonstilskuddet på delfeltene som ble strødd med befuktning skiller seg lite fra delfelt som ble strødd med tørr sand. Friksjonstilskuddet er også lite sammenlignet med det som normalt oppnås med varmbefuktet sand under tilsvarende forhold.

6.5 Høvelforsøk på E 134 og Rv 9 på Haukeli 28. februar – 1. mars (forsøk III)

Tabell 6.5: *Forsøksbetingelser under forsøk III*

Føreforhold på Rv 9: tynt snø-/isdekke på 1-2 cm. Føreforhold på E134: tynt snø-/isdekke på 1-2 cm				
		Temperaturforhold		
Strekn	Se figurene 6.36 – 6.38	Luft	Dekke	Antall delfelt
1	Rv 9, høvlet 28.02. kl 10:25-10:55	-12,8	-14,5	5
2	Rv 9, høvlet 28.02. kl 17:30-18:05	-16,8	-15,1	5
3	E134, høvlet 01.03. kl 10:20-10:45	-9,2	-14,2	4

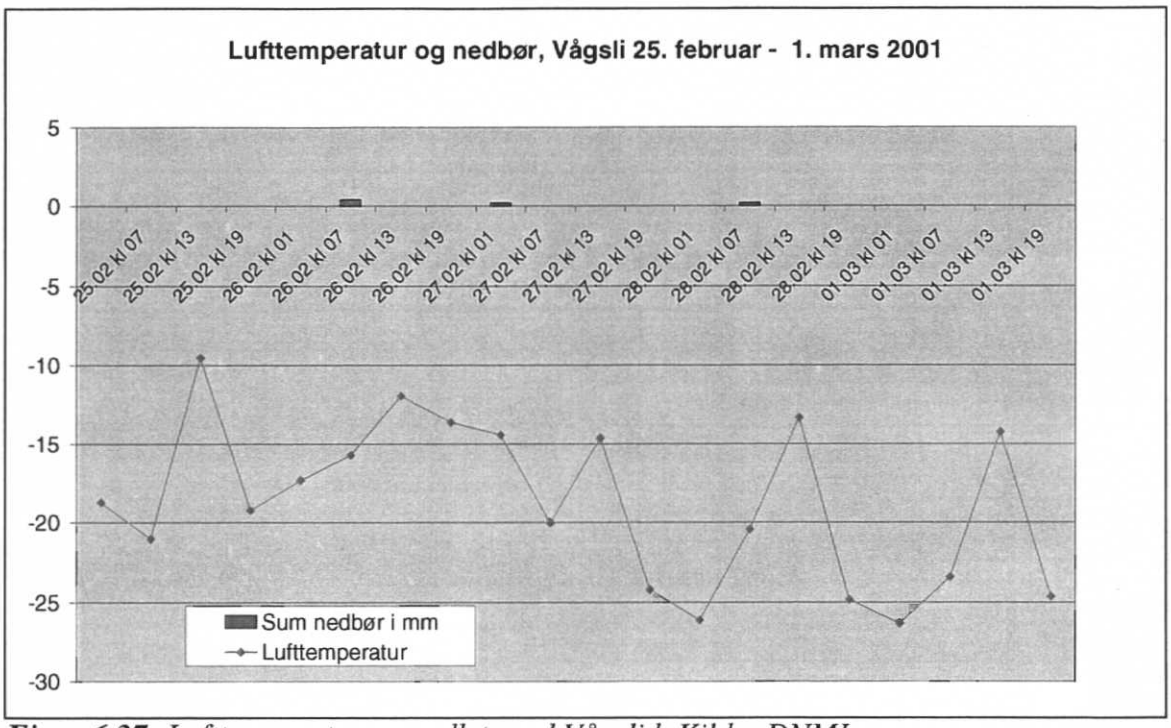
Tabell 6.6: *Skjærtyper som ble testet på Haukeli*

Skjærtype	
Isriver, rødt Scana	x
Isriver, blått Bofors	x
P300	x
P300, midtmontert	
System 2000	x
Glatt, 6 mm	x

Det er besluttet at det skal gjennomføres forundersøkelser på betydningen av ulike typer høvelskjær i forhold til friksjon. Som ledd i dette ble det gjennomført et forsøk i uke 9 på Haukeli. Det ble benyttet veghøvel med følgende typer skjær:

- Isriver, rødt Scana
- Isriver, blått Bofors
- P-300 9 mm
- System 2000
- Glatt stål 6 mm

Det var kaldt under høvelforsøkene på Haukeli, se figur 6.37. Med unntak av et lett snøfall om morgenen 28. februar var det oppholdsvær under testene på Haukeli.



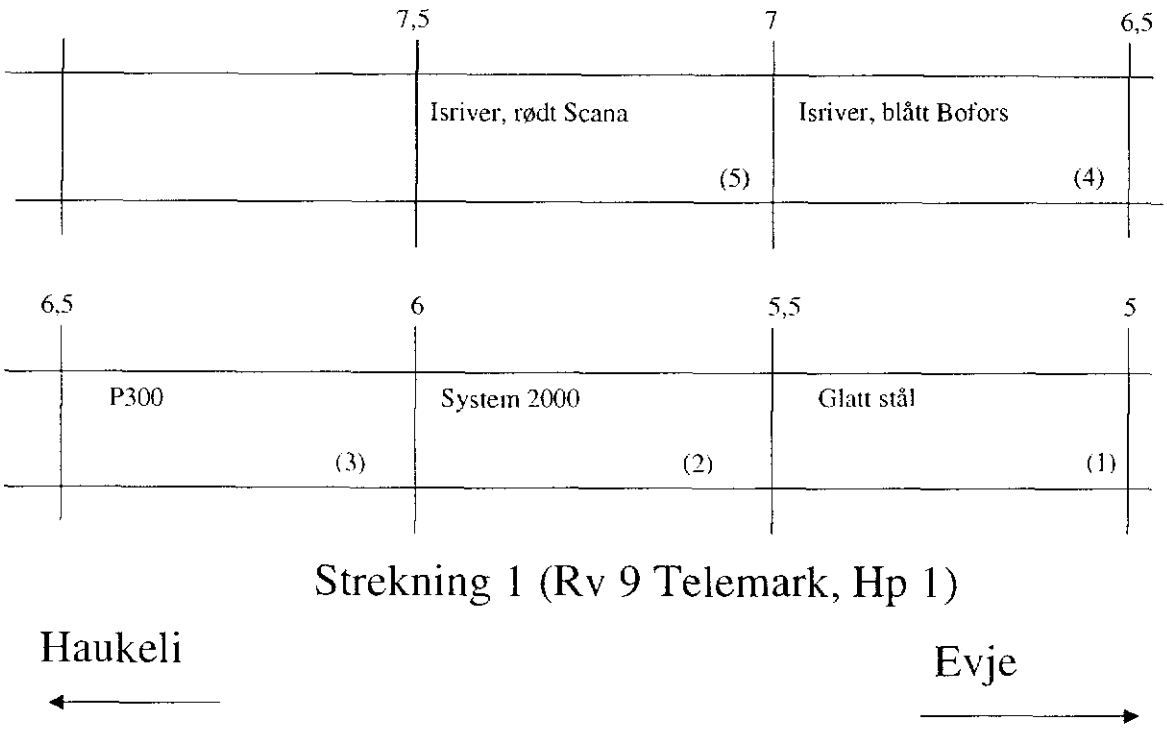
Figur 6.37: *Lufttemperatur og nedbør ved Vågslid. Kilde: DNMI*

Høvelforsøkene på Haukeli gikk over 2 dager. Første dagen ble det valgt en strekning på Rv 9 fra toppen av stigningen opp fra Edland og til Bjåen med en total lengde på 8 ca km. Det var et relativt homogent, men tynt snø-/isdekke før høvling. Tykkelsen var på 0,5-1,0 cm, dvs klart tynnere enn ønskelig for ikke å risikere å komme ned på asfalten. Det viste seg også at det ble en del gjennomslag etter høvlingen, noe som vanskeliggjør bearbeidingen av friksjonsmålingene.

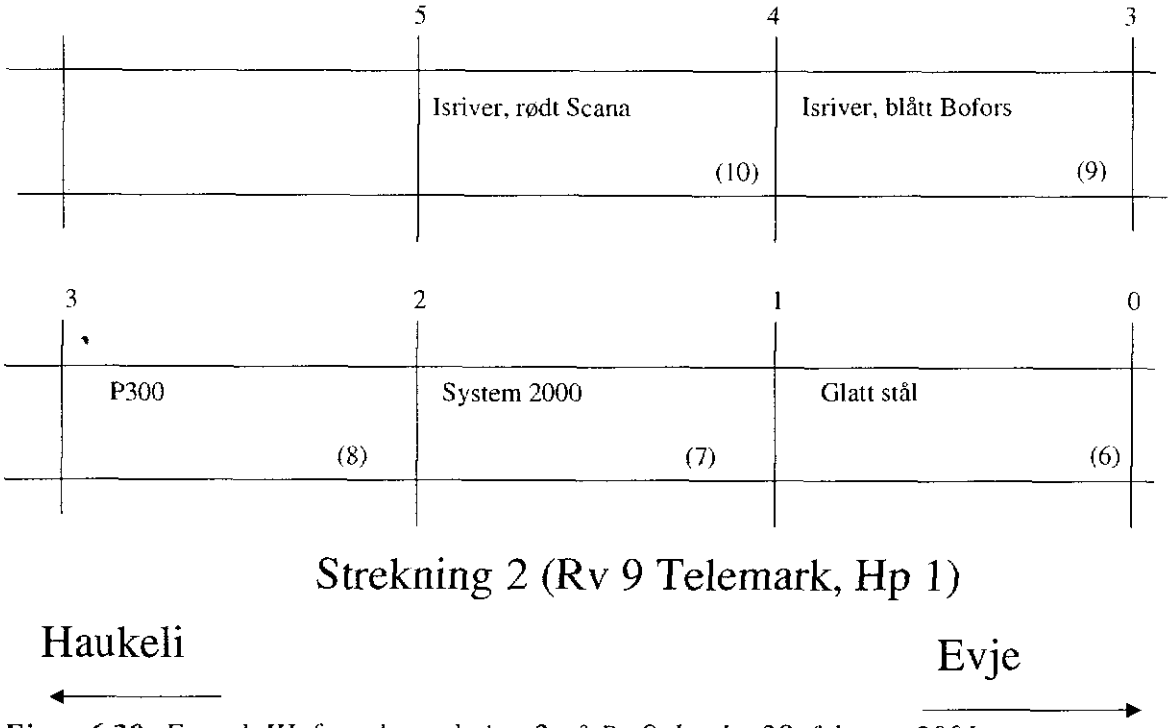
Til evaluering av tiltakene ble det benyttet følgende friksjonsmåleutstyr:

- Roar Mark I, Akershus
- Roar Mark II (kjørt med målehjulet i høyre hjulspor)

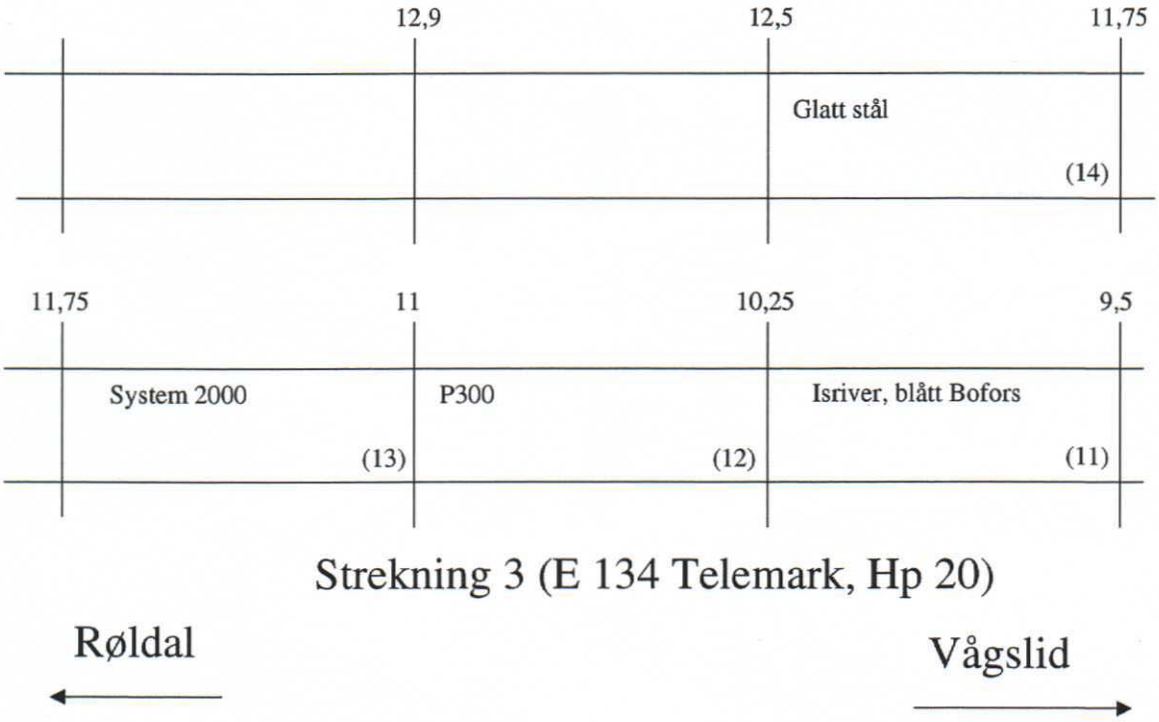
Visuelt var det en klar forskjell mellom de ulike skjærtypene. Hovedforskjellen gikk mellom glatt stål og de øvrige skjærtypene. Dessuten virket det som P300 hadde en mindre rivende effekt enn isriverskjæret og System 2000.



Figur 6.38: *Forsøk III, forsøksstrekning 1 på Rv 9, høvlet 28. februar 2001*

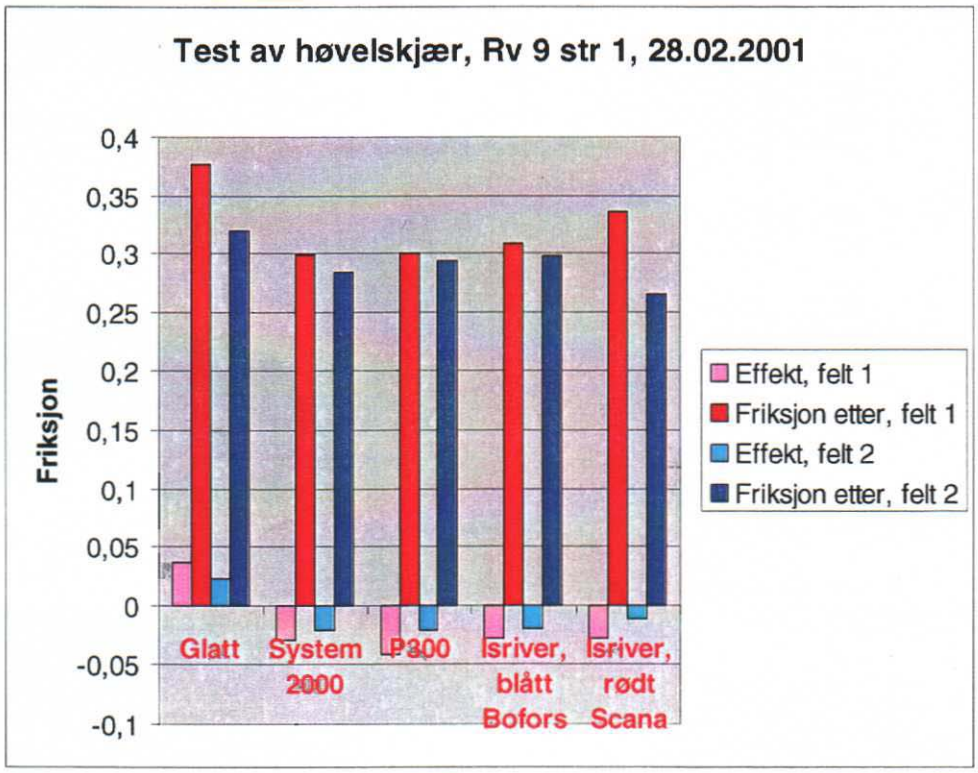


Figur 6.39: *Forsøk III, forsøksstrekning 2 på Rv 9, høvlet 28. februar 2001*

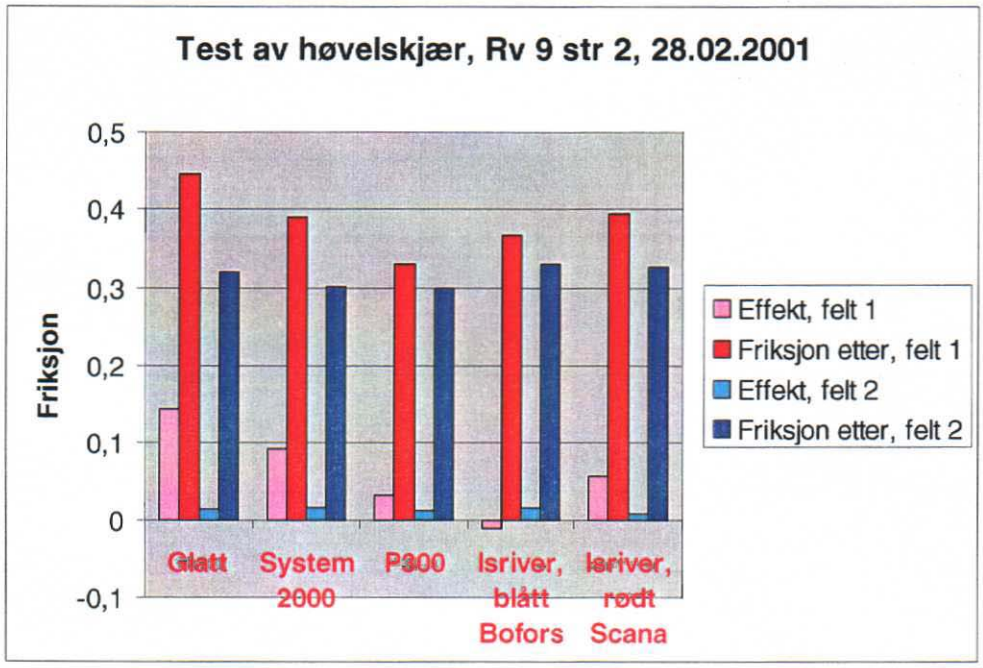


Figur 6.40: *Forsøk III, forsøksstrekning 3 på E134, høvlet 1. mars 2001*

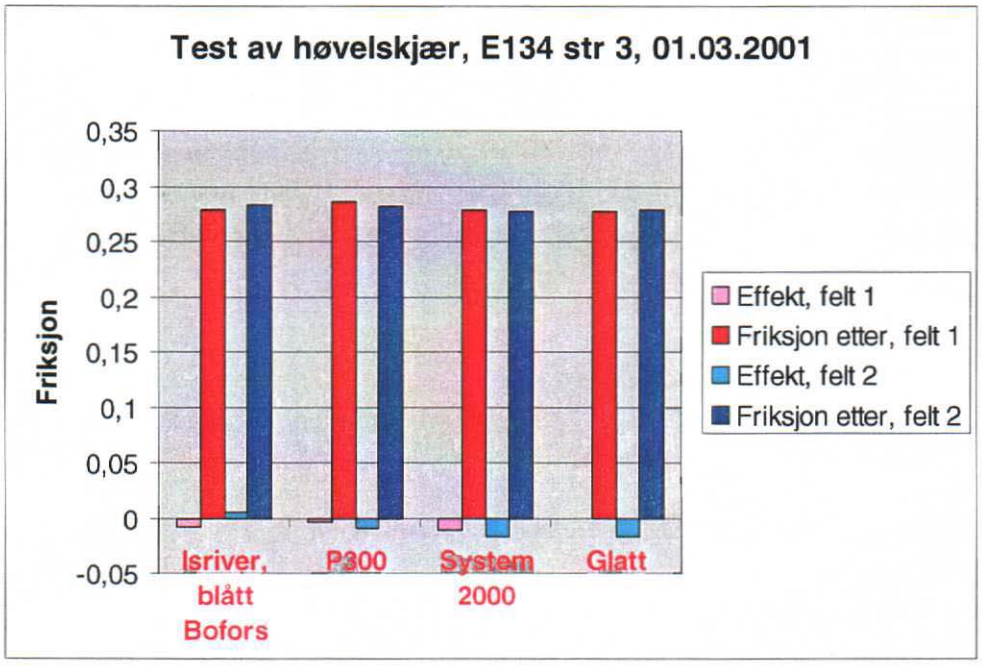
Resultatene fra Haukeli er gjengitt i figurene 6.41 – 6.43.



Figur 6.41: *Forsøk III, strekning 1, test av høvelskjær. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*



Figur 6.42: *Forsøk III, strekning 2, test av høvelskjær. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*



Figur 6.43: *Forsøk III, strekning 3, test av høvelskjær. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

Det er vanskelig å trekke noe entydig ut av resultatene fra de enkelte forsøksstrekningene siden utslagene på endringen i friksjon er så liten. En del av friksjonsendringene er så små at dette like gjerne kan ligge innenfor usikkerhetsmarginen som at det er et resultat av høvlingen. For å se om det er noen tendens i materialet må en derfor foreta beregning av gjennomsnittlige effekter med ulike skjærtyper.

6.6 Høvelforsøk på Rv 31 og Fv 532 på Røros 8. – 9. mars (forsøk IV)

Tabell 6.7: Forsøksbetingelser under forsøk IV

Føreforhold på Rv 31: Homogent snø-/isdekke på 0,5- 1,5 cm. Føreforhold på Fv 532: snø-/isdekke på ca 2 cm				
		Temperaturforhold		
Strekn	Se figurene 6.43 – 6.45	Luft	Dekke	Antall delfelt
1	Rv 31, høvlet 08.03, kl 11:45-12:55		-2,5	5
2	Fv 532, høvlet 08.03, kl 17:20-18:10		-4,2	5
3	Fv 532, høvlet 09.03, kl 09:35-10:25		-1,8	5

Tabell 6.8: Skjærtyper som ble testet på Røros

	Røros
Isriver, rødt Scana	x
Isriver, blått Bofors	
P300	x
P300, midtmontert	x
System 2000	x
Glatt, 6 mm	x

Det andre høvelforsøket ble gjennomført på Røros 8. - 9. mars 2001. Det ble benyttet både veghøvel og lastebil med midtmontert skjær. Følgende skjærtyper ble benyttet:

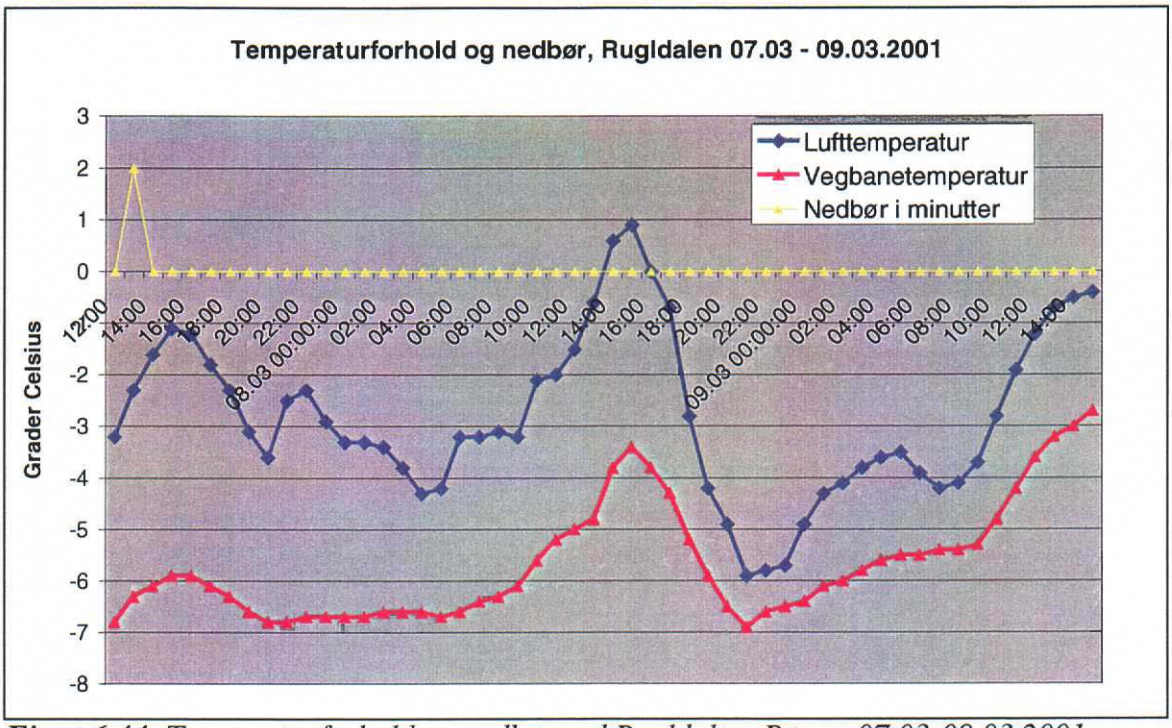
- P-300, høvel og lastebil
- Glatt skjær
- Isriver (rødt)
- System 2000

Torsdag 8. mars ble det gjort tiltak på Rv 31 og Fv 532 mot Femunden. Fredag 9. mars ble det foretatt høvling på Fv 532.

Til evaluering av tiltakene ble det benyttet følgende friksjonsmåleutstyr:

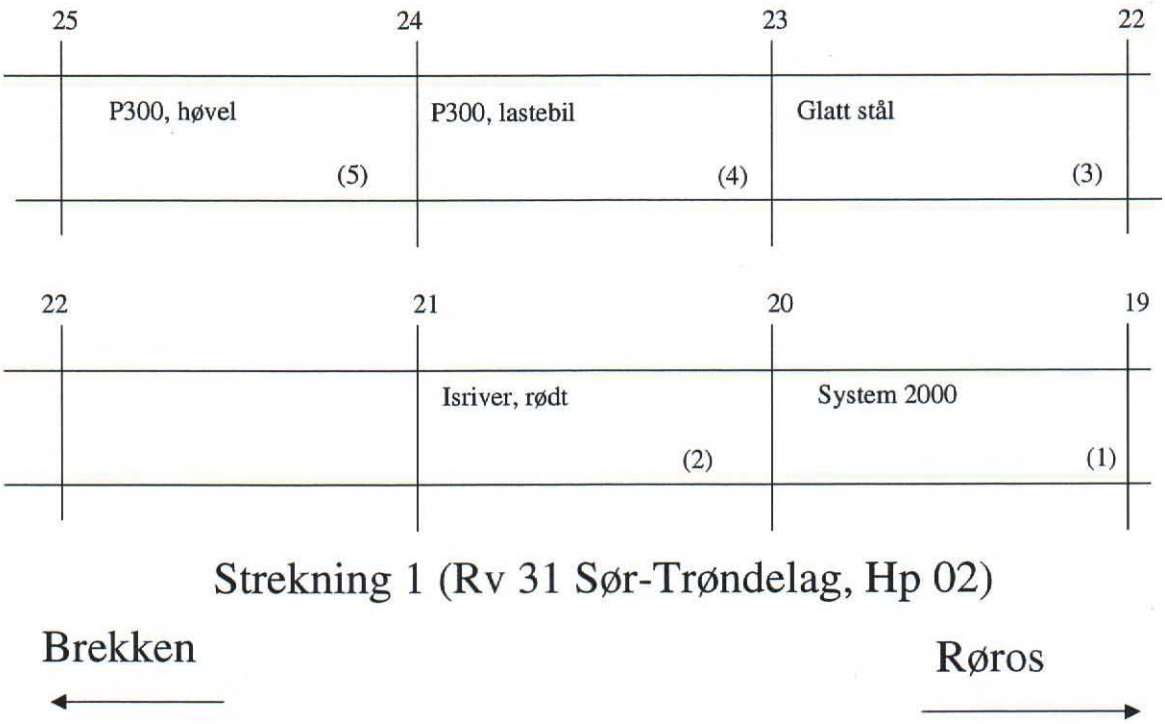
- Roar Mark I, Buskerud
- Roar Mark II (kjørt med målehjulet i høyre hjulspor)

På Roar Mark II ble det også kjørt test med måling av makrotekstur med laser på strekning 2 på Fv 532 torsdag ettermiddag og fredag morgen.

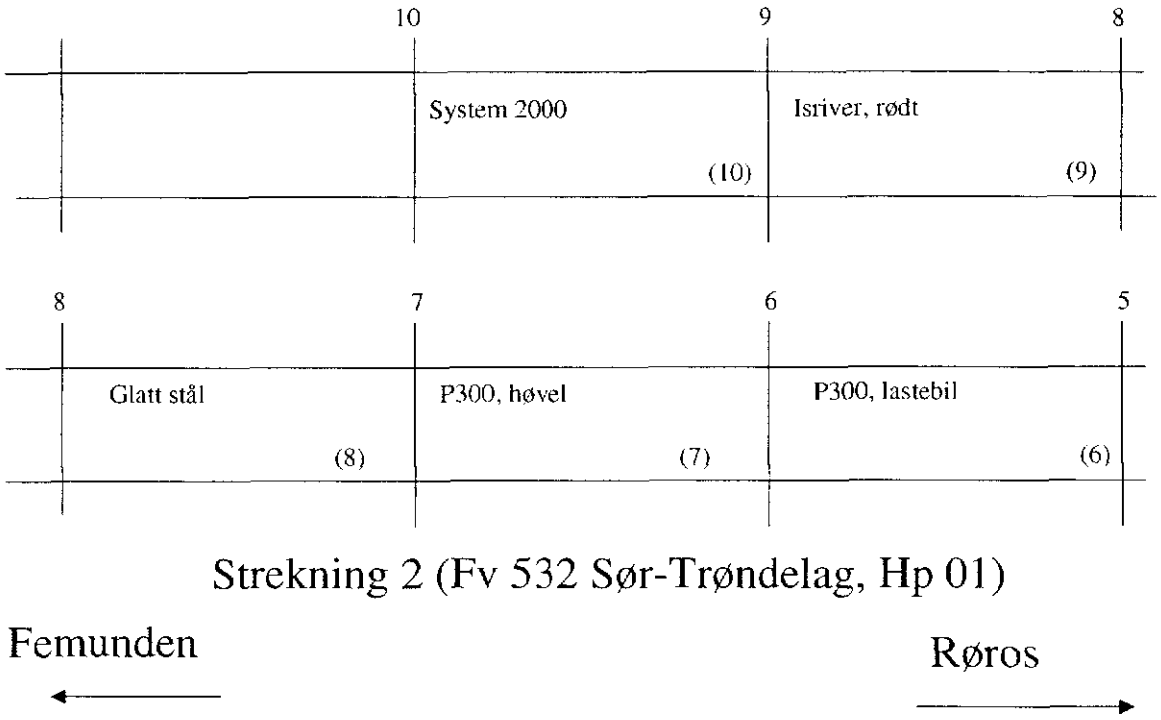


Figur 6.44: *Temperaturforhold og nedbør ved Rugldalen, Røros, 07.03-09.03.2001*

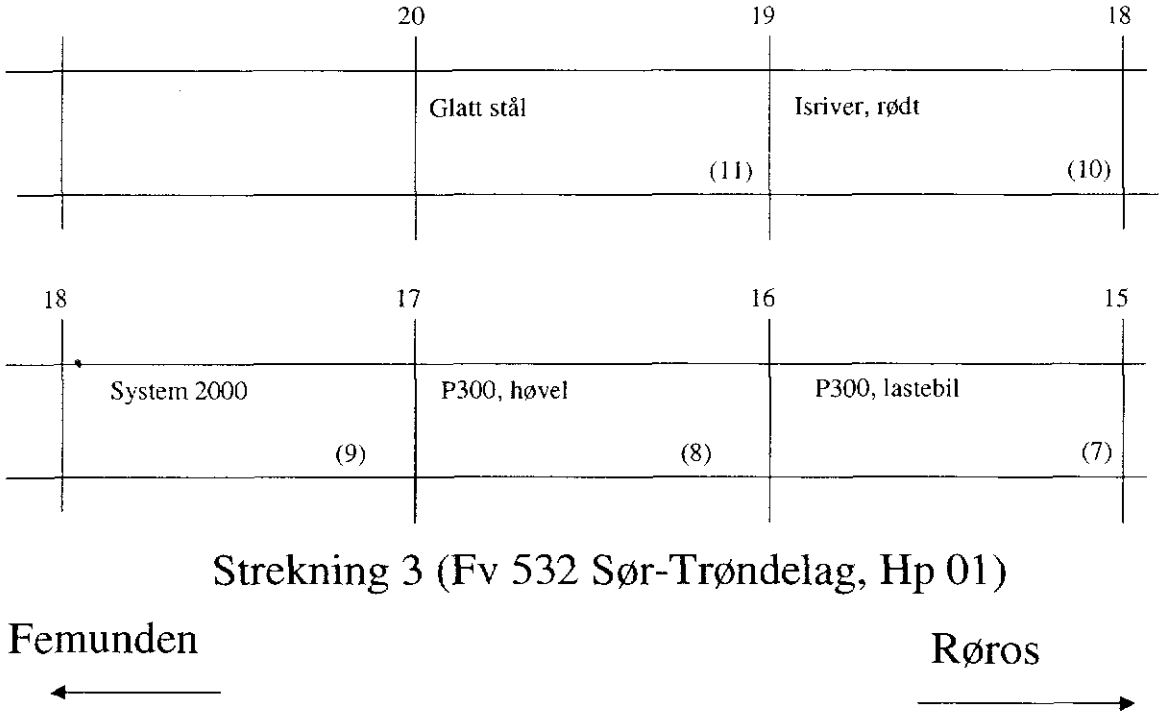
Som en kan se av figur 6.44 var det relativt mildt, men ingen nedbør under høvelforsøkene på Røros.



Figur 6.45: *Forsøk IV, forsøksstrekning 1 på Rv 31, høvlet 8. mars 2001*

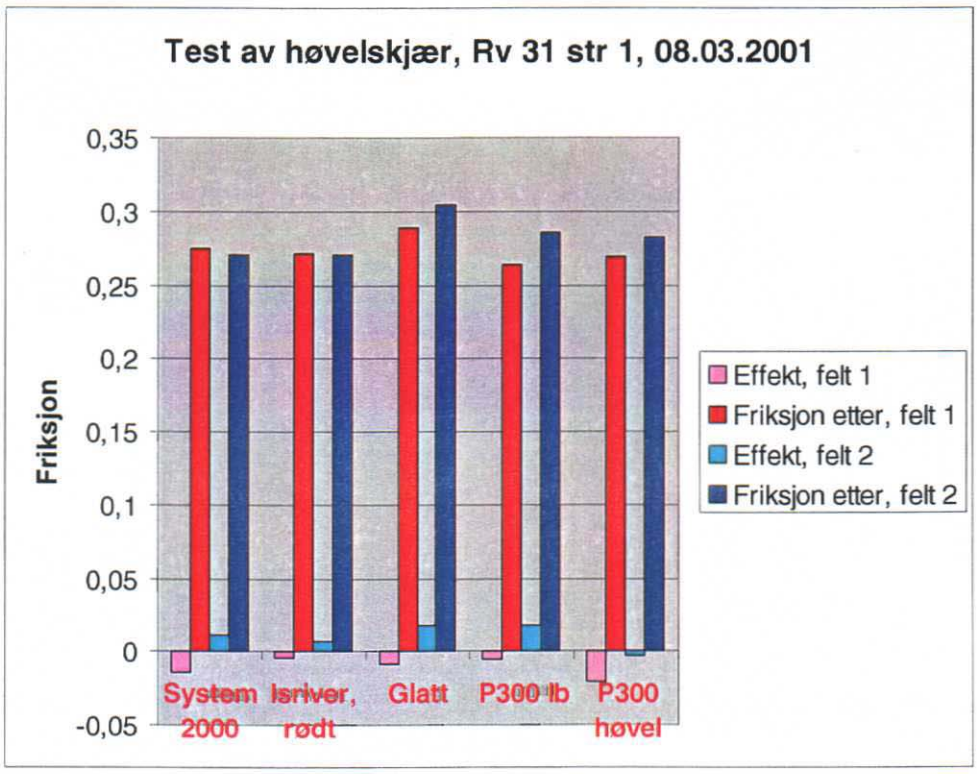


Figur 6.46: *Forsøk IV, forsøksstrekning 2 på Fv 532, høvlet 8. mars 2001*

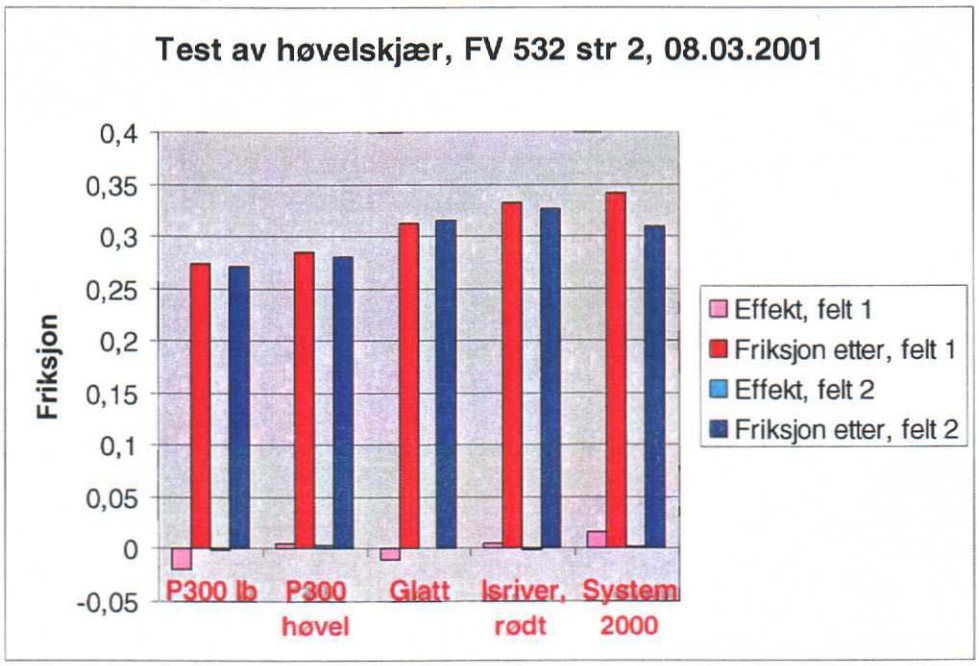


Figur 6.47: *Forsøk IV, forsøksstrekning 3 på Fv 532, høvlet 9. mars 2001*

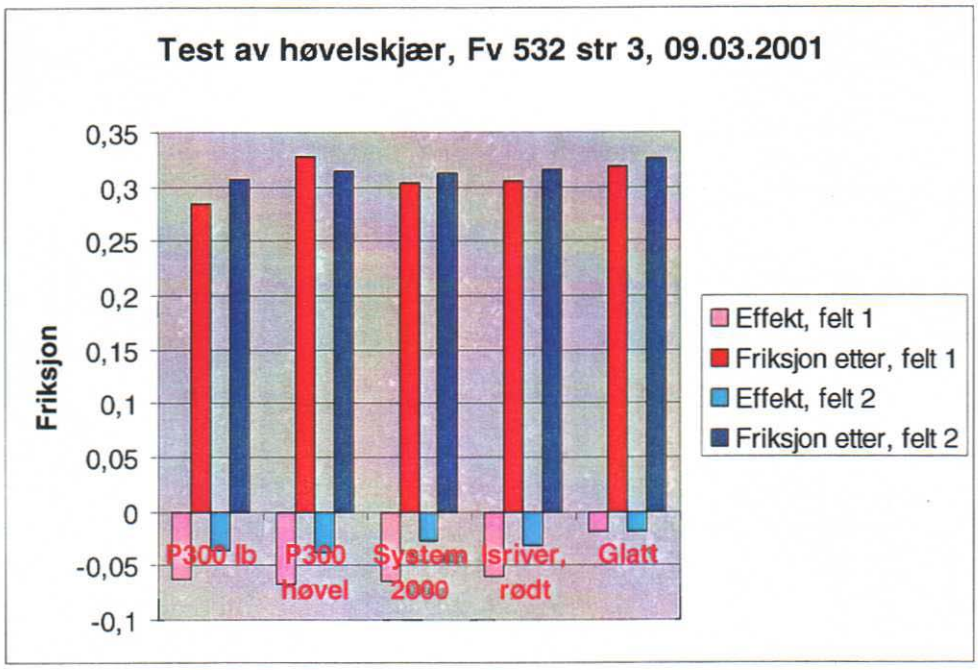
Resultatene fra høveltestene på Røros er gjengitt i figurene 6.48 – 6.52.



Figur 6.48: *Forsøk IV, strekning 1, test av høvelskjær. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*



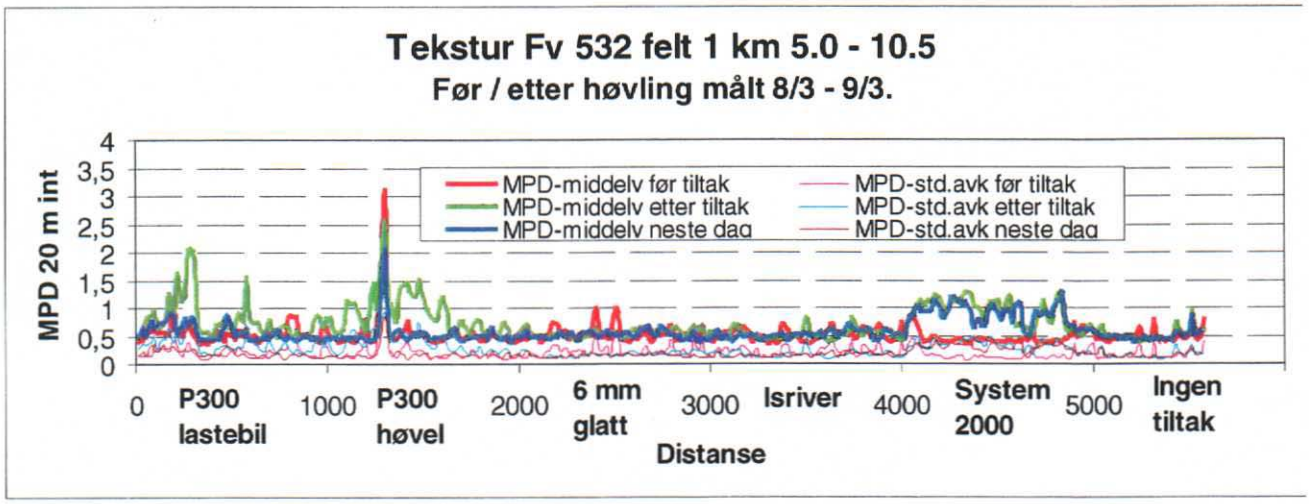
Figur 6.49: *Forsøk IV, strekning 2, test av høvelskjær. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*



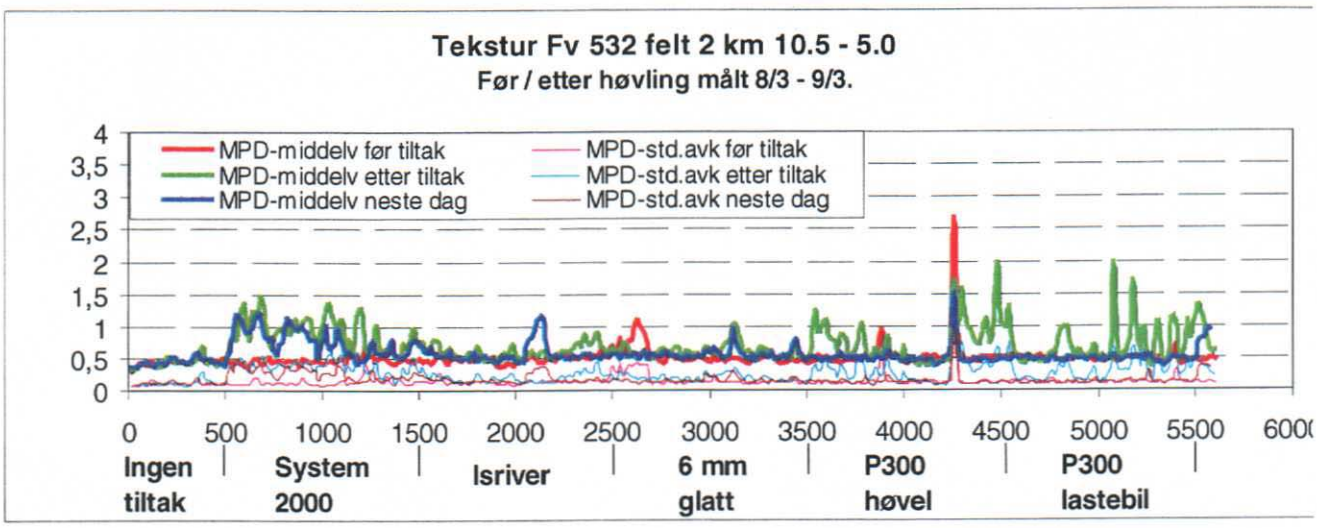
Figur 6.50: *Forsøk III, strekning 3, test av høvelskjær. Friksjonstilskudd og friksjon etter tiltak*

For høvelforsøkene på Røros gjelder de samme kommentarene som for testene av høvelskjær på Haukeli, dvs at det er vanskelig å trekke noen entydige slutninger ut fra resultatene fra de enkelte strekningene.

Figurene 6.51 og 6.52 viser resultatene fra teksturmålingene på strekning 2.



Figur 6.51: *Teksturmålinger på Fv 532, strekning 2 felt 1*



Figur 6.52: Teksturmålinger på Fv 532, strekning 2 felt 2

Den mest tydelige endringen i makroteksturen finner en der det ble benyttet P300 og System 2000. Dette er imidlertid usikre verdier siden det ikke er lagt inn filter for å skille på hvor laserstrålen har truffet i forhold til bunn og topp av rillene.

7 Referanser

Vaa, Torgeir	Friksjonsforbedrende tiltak – forprosjekt. SINTEF Samferdsel, september 1997
Vegteknisk avdeling	Uttesting av varmsandmetodene Hottstone og Friction Maker vinteren 1998/99. Intern rapport nr 2105, oktober 1999
Vegteknisk avdeling	Vinterfriksjonsprosjektet – resultater fra sandingsforsøk sesongen 1999/2000. Intern rapport nr 108, november 2000

Vedlegg 1: Oversikt over forsøkene som ligger til grunn for resultatene i kapittel 4

Vedlegg 1.1: Oversikt over utlagte materialer under testen av strøbiler 16. – 19.01.2001

Dato	Felt	Metode	Fraksjon	Dos-ering	Temp., vann	Temp., luft/dekke	Tids-punkt
16.01/ E136	1	Tørr sand, Dombås	0-4 mm knust natur, Litra	200		-21,0 / -14,3	10:00 – 10:30
	2	Våt sand, Møre og Romsdal	0-4 mm knust natur, Litra	195	95^0	-21,0 / -14,3	10:00 – 10:30
	3	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-4 mm knust natur, Litra	173	95^0	-21,0 / -14,3	10:00 – 10:30
16.01/ E136	4	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-4 mm knust natur, lokal	173	95^0	-16,0 / -14,5	15:30 – 16.10
	5	Våt sand, Møre og Romsdal	0-4 mm knust natur, lokal	195	95^0	-16,0 / -14,5	15:30 – 16.10
	6	Tørr sand, Dombås	0-4 mm knust natur, lokal	200		-16,0 / -14,5	15:30 – 16.10
17.01/ E136	7	Våt sand, Møre og Romsdal	0-4 mm knust fjell, Litra	200	95^0	-18,0 / -16,5	10:00 – 10:15
	8	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-4 mm knust fjell, Litra	250	95^0	-18,0 / -16,5	10:00 – 10:15
	9	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-4 mm knust fjell, Litra	250	95^0	-18,0 / -16,5	12:10 – 12:25
	10	Våt sand, Møre og Romsdal	0-4 mm knust fjell, Litra	200	95^0	-18,0 / -16,5	12:10 – 12:25
18.01/ E136	11	Våt sand, Møre og Romsdal	0-6 mm knust fjell, Litra	165	95^0	-18,0 / -14,2	10:45 – 11:45
	12	Våt sand, Oppland	0-6 mm knust fjell, Litra	185	95^0	-18,0 / -14,2	10:45 – 11:45
	13	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-6 mm knust fjell, Litra	180	95^0	-18,0 / -14,2	10:45 – 11:45
	14	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-6 mm knust fjell, Litra	250	95^0	-18,0 / -14,2	10:45 – 11:45
	15	Våt sand, Oppland	0-6 mm knust fjell, Litra	272	95^0	-18,0 / -14,2	10:45 – 11:45
	16	Våt sand, Møre og Romsdal	0-6 mm knust fjell, Litra	213	95^0	-18,0 / -14,2	10:45 – 11:45

Vedlegg 1.2: Oversikt over utlagte materialer under testen av strøbiler 13. – 16. februar 2001

Dato	Felt	Metode	Fraksjon	Dos-ering	Temp., vann	Temp., luft/dekke	Tids-punkt
13.02/ E6	1	Våt sand, Schmidt/Øveraa.	0-4 mm knust fjell, Litra	180	95^0	-2,8 / -3,5	11:15 – 11:30
	2	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-4 mm knust fjell, Litra	220	95^0	-2,8 / -3,5	11:15 – 11:30
	3	Våt sand, Epoke	0-4 mm knust fjell, Litra	250	95^0	-2,8 / -3,5	11:15 – 11:30
	4	Våt sand, Møre og Romsdal	0-4 mm knust fjell, Litra	173	95^0	-2,8 / -3,5	11:15 – 11:30
	5	Våt sand, Oppland	0-4 mm knust fjell, Litra	163	95^0	-2,8 / -3,5	13:10 – 13:20
13.02/ E6	6	Våt sand, Møre og Romsdal	0-4 mm knust fjell, Litra	225	95^0	2,7 / 0,5	14:55 – 15:10
	7	Våt sand, Schmidt/Øveraa.	0-4 mm knust fjell, Litra	180	95^0	2,7 / 0,5	14:55 – 15:10
	8	Våt sand, Epoke	0-4 mm knust fjell, Litra	250	95^0	2,7 / 0,5	14:55 – 15:10
	9	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-4 mm knust fjell, Litra	220	95^0	2,7 / 0,5	14:55 – 15:10
	10	Våt sand, Oppland	0-4 mm knust fjell, Litra	163	95^0	2,7 / 0,5	14:55 – 15:10
14.02/ Rv 29	11	Våt sand, Møre og Romsdal	0-6 mm knust fjell, Litra	173	95^0	2 / -2,1	10:50 – 11:15
	12	Våt sand, Epoke	0-6 mm knust fjell, Litra	208	95^0	2 / -2,1	10:50 – 11:15
	13	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-6 mm knust fjell, Litra	210	95^0	2 / -2,1	10:50 – 11:15
	14	Våt sand, Schmidt/Øveraa.	0-6 mm knust fjell, Litra	198	95^0	2 / -2,1	10:50 – 11:15
	15	Våt sand, Oppland	0-6 mm knust fjell, Litra	192	95^0	2 / -2,1	10:50 – 11:15
15.02/ Rv 27	16	Våt sand, Sør-Trøndelag	0-4 mm knust natur, lokal	200	95^0	2 / -4,1	11:45 – 12:05
	17	Våt sand, Oppland	0-4 mm knust natur, lokal	176	95^0	2 / -4,1	11:45 – 12:05
	18	Våt sand, Epoke	0-4 mm knust natur, lokal	198	95^0	2 / -4,1	11:45 – 12:05
	19	Våt sand, Nido	0-4 mm knust natur, lokal	190	95^0	2 / -4,1	11:45 – 12:05

Vedlegg 1.3: Oversikt over utlagte materialer under testen på Rv 180 19. - 20. mars 2001

Dato/ veg	**Felt**	**Metode**	**Fraksjon**	**Dos-ering**	**Temp., vann**	**Dekke-temp.**	**Tids-punkt**
19.03/ Rv 180	1	Befuktet	0-4 mm knust fjell	120	10^0	-5,0	11:20 – 11:30
	2	Befuktet	0-4 mm knust fjell	120	10^0	-5,0	11:20 – 11:30
	3	Befuktet	0-4 mm knust fjell	180	10^0	-6,6	15:20 – 15.30
	4	Tørr sand	0-4 mm knust fjell	180	10^0	-6,6	15:20 – 15.30
	5	Befuktet	0-4 mm knust fjell	180	10^0	-6,6	15:20 – 15.30
20.03/ Rv 180	6	Befuktet	0-4 mm knust fjell	180	10^0	-1,5	14:30 – 14:45
	7	Tørr sand	0-4 mm knust fjell	180	10^0	-1,5	14:30 – 14:45
	8	Befuktet	0-4 mm knust fjell	180	10^0	-1,5	14:30 – 14:45

Vedlegg 1.4: Oversikt over tidspunkter for høvelforsøk på Haukeli

Dato/ veg	Felt	Metode	Temp., luft/dekke	Tids-punkt
28/02/ Rv 9	1	Glatt stål	-12,8 / -14,5	10:25 – 10:55
	2	System 2000	-12,8 / -14,5	10:25 – 10:55
	3	P300	-12,8 / -14,5	10:25 – 10:55
	4	Isriver, blått	-12,8 / -14,5	10:25 – 10:55
	5	Isriver, rødt	-12,8 / -14,5	10:25 – 10:55
28.02/ Rv 9	6	Glatt stål	-16,8 / -15,1	17:30 – 18:05
	7	System 2000	-16,8 / -15,1	17:30 – 18:05
	8	P300	-16,8 / -15,1	17:30 – 18:05
	9	Isriver, blått	-16,8 / -15,1	17:30 – 18:05
	10	Isriver, rødt	-16,8 / -15,1	17:30 – 18:05
01:03/ E134	11	Isriver, blått	-9,2 / -14,2	10:20- 10:45
	12	P300	-9,2 / -14,2	10:20- 10:45
	13	System 2000	-9,2 / -14,2	10:20- 10:45
	14	Glatt stål	-9,2 / -14,2	10:20- 10:45

Vedlegg 1.5: Oversikt over tidspunkter for høvelforsøk på Røros

Dato/ veg	**Felt**	**Metode**	**Temp., dekke**	**Tids-punkt**
08.03/ Rv 31	1	System 2000	-2,5	11:45 – 12:55
	2	Isriver, rødt	-2,5	11:45 – 12:55
	3	Glatt stål	-2,5	11:45 – 12:55
	4	P300, lastebil	-2,5	11:45 – 12:55
	5	P300	-2,5	11:45 – 12:55
08.03/ Fv 532	6	P300, lastebil	-4,2	17:20 – 18:10
	7	P300	-4,2	17:20 – 18:10
	8	Glatt stål	-4,2	17:20 – 18:10
	9	Isriver, rødt	-4,2	17:20 – 18:10
	10	System 2000	-4,2	17:20 – 18:10
09.03/ Fv 532	11	P300, lastebil	-1,8	09:35 – 10:25
	12	P300	-1,8	09:35 – 10:25
	13	System 2000	-1,8	09:35 – 10:25
	14	Isriver, rødt	-1,8	09:35 – 10:25
	15	Glatt stål	-1,8	09:35 – 10:25

Vedlegg 2: Siktekurver for grusmaterialer som er benyttet under testene sesongen 2000/2001

SINTEF

SINTEF Bygg og miljøteknikk
Vegteknikk

SIKTEANALYSE

Standard: Statens vegvesen - håndbok 014

Trondheim, 27.02.02

Utført av: _____

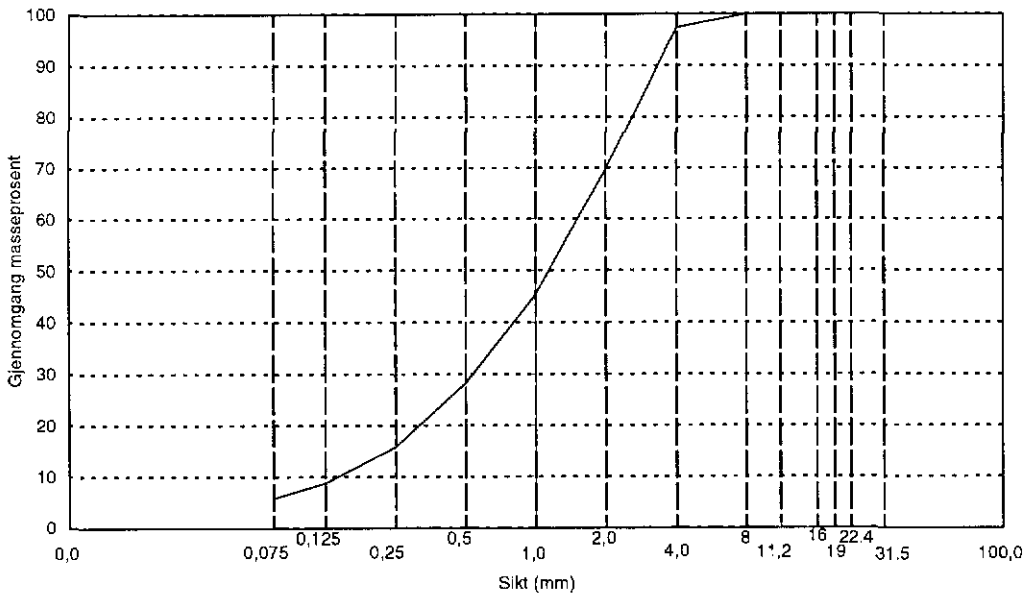
Materiale: **Litra 0 - 4 Knust natur**

Sted: **Lesja 17.01.01**

Analysert for: SINTEF Bygg og Miljøteknikk, Densitet: 2,672g/cm3

SIKTEANALYSE			
	Prøve 1	Prøve 2	1+2
SIKT	(g)	(g)	(%)
31,50	0,0	0,0	0,0
22,40	0,0	0,0	0,0
19.0	0,0	0,0	0,0
16.0	0,0	0,0	0,0
11.2	0,0	0,0	0,0
8.0	0,0	0,0	0,0
4.0	26,6	24,8	2,6
2.0	293,2	295,9	30,3
1.0	525,6	536,5	54,6
0.5	692,5	702,8	71,7
0.25	812,6	824,6	84,2
0.125	881,3	892,7	91,2
0.075	908,9	923,1	94,2
BUNN	959,7	985,2	100,0

SIKTEKURVE



Skjema:sikte Datakatalog: C:\WINNT\Profiles\torgeirv\Personal\

SINTEF

SINTEF Bygg og miljøteknikk
Vegteknikk

SIKTEANALYSE

Standard: Statens vegvesen - håndbok 014

Trondheim, 27.02.02

Utført av: _____

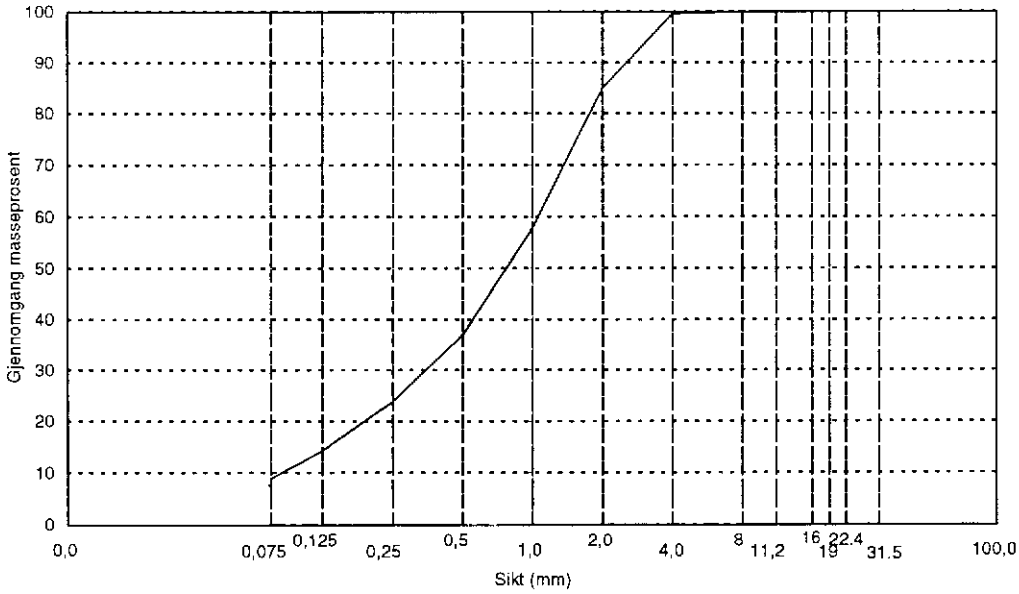
Materiale: **Kårbøsæter 0-4 knust natur**

Sted: **Lesja 16.01.01**

Analysert for: SINTEF Bygg og Miljøteknikk, Densitet: 2.739g/cm3

SIKTEANALYSE			
	Prøve 1	Prøve 2	1+2
SIKT	(g)	(g)	(%)
31,50	0,0	0,0	0,0
22,40	0,0	0,0	0,0
19.0	0,0	0,0	0,0
16.0	0,0	0,0	0,0
11.2	0,0	0,0	0,0
8.0	0,0	0,0	0,0
4.0	3,1	3,9	0,4
2.0	141,2	152,2	15,0
1.0	400,4	423,8	42,2
0.5	597,6	635,7	63,1
0.25	719,8	769,7	76,2
0.125	809,5	864,1	85,6
0.075	860,7	919,7	91,1
BUNN	944,4	1010,7	100,0

SIKTEKURVE



Skjema:sikte Datakatalog: C:\WINNT\Profiles\torgeirv\Personal\

SINTEF

SINTEF Bygg og miljøteknikk
Vegteknikk

SIKTEANALYSE

Standard: Statens vegvesen - håndbok 014

Trondheim, 27.02.02

Utført av: _____

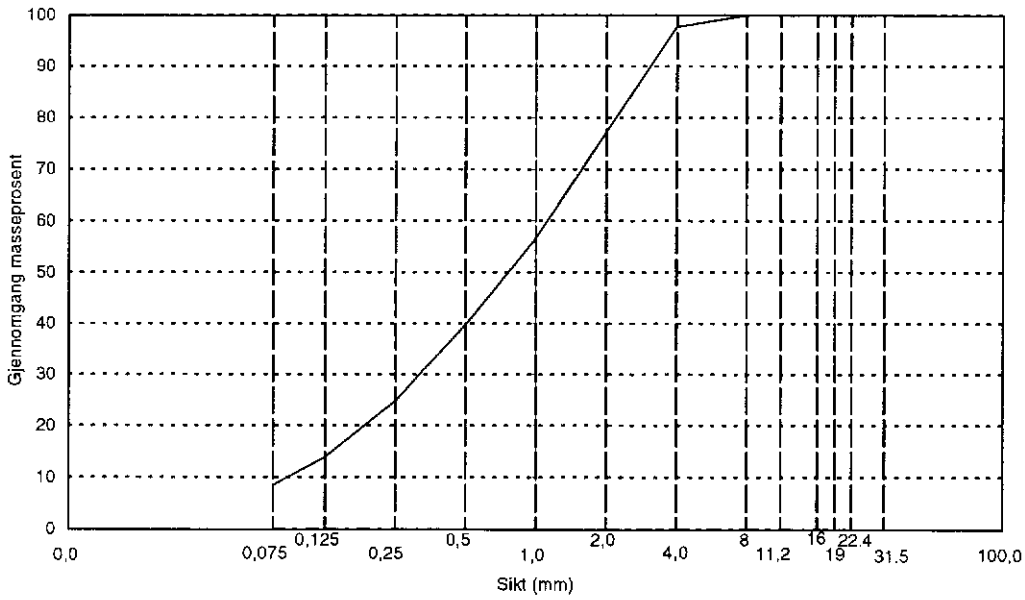
Materiale: **Litra 0 - 4 Knust fjell**

Sted: **Lesja 17.01.01**

Analysert for: SINTEF Bygg og Miljøteknikk, Densitet: 2.677g/cm3

SIKTEANALYSE			
	Prøve 1	Prøve 2	1+2
SIKT	(g)	(g)	(%)
31,50	0,0	0,0	0,0
22,40	0,0	0,0	0,0
19.0	0,0	0,0	0,0
16.0	0,0	0,0	0,0
11.2	0,0	0,0	0,0
8.0	0,0	0,0	0,0
4.0	24,2	21,1	2,2
2.0	257,3	208,1	22,9
1.0	479,8	398,9	43,3
0.5	657,8	562,9	60,2
0.25	813,5	711,2	75,1
0.125	925,3	819,7	86,0
0.075	980,3	876,1	91,5
BUNN	1064,9	964,0	100,0

SIKTEKURVE



Skjema:sikte Datakatalog: C:\WINNT\Profiles\torgeirv\Personal\

SINTEF

SINTEF Bygg og miljøteknikk
Vegteknikk

SIKTEANALYSE

Standard: Statens vegvesen - håndbok 014

Trondheim, 27.02.02

Utført av: _____

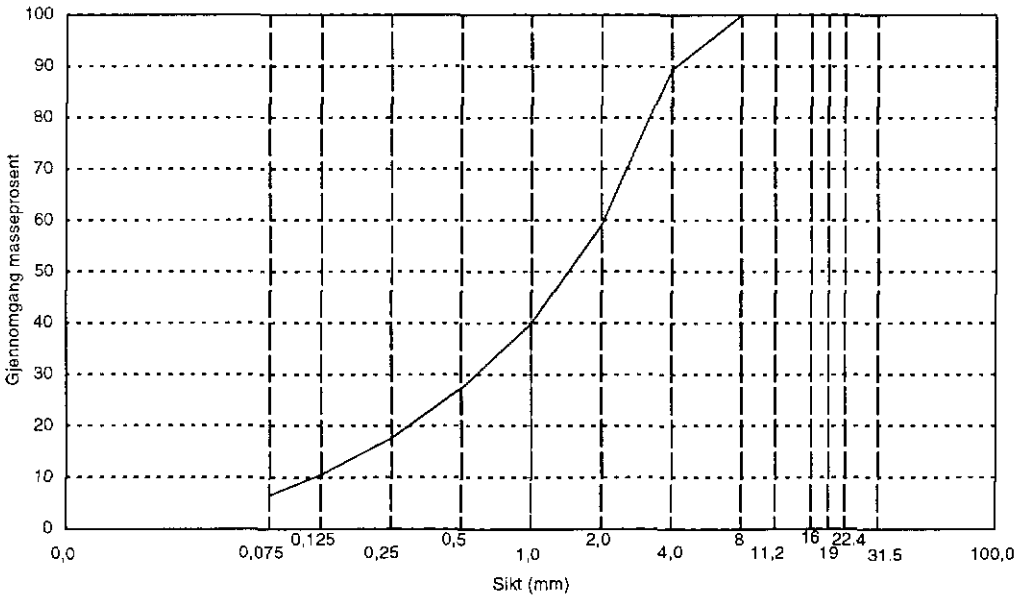
Materiale: **Litra 0 - 6 Knust fjell**

Sted: **Lesja 18.01.01**

Analysert for: SINTEF Bygg og Miljøteknikk, Densitet: 2.677g/cm3

SIKTEANALYSE			
	Prøve 1	*Prøve 2*	1+2
SIKT	(g)	(g)	(%)
31,50	0,0	0,0	0,0
22,40	0,0	0,0	0,0
19.0	0,0	0,0	0,0
16.0	0,0	0,0	0,0
11.2	0,0	0,0	0,0
8.0	0,0	0,0	0,0
4.0	96,8	100,8	10,6
2.0	372,5	390,6	40,8
1.0	556,1	568,2	60,1
0.5	676,5	682,0	72,7
0.25	771,1	768,4	82,3
0.125	841,5	830,3	89,4
0.075	882,7	866,5	93,6
BUNN	945,6	923,9	100,0

SIKTEKURVE



Skjema:sikte Datakatalog: C:\WINNT\Profiles\torgeirv\Personal\

SINTEF

SINTEF Bygg og miljøteknikk
Vegteknikk

SIKTEANALYSE

Standard: Statens vegvesen - håndbok 014

Trondheim, 27.02.02

Utført av: _____

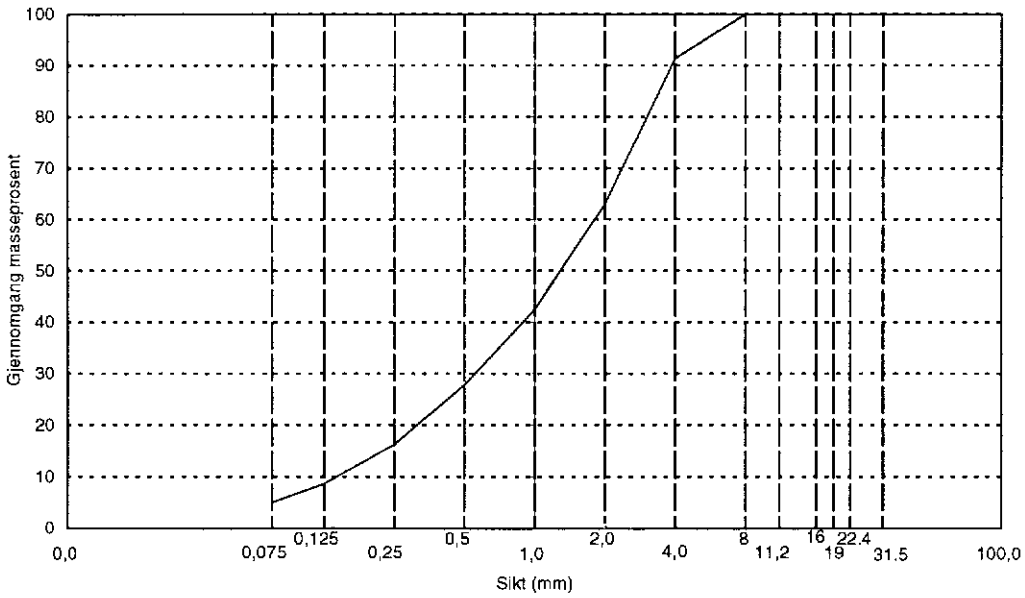
Materiale: **Litra 0 - 4 mm knust fjell**

Sted: **Hjerkinn 13.02.01**

Analysert for: SINTEF Bygg og Miljøteknikk, Densitet: 2,678g/cm3

SIKTEANALYSE			
	Prøve 1	Prøve 2	1+2
SIKT	(g)	(g)	(%)
31,50	0,0	0,0	0,0
22,40	0,0	0,0	0,0
19.0	0,0	0,0	0,0
16.0	0,0	0,0	0,0
11.2	0,0	0,0	0,0
8.0	0,0	0,0	0,0
4.0	103,0	107,1	8,6
2.0	451,4	451,6	37,0
1.0	706,8	698,4	57,5
0.5	889,6	874,6	72,2
0.25	1032,1	1012,9	83,7
0.125	1126,7	1103,3	91,3
0.075	1171,6	1147,6	94,9
BUNN	1234,0	1209,3	100,0

SIKTEKURVE



Skjema:sikte Datakatalog: C:\WINNT\Profiles\torgeirv\Personal\

SINTEF

SINTEF Bygg og miljøteknikk
Vegteknikk

SIKTEANALYSE

Standard: Statens vegvesen - håndbok 014

Trondheim, 27.02.02

Utført av: _____

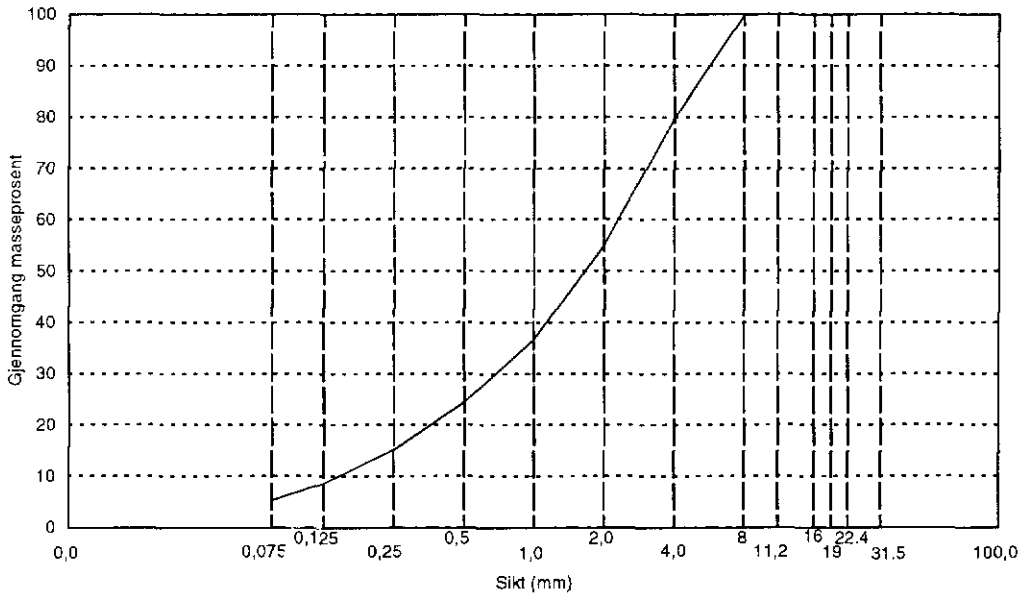
Materiale: **Litra 0 - 6 mm knust fjell**

Sted: **Folldalen 14.02.01**

Analysert for: SINTEF Bygg og Miljøteknikk, Densitet: 2,683g/cm3

SIKTEANALYSE			
	Prøve 1	Prøve 2	1+2
SIKT	(g)	(g)	(%)
31,50	0,0	0,0	0,0
22,40	0,0	0,0	0,0
19.0	0,0	0,0	0,0
16.0	0,0	0,0	0,0
11.2	0,0	0,0	0,0
8.0	0,7	0,0	0,0
4.0	217,8	234,1	20,3
2.0	496,0	507,4	45,1
1.0	703,0	706,3	63,3
0.5	843,7	837,7	75,6
0.25	951,9	936,6	84,9
0.125	1028,3	1005,0	91,4
0.075	1066,2	1040,1	94,6
BUNN	1127,6	1097,9	100,0

SIKTEKURVE



Skjema:sikte Datakatalog: C:\WINNT\Profiles\torgeirv\Personal\

SINTEF

SINTEF Bygg og miljøteknikk
Vegteknikk

SIKTEANALYSE

Standard: Statens vegvesen - håndbok 014

Trondheim, 27.02.02

Utført av: _____

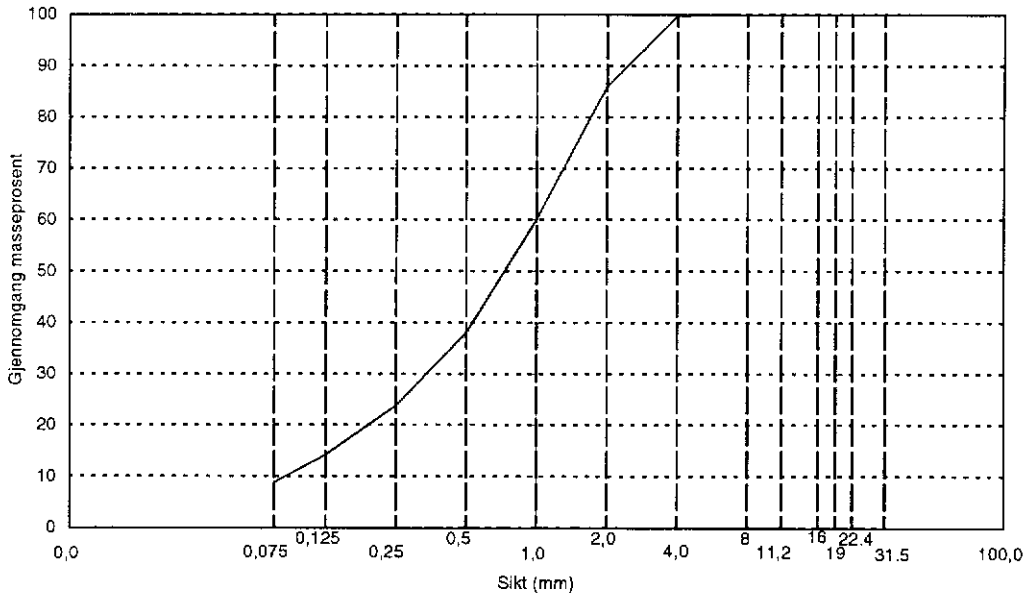
Materiale: **Kårbøsæter 0 - 4 mm knust natur**

Sted: **Ringebufjellet 15.02.01**

Analysert for: SINTEF Bygg og Miljøteknikk, Densitet: 2,763g/cm3

SIKTEANALYSE			
	Prøve 1	Prøve 2	1+2
SIKT	(g)	(g)	(%)
31,50	0,0	0,0	0,0
22,40	0,0	0,0	0,0
19.0	0,0	0,0	0,0
16.0	0,0	0,0	0,0
11.2	0,0	0,0	0,0
8.0	0,0	0,0	0,0
4.0	2,4	3,0	0,2
2.0	165,9	178,0	14,0
1.0	480,1	497,0	39,9
0.5	752,7	765,3	62,0
0.25	930,2	937,4	76,2
0.125	1050,0	1050,6	85,8
0.075	1117,4	1115,9	91,2
BUNN	1225,7	1223,9	100,0

SIKTEKURVE



Skjema:sikte Datakatalog: C:\WINNT\Profiles\torgeirv\Personal\