

Intern rapport nr. 2152

Tekstur på freste vegdekker

April 2000

Tekstur på freste vegdekker

Sammendrag

Fresing av vegdekker er blitt et vanlig vedlikeholdstiltak på veger med spordannelse, evt. glatt dekke m.m.

Hvor egnet overflaten blir for å trafikkeres varierer med freseutstyret og hvordan dette anvendes.

For å finne fram til en best mulig anvendelse av eksisterende utstyr ble det gjennomført et prosjekt ved Statens vegvesen i Sør-Trøndelag høsten 1999.

Forsøkene er utført på to strekninger på E6, hver bestående av seks delfelt med ulike kombinasjoner av trommeltype, fremdriftshastighet og periferihastighet på fresetrommelen.

Det er gjennomført kjøreforsøk med motorsykkel og bil, støymålinger, samt målt friksjon, tekstur, spor og jevnhet før og etter fresing.

Det optimale resultat ble oppnådd med 10 mm tannavstand.

Emneord: *Asfaltdekke, fresing, kjørekomfort*

Kontor: *3510 - Overbygningskontoret*
Saksbehandler: *K. Aaness, SVV Sør-Trøndelag, S. Dørum, Vegteknisk avd. / BN*
Dato: *April 2000*



SINTEF Bygg og miljøteknikk
Vegteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Alfred Getz vei 3
Telefon: 73 59 47 20
Telefaks: 73 59 70 20

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Tekstur på freste vegdekker

FORFATTER(E)

Eivind Olav Andersen

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen Sør-Trøndelag

RAPPORTNR. STF22 A00453	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Knut Aanes	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-01354-2	PROSJEKTNR. 22G145	ANTALL SIDER OG BILAG 42 sider inkl. 6 bilag
ELEKTRONISK ARKIVKODE i:\pro\22g145\rapport\stf22_a00453.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Eivind Olav Andersen	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Leif J. Bakløkk	
ARKIVKODE	DATO 2000-04-03	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Dag Bertelsen, forskningssjef <i>Dag Bertelsen</i>	

SAMMENDRAG

Tilbakemeldinger til Statens vegvesen opp gjennom årene tyder på at freste vegdekker oppleves som ubehagelig å kjøre på for enkelte trafikanter. Spesielt førere av motorsykler har klaget over dårlig kjørekomfort og følelse av usikkerhet ved kjøring på freste vegdekker. Man kan oppleve at kjøretøyet "vandrer" og gir en følelse av redusert kontroll.

Med denne problemstillingen som bakgrunn, startet Statens vegvesen i Sør-Trøndelag et FOU-prosjekt for å finne frem til et gunstigst mulig fresemønster. To hovedfelt, hver bestående av seks delfelt, ble frest på E6 mellom Melhus sentrum og Kvål med ulike kombinasjoner av trommeltype, fremdriftshastighet og periferihastighet på fresetrommelen.

Det ble gjennomført kjøreforsøk av motorsyklister og bilister for evaluering av kjøreegenskapene på de ulike fresestrukturene. Forsøkene viser klart at 10 mm Tripple Wrap trommel er å foretrekke fremfor 15 mm Tripple Wrap, og at kombinasjonen av fremdriftshastighet og periferihastighet også har stor innvirkning på kjøreegenskapene.

Det ble foretatt støymålinger som viser at de groveste fresestrukturene vil generere en del økt støy i forhold til vanlige asfaltdekker, både til omgivelsene og innvendig i kjøretøy. Disse strukturene bør ikke benyttes i nærheten av bebyggelse.

Måling av friksjon, spor, tekstur og jevnhet før og etter fresing viser ulike effekter av fresing og av de ulike fresestrukturene.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Vegteknikk	Highway Engineering
GRUPPE 2	Asfalt	Asphalt
EGENVALGTE	Fresing	Milling

Oppdragsgivers forord

Strukturen på freste asfaltdekker påvirker kjørekomforten til trafikantene. Dette gjelder spesielt for de som kjører motorsykkel (tohjulinger), i tillegg vil kjørekomforten for biler kunne påvirkes.

Utviklingen av freseutstyr har de senere år gjort oss i stand til å variere fresemønstret. Ved hjelp av moderne fresemaskiner med stor motorkraft kan man variere framdriften både på maskinen og på trommelen, og dermed lage en struktur på vegdekket som varierer fra stripe- til vaffelmønster.

Statens vegvesen har med dette prøveopplegget, forsøkt å kartlegge alle forhold som kan påvirke trafikanten ved kjøring på freste vegdekker. Målet med forsøket har vært å tilføre oss kunnskaper om brukernes opplevelse, slik at vi skal kunne utføre fresingen på en best mulig måte for trafikantene.

I forsøket har følgende personer deltatt:

Knut Aaen (leder)	Sør-Trøndelag Vegkontor, Produksjonsavdelingen
Eivind O. Andersen (sekretær)	SINTEF, Vegteknikk
Odd Bentsdal	Sør-Trøndelag Vegkontor, Trafikkavdelingen
Sigmund Dørum	Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling
Oskar Høiaas	Sør-Trøndelag Vegkontor, Produksjonsavdelingen
Øystein Larsen	Vegdirektoratet, Trafikkavdelingen
Hans Skjelbred	Sør-Trøndelag Vegkontor, Trafikkavdelingen
Frode Tystad	Trondheim Politikammer

SINTEF Tele og data v/Truls Berge har vært engasjert til å utføre støymålinger. Testing av dekkenes kjøreegenskaper er utført av politiet, SINTEF, vegvesenet samt enkelte personer fra MC-forum Sør-Trøndelag. Vegvesenet v/Bjørn Ove Ofstad har utført alle målinger knyttet til spor, jevnhet, friksjon og struktur på feltene.

Statens vegvesen Sør-Trøndelag, mars 2000

INNHALDSFORTEGNELSE

Oppdragsgivers forord.....	2
INNHALDSFORTEGNELSE.....	3
1. Bakgrunn for forsøkene	4
2. Beskrivelse av feltene.....	5
3. Utførte forsøk og målinger for evaluering av feltene	7
3.1 Kjøreforsøk med motorsykkel og bil.....	7
3.2 Støymålinger	8
3.3 Andre målinger.....	9
4. Resultater og diskusjon	10
4.1 Kjøreforsøk.....	10
4.2 Støymålinger foretatt av SINTEF Tele og data.....	11
4.3 Støymålinger innvendig i kjøretøy	13
4.4 Friksjonsmålinger	15
4.5 Spormålinger	19
4.6 Teksturmålinger.....	19
4.7 Jevnhetsmålinger (IRI).....	20
5. Oppsummering og konklusjoner	22
Referanser	24
Bilag 1:	Bilder av fresestrukturen på alle delfelt
Bilag 2:	Skjema benyttet i kjøreforsøk
Bilag 3:	Målte støynivå innvendig i bil
Bilag 4:	Friksjonsdata
Bilag 5:	Teksturdata
Bilag 6:	Beskrivelse av ulike fresetromler og tannavstander

1. Bakgrunn for forsøkene

Fresing av asfaltdekker er en rimelig vedlikeholdsmetode som har vært benyttet i Norge i stadig større omfang siden begynnelsen av åttitallet. Fresing vil i mange tilfeller kunne løse trafikkproblemer knyttet til f.eks. spor, til en svært lav kostnad sammenlignet med legging av ny asfalt. Metoden forlenger levetiden til det eksisterende dekket og gir fresematerialer som kan finne andre anvendelser innen vegbygging. Fresing er et miljø- og ressursvennlig tiltak som bidrar til at asfaltmasser kan gjenbrukes til vegformål på en økonomisk god måte. Metoden har også klare fordeler ved at man kan kontrollere vegens høyde i forhold til omgivelsene og unngå problemer knyttet til heving av fortau, sluk og kummer.

Kostnader forbundet med fresing ligger i størrelsesorden 25-30 % av kostnaden med et nytt dekke. I en tid med stadig mindre bevilgninger til dekkevedlikehold, har fresing vist seg å være en effektiv og nødvendig vedlikeholdsmetode. I henhold til vegdatabanken ble det på riks- og fylkesveger i 1998 frest ca. 1,7 mill. m² i Norge tilsvarende ca. 144.000 tonn.

Vegkontoret i Sør-Trøndelag har den ene av to store planfreser som finnes i Statens vegvesen. Denne fresen er av type CMI PR 800-7 og utfører hvert år en betydelig mengde fresing både i eget og andre fylker. Med denne typen fres kan man variere fremdriftshastigheten og trommelhastigheten (periferihastighet). I 1999 ble det kjøpt en ny trommel med 10 mm tannavstand i tillegg til den gamle med 15 mm tannavstand. Ulike kombinasjoner av fremdriftshastighet, periferihastighet og tannavstand vil gi ulik struktur på det freste dekket. En nærmere beskrivelse av ulike typer freser og utviklingstrekk finnes i bilag 6.

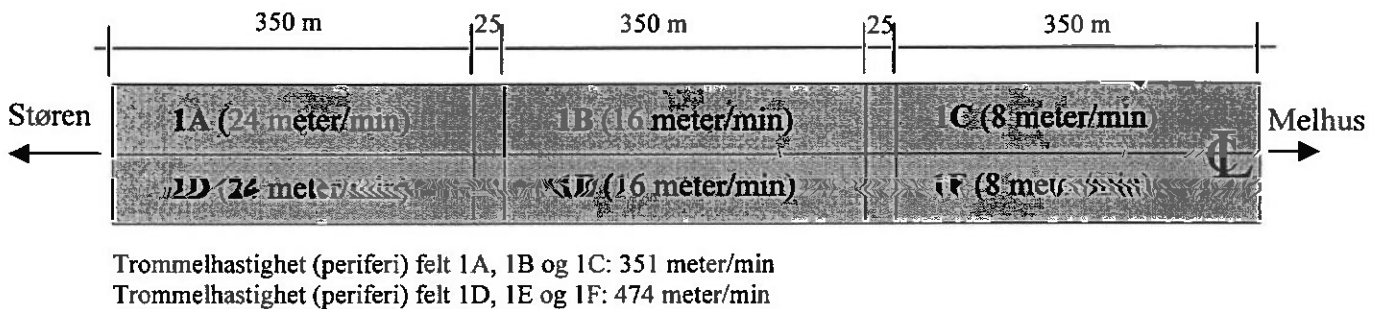
Tilbakemeldinger til Statens vegvesen opp gjennom årene tyder på at freste vegdekker kan oppleves som ubehagelig å kjøre på for enkelte trafikanter. Spesielt førere av motorsykler har opp gjennom årene klaget over kjørekomforten og manglende følelse av sikkerhet på freste vegdekker. Man kan oppleve at kjøretøyet "vandrer" og gir en følelse av redusert kontroll.

Graden av "vandring" og forhold som friksjon og støy antas å ville variere med strukturen på det freste dekket. Dette er allerede til en viss grad dokumentert gjennom forsøk gjennomført høsten 1983 i regi av vegkontoret i Akershus /1/. Problemstillingen er imidlertid fortsatt høyaktuell, det freses i stadig større grad og man opplever regelmessig negative tilbakemeldinger fra trafikanter.

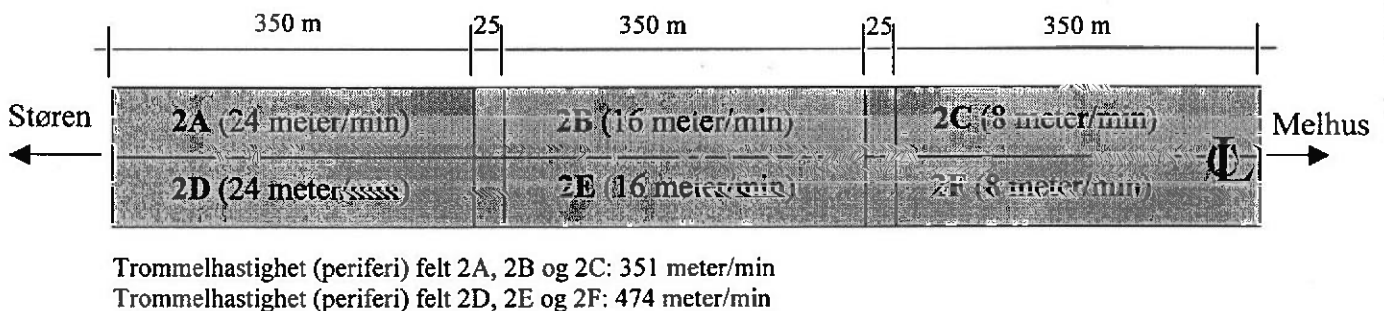
Med denne problemstillingen som bakgrunn, startet Statens vegvesen i Sør-Trøndelag et FOU-prosjekt for å finne frem til et gunstigst mulig fresemønster med hensyn på kjørekomfort, støy, friksjon m.m. To hovedfelt, hver bestående av seks mindre felt, ble frest på E6 mellom Melhus sentrum og Kvål i september 1999. Kjoreforsøk og målinger ble gjennomført til og med uke 41 i oktober 1999.

2. Beskrivelse av feltene

Det ble besluttet å frese to strekninger på E6 fra Melhus og sørover mot Kvål. På den første strekningen sett sørfra, Kvål – Søberg, ble det benyttet en 15 mm Tripple Wrap trommel. På den andre strekningen fra Melhus kirke – Melhus, ble det benyttet en 10 mm Tripple Wrap trommel. På hver av strekningene ble det benyttet 2 trommelhastigheter, hver med 3 ulike fremdriftshastigheter på fresen. Totalt sett gav dette 12 ulike kombinasjoner av type trommel, trommelhastighet og fremdriftshastighet. For hver kombinasjon ble det frest en lengde på 350 meter. En skisse av forsøksfeltene er gitt i figur 1 og 2.

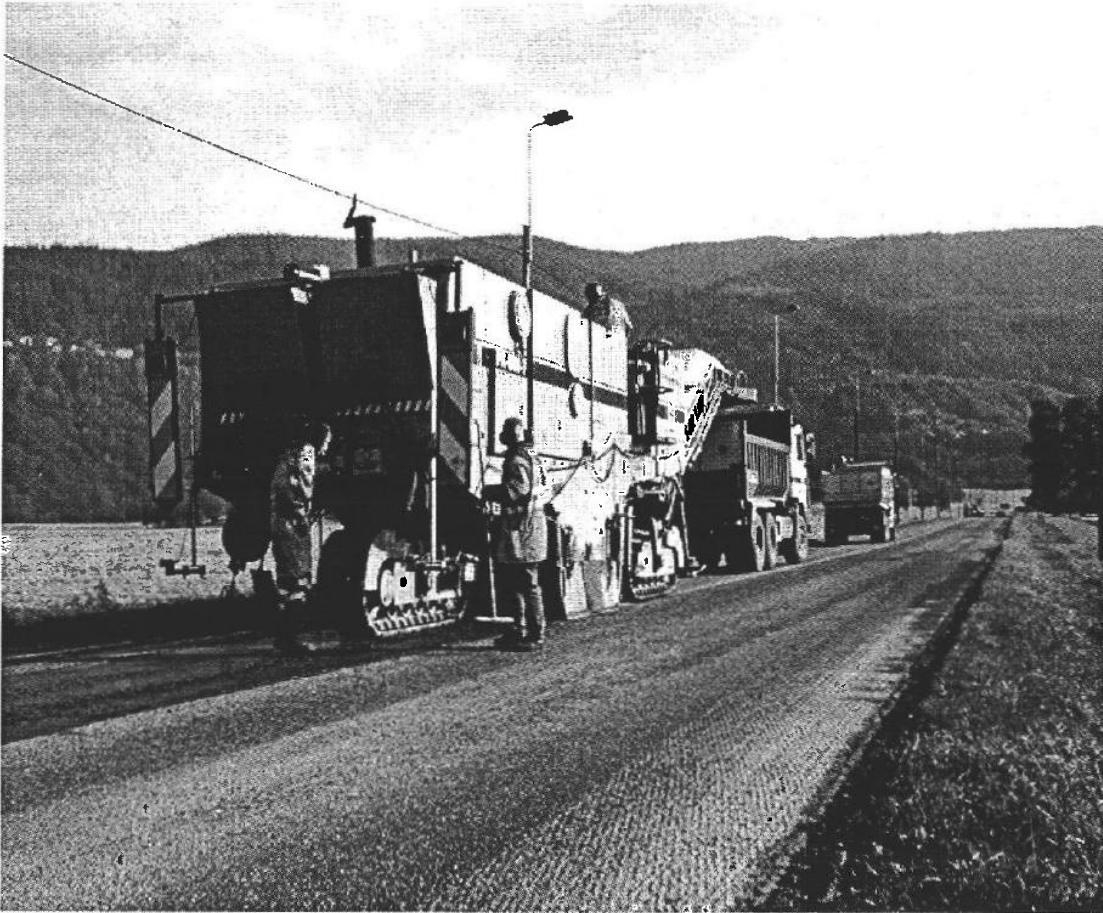


Figur 1 Felt 1, Kvål – Søberg. 15 mm Tripple Wrap trommel

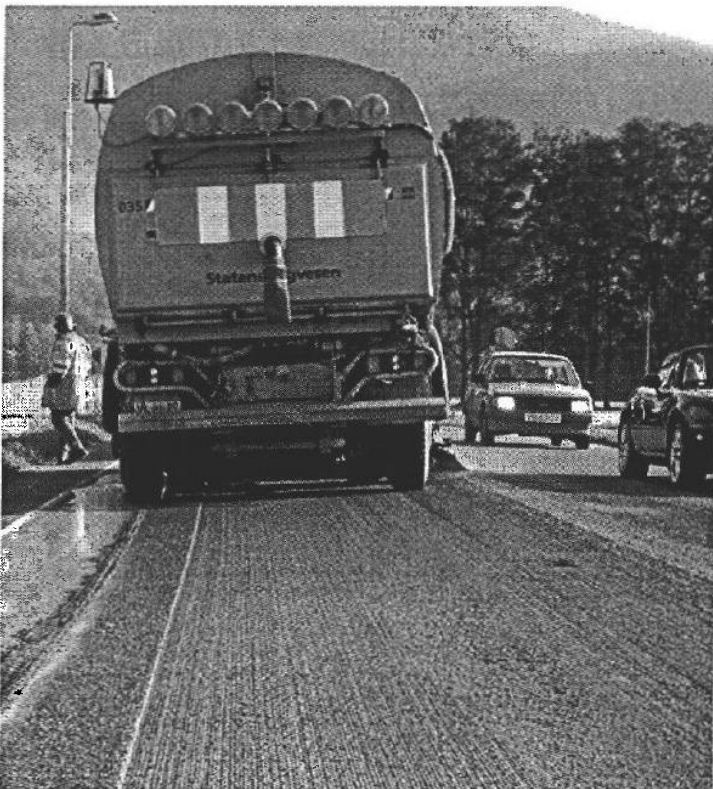


Figur 2 Felt 2, Melhus kirke - Melhus. 10 mm Tripple Wrap trommel

Fresingen ble gjennomført den 20 og 22.09.99. Bilde 1 og 2 viser fresing av hovedfelt 2 i nærheten av Melhus sentrum.



Bilde 1 Fresing på hovedfelt 2 sørøver fra Melhus sentrum



Bilde 2 Spyling og børsting umiddelbart etter fresing

3. Utførte forsøk og målinger for evaluering av feltene

3.1 Kjøreforsøk med motorsykkel og bil

Som i forsøkene fra Akershus i 1983 /1/, ble det utarbeidet spørreskjema for evaluering av kjørekomforten på feltene. I første omgang ble det utarbeidet to sett med spørreskjema, ett tiltenkt en utvalgt gruppe av motorsyklister og bilister (bilag B2-1 og B2-2) og ett forenklet skjema (bilag B2-3) for personer som trafikkerer strekningen til daglig.

Evalueringen av feltene og dermed også skjemaene, ble lagt opp etter samme mal som benyttet i Akershus i 1983. Det ble lagt opp til 3 typer kjøresituasjoner som skulle gjennomføres i 3 ulike hastigheter:

- Vanlig kjøring (rett frem)
- Slalåm
- Oppbremsing

Feltene ble etter overkjøring gitt "karakter" på en skala fra 1 til 5, hvor 1 var definert som "Svært bra, som vanlig asfalt" og 5 definert som "Svært liten kontroll over kjøretøyet, uforsvarlig".

Opplegget ble forsøkt gjennomført av to politibetjenter på motorsykkel fra Trafikkavsnittet ved Trondheim politikammer den 1.10.99. Under gjennomføringen viste det seg at skjemaene og skalaen for vurderingen av feltene ble svært vanskelig å bruke. Tilbakemeldingene gikk på at det ble vanskelig å skille feltene fra hverandre med den angitte karakterskalaen på skjemaene.



Bilde 3 Politiet i aksjon under evaluering av de freste feltene.

Fra forsøkene utført av politiet fikk vi imidlertid en generell vurdering av hvilke typer fresestruktur som følte trygt og behagelig å kjøre på.

Det ble besluttet å forenkle skjemaene (bilag B2-4) og gjennomføre en ny evaluering. Politiet hadde imidlertid ikke anledning til å stille opp, og den nye evalueringen ble utført av 2 motorsyklister og en bilist fra SINTEF.

Evalueringen fungerte langt bedre etter forenklingen av skjemaene og man fikk tilbakemeldinger som i grove trekk var i samsvar med det som ble rapportert fra de som trafikkerer strekningen til daglig. Dette er diskutert nærmere i kapittel 5.

Totalt 8 personer gjennomførte kjøreforsøkene, 5 motorsyklister og 3 bilister. Det må imidlertid sies at omfanget og dermed også utbyttet fra denne delen av undersøkelsen totalt sett ble mindre enn opprinnelig håpet.

3.2 Støymålinger

Måling av vegtrafikkstøy til omgivelsene ble foretatt av SINTEF Tele og data på et utvalg av feltene. De aktuelle feltene er 1A, 2A, 1C, 2C, 1D, 2D, 1F og 2F.

På disse feltene ble det foretatt måling av maksimalt støynivå samt analyse av frekvensspekteret ved passering av personbil, varebil og lastebil i ulike hastigheter. Tilsvarende målinger ble også foretatt på et ikke-frest referansedekke av asfaltbetong for å kunne tallfeste de støymessige konsekvensene av fresingen. Støymålingene foretatt av SINTEF Tele og data er rapportert i /2/. Det ble også foretatt støymåling innvendig i en personbil ved kjøring på de freste feltene. Dette ble gjennomført av vegvesenets egne folk på alle 12 felt samt 4 korte referansestrekninger av ikke-frest asfaltbetong. Målingene ble foretatt med en Bruel og Kjaer modell 2236 støymåler i skulderhøyde i passasjerstet foran i bilen, mellom seteryggen og frontruten. Hastigheten ved målingene var ca. 70 km/t.



Bilde 4 Støy og hastighetsmåling foretas av SINTEF Tele og data

3.3 Andre målinger

Statens vegvesen Sør-Trøndelag har foretatt en rekke målinger på de aktuelle strekningene med målebilen "Alfred" og friksjonsmåleren "Roar". Tabell 1 gir en oversikt over utførte målinger.

Tabell 1 Utførte målinger med Alfred og Roar

<i>Målt:</i>	<i>Måleutstyr</i>	<i>Plassering i vegbanen</i>
Spor	Alfred	
Jevnhet, IRI	Alfred	Ytre hjulspor
Tekstur (laser)	Alfred	Ytre / mellom hjulspor
Tekstur (beregnet fra friksjonsmålinger)	Roar	Indre / mellom hjulspor
Friksjon, konstant slip	Roar	Indre / mellom hjulspor
Friksjon, variabel slip	Roar	Indre / mellom hjulspor

Friksjonsmålingene ble utført ved 60 km/t på våt veibane (standard prosedyre). Alle målinger ble foretatt før og etter fresingen. I tillegg er alle feltene fotografert fra Alfred (VidReg) under måling med ca. 1 bilde pr. 20 meter.

4. Resultater og diskusjon

4.1 Kjøreforsøk

Et gjennomgående trekk ved alle tilbakemeldingene er at hovedfelt 2 (10 mm Tripple Wrap trommel) føles tryggere å kjøre på enn hovedfelt 1 (15 mm Tripple Wrap trommel). Det er imidlertid store variasjoner mellom delfeltene.

Siden flere typer skjema ble benyttet og tilbakemeldingene varierte mye i detaljeringsgrad, var det behov for å bearbeide dataene noe. I tabell 2 er det gitt en oppsummering av tilbakemeldingene. Følgende "karakterer" er benyttet:

- Felt uten anmerkninger rapporteres som gode
- Felt anmerket med "S" angir sporing og felt anmerket med "G" angir en grov overflate
- Kraftig sporing og/eller svært grov overflate angis med 2S og 2G
- For tilbakemeldinger hvor man ikke har spesifisert nærmere hva som er problemet, angir karakteren "2" et svært ubehagelig dekke og "1" angir at fresingen er godt merkbar men akseptabel

Ved å summere antall tilbakemeldinger (lengst til høyre i tabell 2) får man en oversikt over hvilke felt som er mest problematisk med hensyn på sporing og grov overflate. De beste feltene kommer ut med lav poengsum, de dårligste med høy poengsum.

Tabell 2 Oppsummering av tilbakemeldinger fra kjøreforsøk

Felt	Tann-avstand	Hastighet		Motorsyklist nr.				Bilist nr.			Sum tilbakemeldinger		
		Periferi	Fremdrift	1, 2*	3	4	5	1	2	3	Sporing	Grov	Uspes
1A	15 mm	351	24	G	2G	2G	2	2	G	G		7G	4
1B	15 mm	351	16	2S	G	S	2	2	G		3S	2G	4
1C	15 mm	351	8	2S		S	2	1		S	4S		3
1D	15 mm	474	24	S	G/S	G/S	2		G	S	4S	3G	2
1E	15 mm	474	16	S	S	2S	2	1	G/S	S	6S	1G	3
1F	15 mm	474	8	S	S	2S	2	1	S	S	6S		3
2A	10 mm	351	24	G	G	G	1	1				3G	2
2B	10 mm	351	16				1			S	1S		1
2C	10 mm	351	8	S			1				1S		1
2D	10 mm	474	24				1		1				2
2E	10 mm	474	16				1						1
2F	10 mm	474	8				1						1

* Felles tilbakemelding fra 2 motorsyklister

Ut fra tabell 2 og de øvrige tilbakemeldingene kan følgende konklusjoner trekkes:

- Tilbakemeldingene på hovedfelt 2 (10 mm Tripple Wrap trommel) er langt bedre enn for hovedfelt 1 (15 mm Tripple Wrap).
- Delfelt 1E og 1F ser ut til å være de mest ugunstige med tanke på sporing. Disse kjennetegnes av (foruten 15 mm trommel) høy periferihastighet og lav fremdriftshastighet. Politiet har følgende generelle kommentar på alle forsøksfeltene: "vegdekker som er frest med dype langs-gående riller er mindre retningsstabile og kjørevennlige for motorsykler enn vegdekker som har ujevnt mønster". Det antas at kombinasjonen av grov trommel (15 mm tannavstand), høy

periferihastighet og lav fremdriftshastighet vil være den verste kombinasjonen med tanke på denne ugunstige typen riller som fremheves av politiet. Dette bekreftes også av tabell 2.

- Delfelt 1A fremstår med et svært grovt ”vaffelmønster” uten sammenhengende riller. Det rapporteres ikke om sporing på dette feltet, men flere av motorsyklistene og bilistene oppfatter dette dekket som ”ubehagelig grovt”.
- Ved bruk av 15 mm tannavstand ser den laveste periferihastigheten (351 m/min) ut til å gi et bedre resultat enn den høyeste periferihastigheten (474 m/min). Med periferihastighet 351 m/min vil en lav fremdriftshastighet (felt 1C) gi sammenhengende riller og sporing og en høy fremdriftshastighet (felt 1A) gir et ubehagelig grovt dekke. En optimal kombinasjon for 15 mm Tripple Wrap trommel synes å være periferihastighet 351 m/min og fremdriftshastighet 16 m/min (felt 1B).
- Delfeltene på hovedfelt 2 (10 mm Tripple Wrap trommel) var generelt sett vanskelig å skille tydelig fra hverandre. Politiet som stod for den mest grundige utprøvingen med både rett-kjøring, slalåm og oppbremsingsforsøk fremhever delfelt 2A som et spesielt godt dekke: *”Dette feltet føltes trygt å kjøre på og hadde en ru overflate. Det avgis nok mer støy fra dette feltet og komforten var noe redusert med noe risting i styret. Imidlertid føltes veggrepet helt topp og motorsyklene var retningsstabile under nedbremsing og slalåmkjøring”*. Det rapporteres om antydninger til sporing på delfelt 2B og 2C. På disse feltene var det imidlertid store partier med ufreste hjulspor som godt kan være den egentlige årsaken til sporingen.

Under evalueringsforsøkene var målsetningen å få vurdert de ulike fresestrukturene opp mot hverandre. Testkjørerne ble derfor bedt om unngå å legge for stor vekt på ufreste hjulspor og langsgående forhøyninger som har utførelsesmessige årsaker. Det kom imidlertid frem under forsøkene at det er her et av de største problemene ligger.

Fresingen av et enkelt kjørefelt utføres i 2 operasjoner siden fresen har en begrenset bredde. Først freses det i full bredde inn mot senterlinjen, deretter snur fresen og freser tilbake i motsatt retning det som gjenstår, se bilde 2. Dette vil i mange tilfeller føre til en langsgående forhøyning / kant som kan oppleves som svært ubehagelig, spesielt for motorsyklister. En typisk kant av denne typen er synlig på bildet av felt 1B i bilag 1. Ufreste hjulspor vil også ha samme virkning.

Det er derfor på sin plass å påpeke at den fresetekniske utførelsen er svært viktig og kanskje viktigst, i tillegg til et gunstig fresemønster som diskutert forut.

4.2 Støymålinger foretatt av SINTEF Tele og data

Målinger av vegtrafikkstøy til omgivelsene er foretatt av SINTEF Tele og data på delfeltene 1A, 2A, 1C, 2C, 1D, 2D, 1F og 2F. Målingene fra SINTEF Tele og data er rapportert separat i /2/. Kun hovedkonklusjonene og et utdrag av resultatene gjengis her.

SINTEF Tele og data har sett på økninger i A-veid støynivå, dB(A) og endringer i frekvensspekteret forårsaket av fresingen. Målingene er utført ved passering av 3 ulike typer kjøretøy (personbil, varebil og lastebil) i ulike hastigheter og sammenlignet med tilsvarende målinger på et ikke-frest referansedekke av asfaltbetong.

Tabell 3, 4 og 5 viser måleresultatene av maksimalt støynivå og hastighet for de tre kjøretøytypene.

Tabell 3 Maksimalt støynivå og tilhørende hastighet for personbil /2/

Felt	Hastighet km/t	Lydnivå, L_{Amaks} dB(A)	Felt	Hastighet km/t	Lydnivå, L_{Amaks} dB(A)
1A	70	76,9	2A	69	79,2
	71	77,6		71	78,1
	77	79,2		76	79,1
1C	70	74,7	2C	66	75,4
	73	74,6		69	77,2
	75	76,1		71	79,1
	79	77,9			
1D	72	75,8	2D	65	76,3
	78	76,9		76	78,4
	81	77,9			
1F	72	74,5	2F	67	73,5
	76	74,8		69	74,2
	84	78,5		69	74,7
		77		76,6	
Ref. dekke	69	75,3			
	73	76,5			
	77	77,2			

Tabell 4 Maksimalt støynivå og tilhørende hastighet for varebil /2/

Felt	Hastighet km/t	Lydnivå, L_{Amaks} dB(A)	Felt	Hastighet km/t	Lydnivå, L_{Amaks} dB(A)
1A	69	80,3	2A	77	82,1
	70	80,4		79	82,4
	75	82,6			
1C	75	77,6	2C	68	78,6
	79	80,2		72	81,0
	84	80,1		75	78,8
			77	81,4	
1D	72	80,1	2D	67	80,3
	72	80,9		73	80,5
	78	81,4		81	82,8
	82	81,4			
1F	78	78,7	2F	69	77,4
	81	79,6		75	77,6
	84	80,2		80	79,7
Ref. dekke	70	78,4			
	74	79,6			
	80	81,3			
	86	81,4			

Tabell 5 Maksimalt støynivå og tilhørende hastighet for lastebil /2/

Felt	Hastighet km/t	Lydnivå, L_{Amaks} dB(A)	Felt	Hastighet km/t	Lydnivå, L_{Amaks} dB(A)
1A	70	87,5	2A	70	87,9
	72	88,1		71	86,7
	76	87,7		73	87,2
	82	89,4		79	88,0
1C	76	81,1		2C	70
	77	83,2	74		85,1
	79	81,7	77		87,0
	82	84,4	2D	66	83,0
1D	71	80,7		72	83,2
	72	81,4		77	84,7
	79	84,3		2F	70
	83	83,7	74		86,7
1F	74	87,9	78		87,4
	76	86,7	Ref. dekke		69
	80	87,2		78	84,9
	86	88,0		80	85,8

På grunnlag av målingene, anbefaler SINTEF Tele og data at man unngår å bruke følgende fresestrukturer i nærheten av bebyggelse og støyskjermer: Felt 1A, 2A, 2C, 1D og 2D. For disse fresestrukturene ser man en moderat til klar økning i dB(A)-nivået, hovedsakelig forårsaket av økning i lavfrekvent lyd.

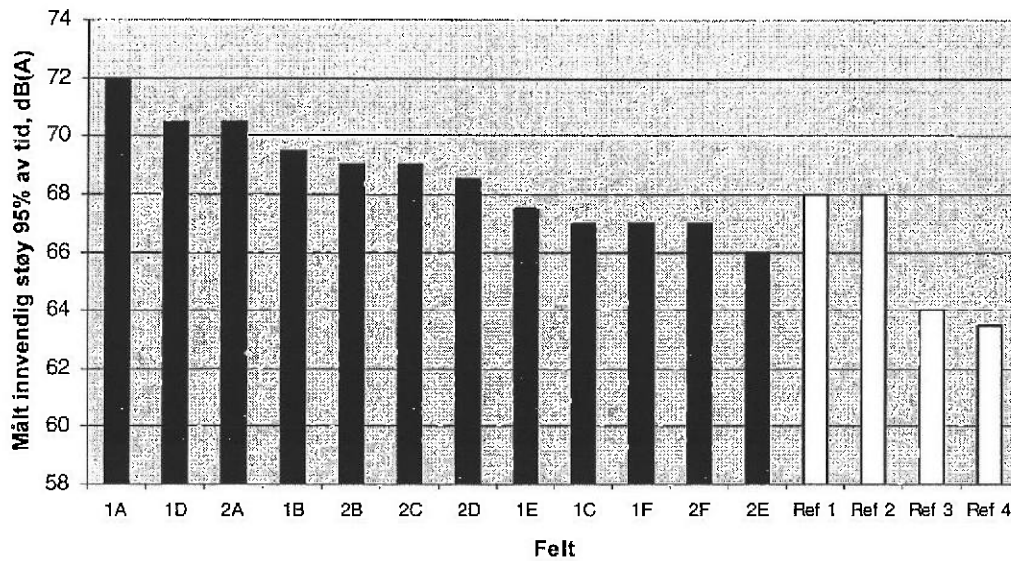
Feltene 1F og 2F fremheves som støymessig uproblematisk i forhold til referansedekket. Felt 1C ser heller ikke ut til å være støymessig kritisk.

Feltene 1B, 2B, 1E og 2E er ikke målt. På grunnlag av målingene som er utført og strukturen i disse dekkene forventer man en viss økning i støynivået også for disse /2/.

4.3 Støymålinger innvendig i kjøretøy

Målinger av innvendig støy (dB(A)-nivå) i en personbil ble foretatt av Statens vegvesen Sør-Trøndelag. Målinger ble utført på alle delfelt samt 4 korte referansestrekninger av asfaltbetong. Referansedekke 1 og 2 er 3-4 år gamle dekker, mens referansedekke 3 og 4 er nylagte dekker.

Figur 3 viser målte verdier for støy som opptrer i 95 % av tiden. Det maksimale støynivået ligger i området 3-8 dB(A) høyere enn verdiene i figur 3. Mer detaljerte data er gitt i bilag 3.



Figur 3 Innvendig støy i personbil 95% av tiden, dB(A)

I en eldre artikkel fra 1976 /3/, gis det kriterier (subjektiv rangering) for lydnivå innvendig i bil. Grenseverdiene fra /3/ er gjengitt i tabell 6, og gir en indikasjon på hvordan ulike støynivå kan oppleves innvendig i en bil. SINTEF Tele og data /2/ angir en økning på 2-3 dB(A) som en beskjeden, men merkbar endring i støynivå og en økning på 4-5 dB(A) som en klar endring.

Tabell 6 Kriterier for støynivå innvendig i bil /3/

Subjektiv rangering	Lydnivå \leq dB(A)
Stille	67
Merkbart	73
Påtrengende	79
Plagsomt	85
Svært plagsomt	91

Sammenlignet med et nylagt asfaltdekke (referansedekke 3 og 4) ser vi at fresingen medfører en økning i støynivå på 2-8 dB(A). For enkelte freste dekker vil altså økningen i støy være beskjeden men merkbar, mens de groveste freste dekkene vil gi en svært høy økning i støynivået.

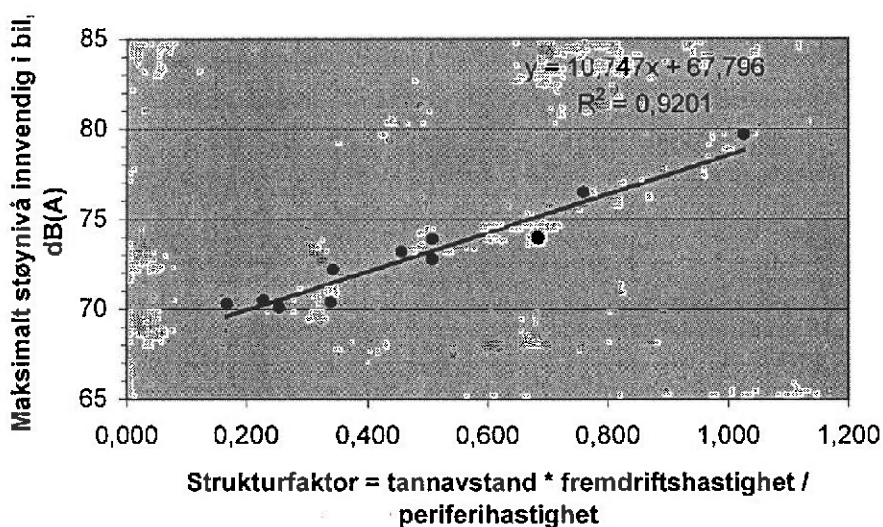
Gjør man tilsvarende sammenligning med de 3-4 år gamle ufreste referansedekkene (referanse 1 og 2), ser man en svært beskjeden reduksjon i støynivå for enkelte delfelt (1E, 1C, 1F, 2F og 2E) og en økning for de øvrige. Kun de groveste feltene (1A, 1D og 2A) gav en klar økning i lydnivået sammenlignet med referansedekkene.

Når det gjelder nivået på støyen, ser vi av tabell 6 at feltene 1E, 1C, 1F, 2F og 2E vil være uproblematisk mhp innvendig støy. For de øvrige dekkene vil støyen være "merkbar" og grense opp mot "påtrengende" for felt 1A. Ser man på det maksimale støynivået som ble registrert, skiller dekkene 1A og 1D seg vesentlig fra referansedekkene med støynivå i området 77-80 dB(A). Maksimalstøyen fra disse dekkene kan oppleves som "påtrengende" til "plagsom".

En annen observasjon er at støymengden ser ut til å systematisk øke med det man subjektivt oppfatter som "grovheten" i fresestrukturen. Faktorene som påvirker fresestrukturen er: *trommeltype (tannavstand), fremdriftshastighet og periferihastighet*. Følgende *strukturfaktor* kan settes opp på grunnlag av disse parametrene:

$$\text{Strukturfaktor} = \frac{\text{tannavstand} \cdot \text{fremdriftshastighet}}{\text{periferihastighet}}$$

Ved å beregne denne strukturfaktoren for alle delfelt, kan man sette opp sammenhengen mellom målt maksimalt støynivå og struktur som vist i figur 4. Sammenhengen er svært god og viser at det kan være mulig å anslå støymessige konsekvenser av ulike fresestrukturer innvendig i kjøretøy.

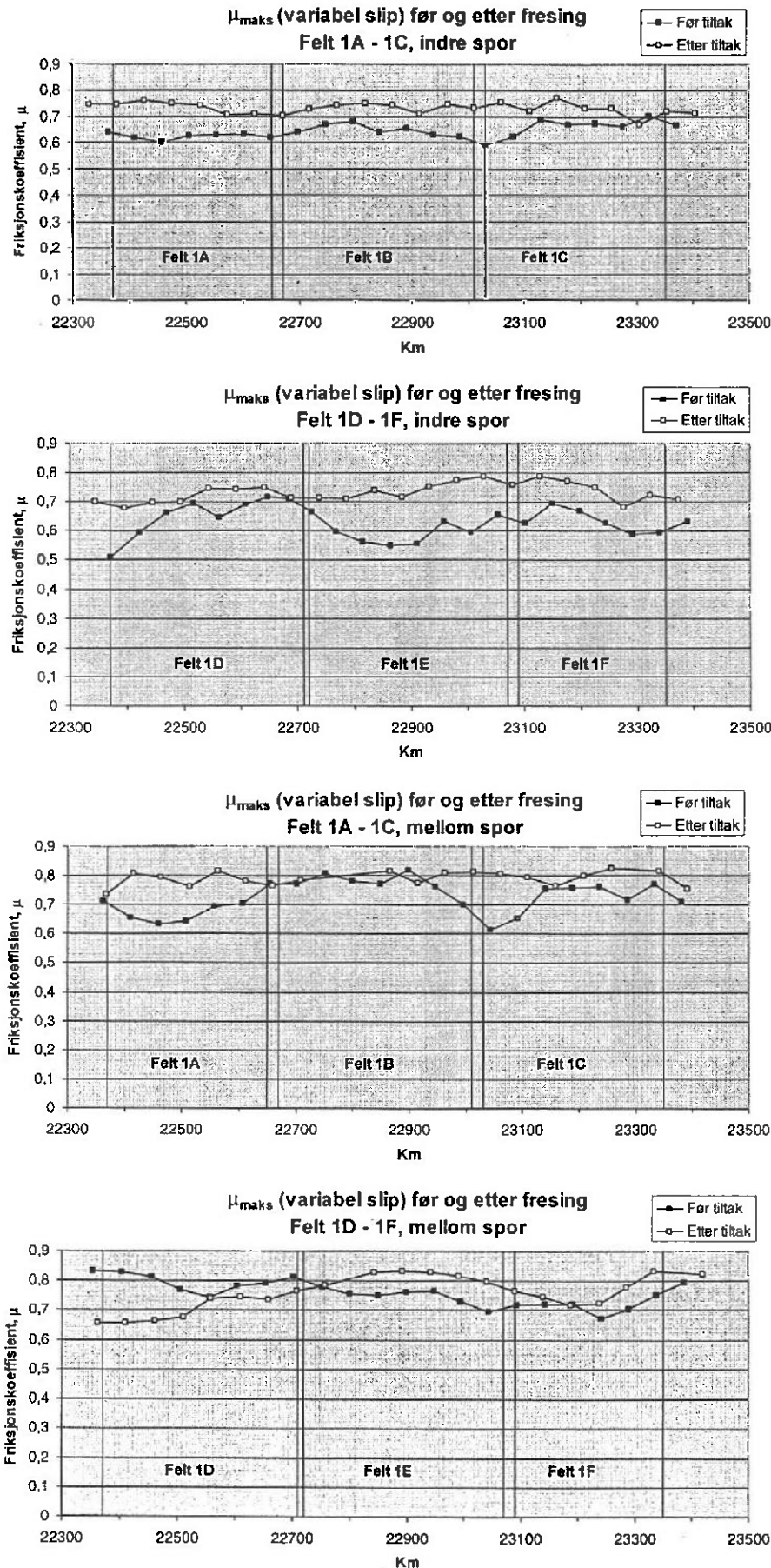


Figur 4 Sammenheng mellom maksimalt støynivå innvendig i bil og strukturfaktor

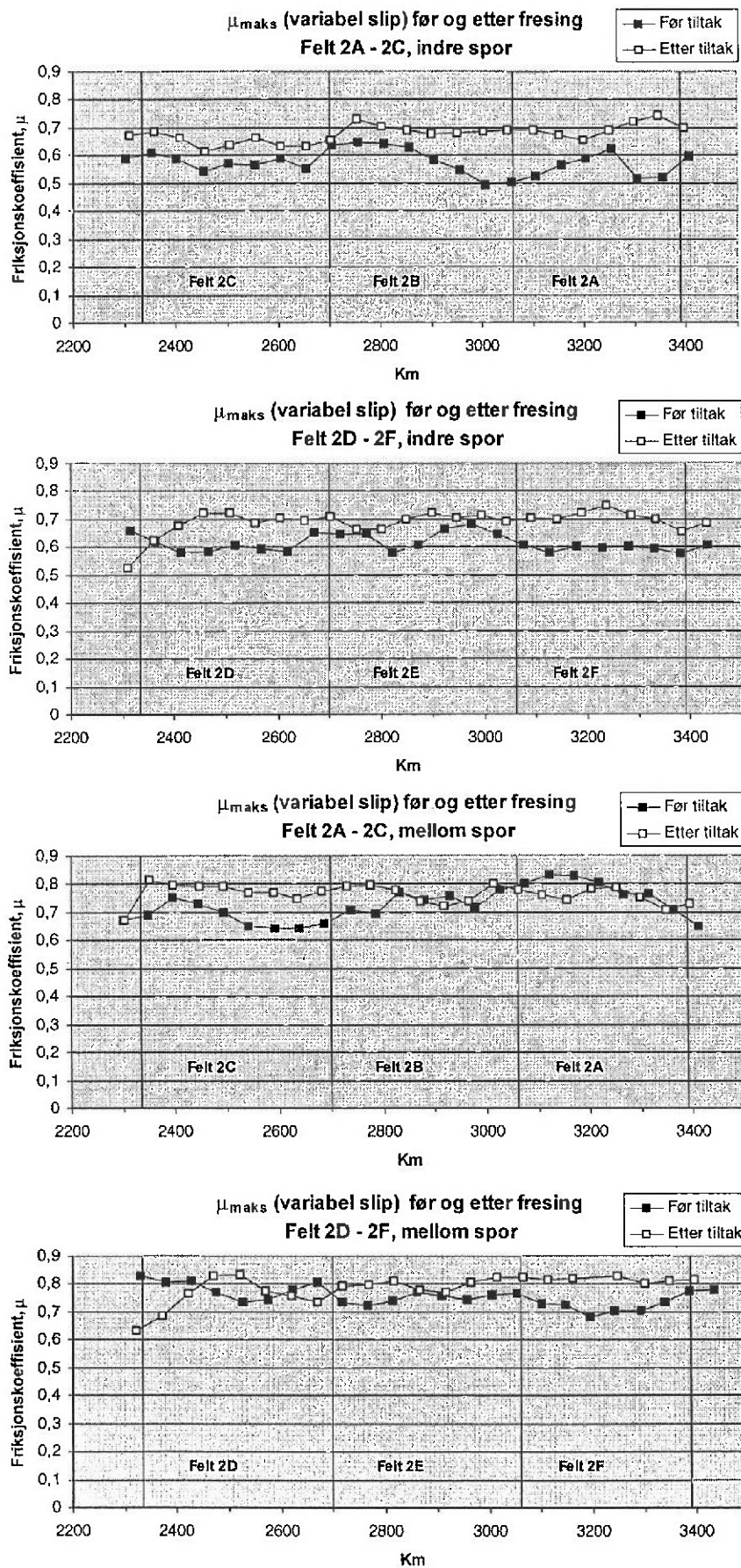
4.4 Friksjonsmålinger

Det ble utført målinger med både variabel slip og 15% fast slip. Målingene med fast slip viste seg å være langt mer følsom for variasjoner innad i hvert enkelt delfelt enn målingene med variabel slip. I grove trekk viser imidlertid målingene med både fast slip og variabel slip den samme trenden. Siden de krav som stilles til friksjonsverdier i praksis er blitt knyttet til målinger med variabel slip, er kun disse målingene benyttet i den videre tolkingen.

Figur 5 og 6 viser hvordan friksjonen i indre hjulspor og mellom hjulspor forandrer seg fra før tiltak til etter fresing for alle delfelt. Man ser klart at fresetiltaket har en gunstig påvirkning på friksjonen i indre hjulspor, stort sett for alle delfelt, med økning i friksjonskoeffisienter i området 0,1-0,2. Mellom hjulspor er effekten av fresingen mindre entydig. Flere delfelt (1B, 1D, 2B, 2A og 2D) viser svært liten effekt av fresingen på målt friksjon. Effekten er naturlig nok størst på de strekningene hvor friksjonen var lavest før tiltaket, også her med økning i friksjonskoeffisienter opp mot 0,2.



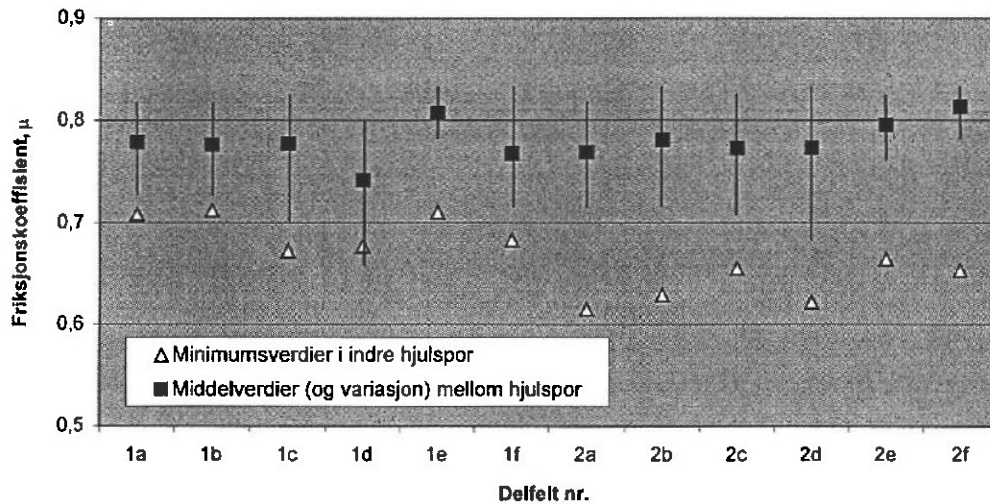
Figur 5 Friksjonsmålinger i indre hjulspor og mellom hjulspor før og etter fresing, hovedfelt 1 (Kvål – Søberg)



Figur 6

Friksjonsmålinger i indre hjulspor og mellom hjulspor før og etter fresing, hovedfelt 2 (Melhus krk - Melhus)

I figur 7 er det satt opp en oversikt over hvordan maks, min og middelveien for friksjonen mellom hjulspor varierer med de ulike delfeltene etter fresingen. Disse verdiene vil gjenspeile selve fresestrukturen. For å se på effekten av ufreste hjulspor er også minimumsverdiene for friksjonen i indre hjulspor inkludert.



Figur 7 Variasjon i friksjonskoeffisienter (μ_{maks} fra variabel slip måling) mellom hjulspor og i hjulspor etter fresing for alle delfelt

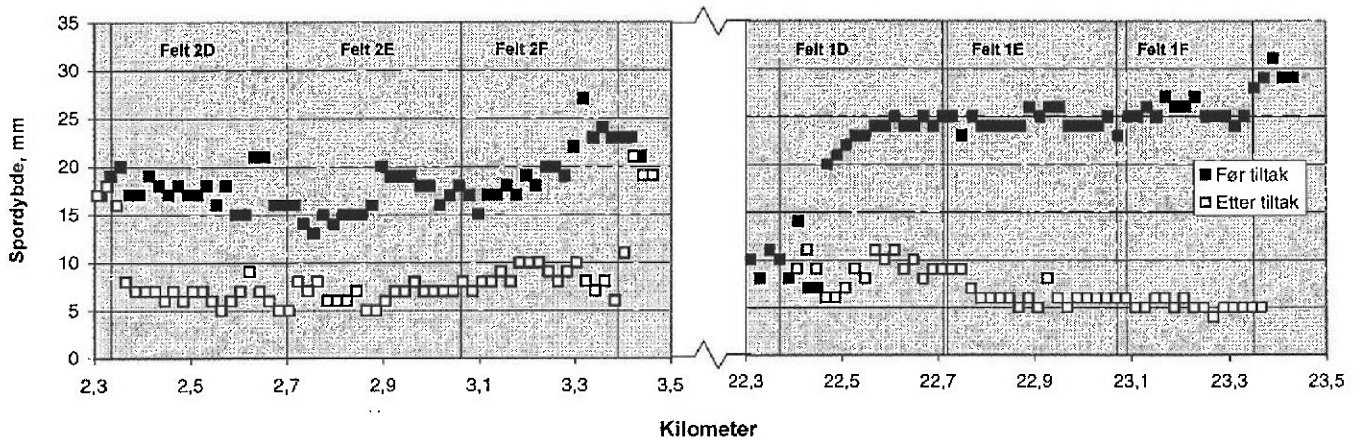
Som det går frem av figur 7 er variasjonen i friksjonskoeffisient (middelveien) mellom de ulike delfeltene svært små. Friksjonskoeffisientene mellom hjulspor ligger etter fresingen i området 0,7-0,8, noe som må sies å være meget gode friksjonsverdier.

Effekten av ufreste hjulspor kan sees av minimumsverdiene målt i indre hjulspor. Felt 2 (10 mm trommel) skilte seg fra felt 1 (15 mm trommel) etter fresingen ved at det i langt større grad stod igjen ufreste hjulspor. Dette sees tydelig i figur 7, ved at minimumsverdiene for felt 2 gjennomgående ligger lavere enn for felt 1. Figur 7 viser at ufreste hjulspor har en klar negativ effekt på friksjonen, i dette tilfellet med friksjonsverdier opp til 0,2 lavere enn på de freste flatene.

Det var ikke mulig å finne noen gode sammenhenger mellom målte friksjonskoeffisienter og freseparametrene *tannavstand*, *fremdriftshastighet* og *periferihastighet* eller kombinasjoner av disse.

4.5 Spormålinger

Figur 8 viser spormålinger utført før og etter tiltak. I figuren er kun halvparten av alle delfeltene tatt med (de som ligger i kjørefelt 1 i retning inn mot Melhus sentrum). Alle feltene viser naturlig nok det samme; fresingen fjerner hjulspor og er et effektivt tiltak for sporslitte dekker.

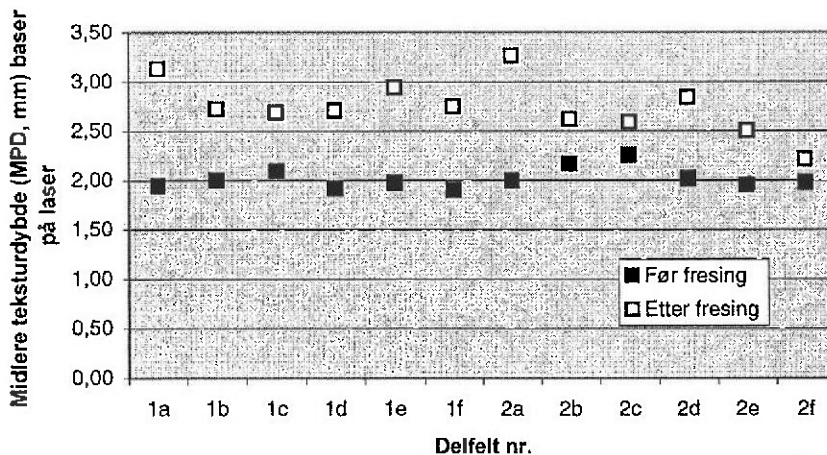


Figur 8 Spormålinger før og etter tiltak

4.6 Teksturmålinger

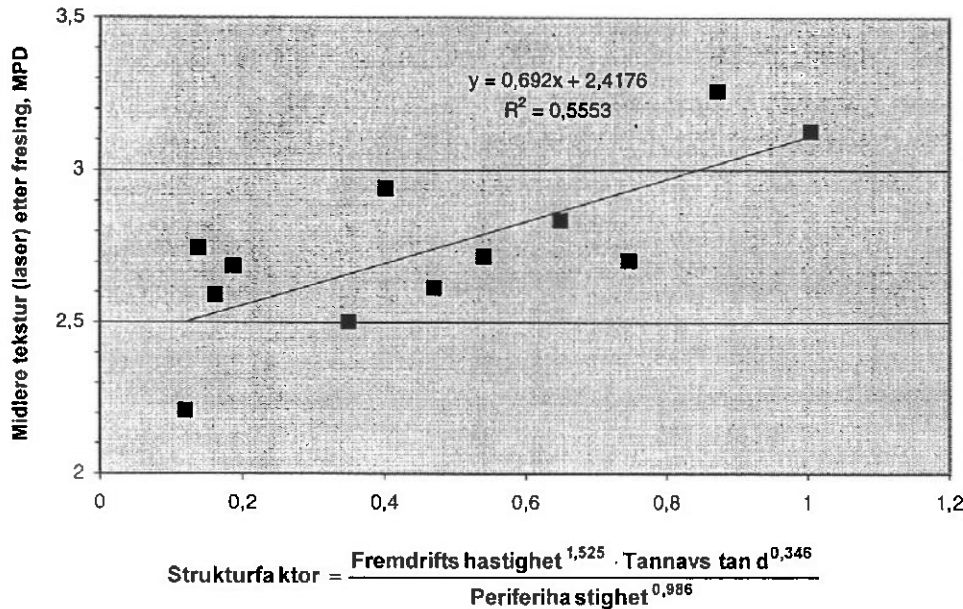
Måling av tekstur ble foretatt med laseren på Alfred i indre hjulspor (samt noen målinger mellom hjulspor), samt beregnet på grunnlag av friksjonsmålingene foretatt med Roar i ytre hjulspor og mellom hjulspor. Teksturen er rapportert som MPD – Mean Profile Depth (mm).

Figur 9 viser midlere teksturdybde målt med Alfred (laser) for alle delfelt før og etter fresingen. Det går klart frem at fresingen øker makroteksturen i dekket, og at denne teksturen varierer mellom de ulike feltene.



Figur 9 Midlere teksturdybde (MPD, mm) basert på laser før og etter tiltak

Figur 10 viser at det er en viss sammenheng mellom oppnådd tekstur etter fresing og freseparametrene *fremdriftshastighet*, *tannavstand* og *periferihastighet*. Høy fremdriftshastighet, stor tannavstand og lav periferihastighet vil bidra til å skape et dekke med grov makrotekstur.



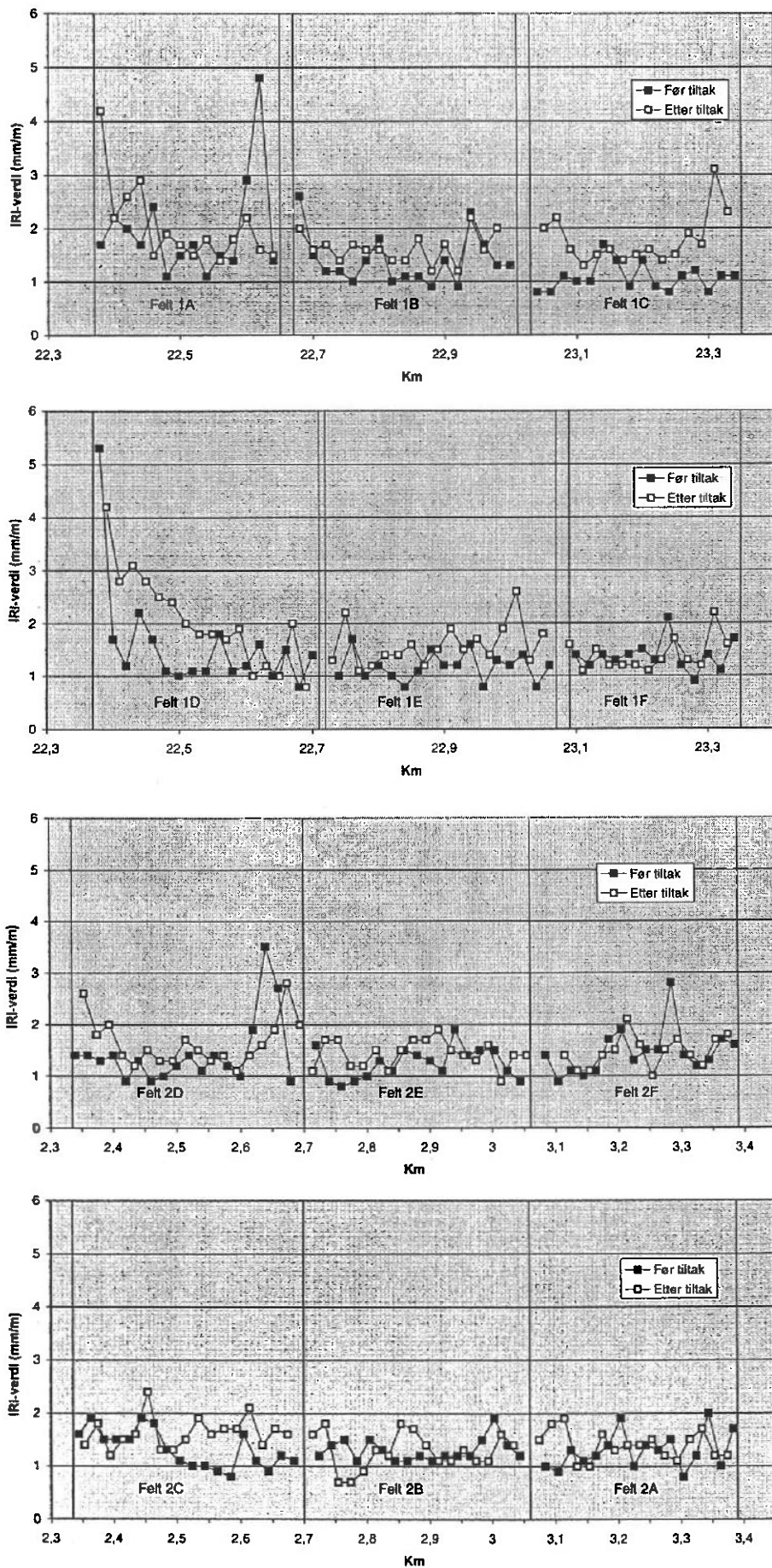
Figur 10 Sammenheng mellom tekstur (laser) i indre hjulspor og fresestruktur

4.7 Jevnhetsmålinger (IRI)

Figur 11 viser jevnheten målt på alle feltene før og etter fresing. Det er ikke mulig å se noen entydig effekt av fresingen på den målte jevnheten. Man kan se eksempler på at fresingen i enkelte partier har fjernet ujevnheter, men man finner også partier hvor fresingen synes å ha skapt ujevnheter.

Der er imidlertid all grunn til å tro at fresing er et effektivt tiltak for å fjerne mindre lokale ujevnheter. Fresen som ble benyttet i dette tilfellet er utstyrt med laser som kontrollerer nivået på fresingen. Jevnheten på begge de to hovedfeltene var rimelig bra før fresing og det er rimelig å tro at man tydeligere ville ha sett en positiv effekt dersom det hadde vært større ujevnheter på strekningene.

IRI-verdier i underkant av 2 mm/m regnes for å være svært gode, og typiske verdier for nylagte asfaltdekker kan være ned mot 1 mm/m. Hva som oppleves som dårlig jevnhet vil variere med vegtype og trafikkmengde. Strekninger med mer enn 10-% av IRI-verdiene fra 3,5 mm/m og oppover vil imidlertid i de fleste tilfeller bli regnet som ujevne dekker.



Figur 11 Jevnhet (IRI) før og etter tiltak

5. Oppsummering og konklusjoner

Fresing av asfaltdekker har økt i omfang siden begynnelsen av åttitallet og er nå en etablert vedlikeholdsmetode. Metoden benyttes først og fremst til utbedring av sporslitte vegdekker på en effektiv og økonomisk måte.

Utviklingen på maskinsiden går i dag i retning av større selvgående freser med stor motorkraft. Disse fresene kan variere både fremdriftshastigheten og trommelhastigheten etter behov. Det har også vært en betydelig utvikling av fresetromler til planfresing de siste 10 årene. Fresetromlene lages i dag med ulike antall spiraler (1-4) og med ulik tannavstand. Ulike kombinasjoner av fremdriftshastighet, trommelhastighet (periferihastighet) og type trommel vil gi ulik struktur på det freste dekket.

Vegkontoret i Sør-Trøndelag har den ene av to store planfreser som finnes i Statens vegvesen. Denne fresen er av type CMI PR 800-7 og utfører hvert år en betydelig mengde fresing både i eget og andre fylker. Til fresen disponerer man to ulike typer tromler, en med 15 mm og en med 10 mm tannavstand, begge av typen Tripple Wrap trommel (dvs. 3 spiraler / rader med tenner).

Tilbakemeldinger til Statens vegvesen opp gjennom årene tyder på at freste vegdekker kan oppleves som ubehagelig å kjøre på for enkelte trafikanter. Spesielt førere av motorsykler har klaget over kjørekomforten og manglende følelse av sikkerhet på freste vegdekker. Man kan oppleve at kjøretøyet "vandrer" og gir en følelse av redusert kontroll.

Med denne problemstillingen som bakgrunn, startet Statens vegvesen i Sør-Trøndelag et FOU-prosjekt for å finne frem til et gunstigst mulig fresemønster. To hovedfelt, hvert bestående av seks delfelt, ble frest på E6 mellom Melhus sentrum og Kvål i september 1999. Tabell 7 gir en oversikt over de ulike feltene.

Tabell 7 Oversikt over fresefeltene

Hovedfelt	Delfelt	Trommel	Fremdriftshastighet	Periferihastighet
1	1A	15 mm Tripple Wrap	24	351
	1B	15 mm Tripple Wrap	16	351
	1C	15 mm Tripple Wrap	8	351
	1D	15 mm Tripple Wrap	24	474
	1E	15 mm Tripple Wrap	16	474
	1F	15 mm Tripple Wrap	8	474
2	2A	10 mm Tripple Wrap	24	351
	2B	10 mm Tripple Wrap	16	351
	2C	10 mm Tripple Wrap	8	351
	2D	10 mm Tripple Wrap	24	474
	2E	10 mm Tripple Wrap	16	474
	2F	10 mm Tripple Wrap	8	474

Følgende forsøk og målinger ble gjennomført sommeren og høsten 1999 i tilknytning til prosjektet:

- Kjøreforsøk med motorsyklister og bilister fra politiet, SINTEF og vegvesenet for vurdering av kjørekomfort og sikkerhet
- Støymålinger (til omgivelsene og innvendig i kjøretøy)

- Spormålinger før og etter fresing
- Jevnhetsmålinger før og etter fresing
- Teksturmålinger før og etter fresing
- Friksjonsmålinger før og etter fresing

Evalueringen av forsøkene og målingene viser følgende:

STØYMÅLINGER

1. På grunnlag av støymålinger til omgivelsene fra ulike typer kjøretøy anbefales det ikke å bruke fresestrukturer som 1A, 1D, 2A og 2D i nærheten av bebyggelse og støyskjermer. Frekvensanalyser av støyen fra disse dekkene viser en vesentlig økning i lavfrekvent støy. Den lavfrekvente støyen vil lettere kunne merkes innendørs og bak støyskjermer enn en tilsvarende økning i høyfrekvent støy. En viss økning i lavfrekvent støy ble også registrert for feltene 1C og 2C. Feltene 1F og 2F ser ikke ut til å gi noen merkbar økning i støynivået til omgivelsene sammenlignet med et ikke-frest referansedekke.
2. Støymålinger foretatt innvendig i kjøretøy viser at fresingen fører til en økning i støynivået (95%-nivå) i størrelsesområdet 2-8 dB(A) sammenlignet med et nylagt asfaltdekke. Sammenlignet med et 3-4 år gammelt ufrest referansedekke er det kun de groveste feltene 1A, 1D og 2A som gir en merkbar økning i støynivået. Feltene 1A og 1D skiller seg ut med svært høye maksimumsverdier for støyen, og vil sannsynligvis oppleves som plagsomt støyende av trafikantene. Det ble funnet en klar sammenheng mellom freseparametrene fremdriftshastighet, tannavstand og periferihastighet og den målte støyen.

KJØREFORSØK

3. Kjøreforsøkene med motorsykler og biler viser klart at fresetrommelen med 10 mm tannavstand (hovedfelt 2) gav et mer behagelig og sikrere dekke enn det som ble oppnådd med trommel med 15 mm tannavstand (hovedfelt 1). For hver av disse tromlene var det imidlertid visse forskjeller avhengig av hvilken fremdriftshastighet og periferihastighet fresingen ble utført ved.
4. Politiet, som deltok i evaluering med motorsykler, rapporterte følgende: "*Vegdekker som er frest med dype langsgående riller er mindre retningsstabile og kjørevennlige for motorsyklistene enn vegdekker som har ujevnt mønster*". Tilbakemeldingen fra politiet og de øvrige testkjørerne på de enkelte delfeltene tyder på at grov trommel (15 mm tannavstand), høy periferihastighet og lav fremdriftshastighet vil være den verste kombinasjonen med tanke på denne typen ugunstige riller. Kombinasjonen av 15 mm trommel og den høyeste fremdriftshastigheten (24 m/min) produserer en frest overflate som oppleves som svært grov og tildels ubehagelig av både motorsyklister og bilister. Denne kombinasjonen bør også unngås.
5. I de tilfeller fresing skal utføres med trommel med 15 mm tannavstand, synes kombinasjonen av fremdriftshastighet 16 m/min og periferihastighet 351 m/min å være den mest gunstige. Delfelt 1B med denne kombinasjonen synes å være akseptabel både med hensyn på grovheten i dekket og med hensyn på sporing.
6. De ulike delfeltene i hovedfelt 2 (10 mm Tripple Wrap trommel) var vanskeligere å skille fra hverandre enn delfeltene i hovedfelt 1. Politiet, som stod for den mest grundige evalueringen,

fremhever imidlertid delfelt 2A som et svært godt dekke. Dette dekket, som er frest med høy fremdriftshastighet (24 m/min) og lav periferihastighet (351 m/min), produserte en ru overflate uten langsgående riller som gav god kontroll over motorsyklene i ulike situasjoner. Dette delfeltet ble imidlertid utpekt som et støyende dekke og bør helst ikke velges i nærheten av bebyggelse. Alle de øvrige fresestrukturene på hovedfelt 2 synes imidlertid også å være akseptable for både motorsyklister og bilister. En av de finere strukturene bør derfor velges i de tilfellene man ønsker å begrense støymengden.

7. Under kjøreforsøkene kom det klart frem at noe av det mest problematiske i forbindelse med freste dekker er langsgående forhøyninger og kanter (nivåforskjeller) som skyldes at fresen har begrenset bredde og at fresingen dermed må utføres i flere etapper. Slike kanter er svært ugunstig for spesielt motorsyklister, og det er grunn til å påpeke at den fresetekniske utførelsen er svært viktig i tillegg til et gunstig fresemønster.

FRIKSJON, TEKSTUR OG JEVNHET

8. Friksjonsmålinger foretatt før og etter tiltak viser at fresingen har en gunstig effekt på friksjonen. Friksjonsverdiene var jevnt over lavere i indre hjulspor enn mellom hjulspor før fresingen, og det er også i hjulsporet at effekten av fresingen er mest tydelig. Økningen i friksjonskoeffisient ligger i området 0.1-0.2, med de største økningene der friksjonen var lavest før fresingen.
9. Der hvor fresen ikke har nådd helt ned i bunnen av hjulsporene, oppnår man lavere friksjonskoeffisienter enn på de freste flatene. Minimumsverdiene for friksjonen målt i ufreste hjulspor lå i størrelsesorden 0,1 lavere enn de laveste verdiene på de freste flatene. Ufreste hjulspor vil altså medføre at man ikke fullt ut utnytter fresingens friksjonsøkende effekt.
10. Teksturmålinger med laser (Alfred) viser at fresingen har en klar økende effekt på dekkets makrotekstur. Nivået på teksturen etter fresing synes å øke med høy fremdriftshastighet, stor tannavstand og lav periferihastighet.
11. Det var ikke mulig å påvise noen entydig effekt av fresingen på dekkets jevnhet (IRI-verdi). Jevnheten på de to hovedfeltene var rimelig bra også før fresingen, og det er grunn til å tro at man ville ha sett en større effekt dersom det i utgangspunktet hadde vært større ujevnheter på strekningene.

Der fresing vurderes som et varig tiltak bør også vegkonstruksjonens bæreevne vurderes. En reduksjon i tykkelsen av de øverste lastfordelende lagene kan ha negative konsekvenser for en nøkternt dimensjonert vegkonstruksjon.

Referanser

- 1/1 "Balansetest – Motorsykel på nyfrest vegdekke", Akershus vegvesen, Kontor for Teknisk rasjonalisering. Rapport nr. 263, Mai 1984.
- 1/2 "Støymålinger på freste vegdekker – Melhus/Kvål". SINTEF-rapport STF40 A99066, november 1999.
- 1/3 "A Tentative Criterion for Acceptable Noise Levels in Passenger Vehicles". Journal of Sound and Vibration (1976), s.525-535.

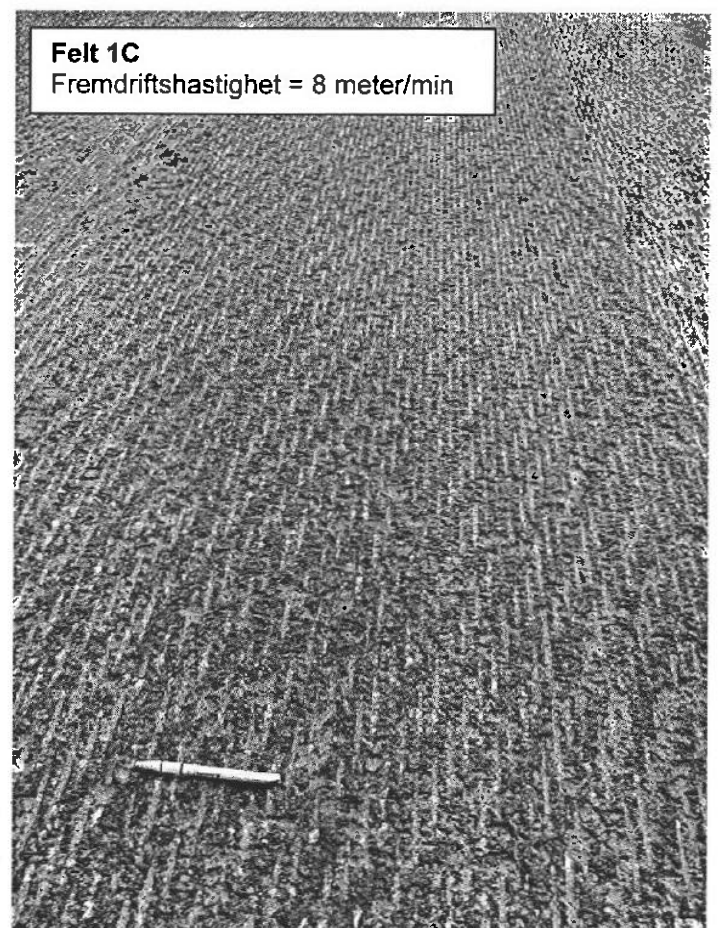
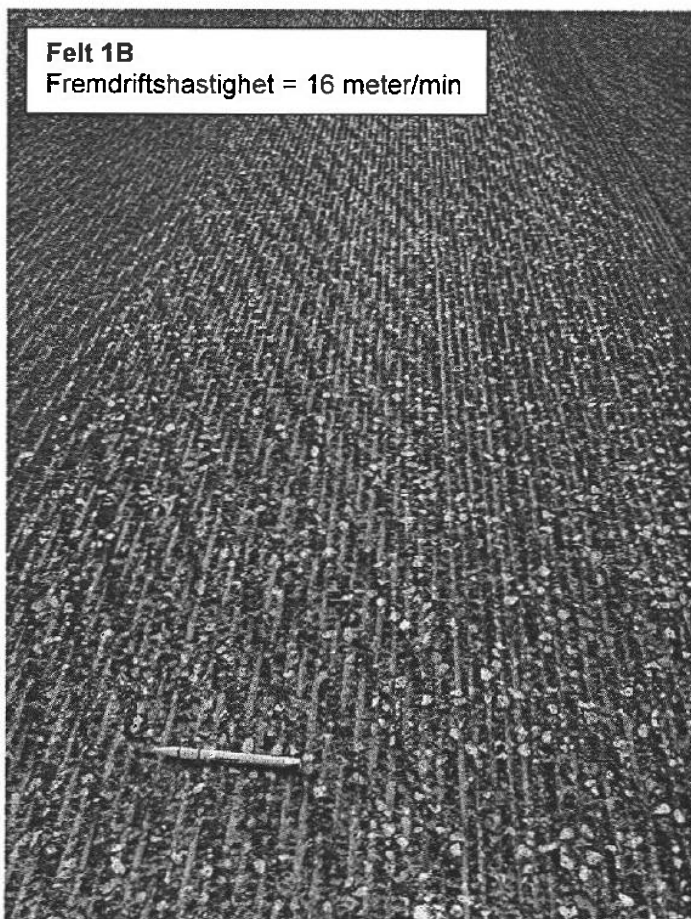
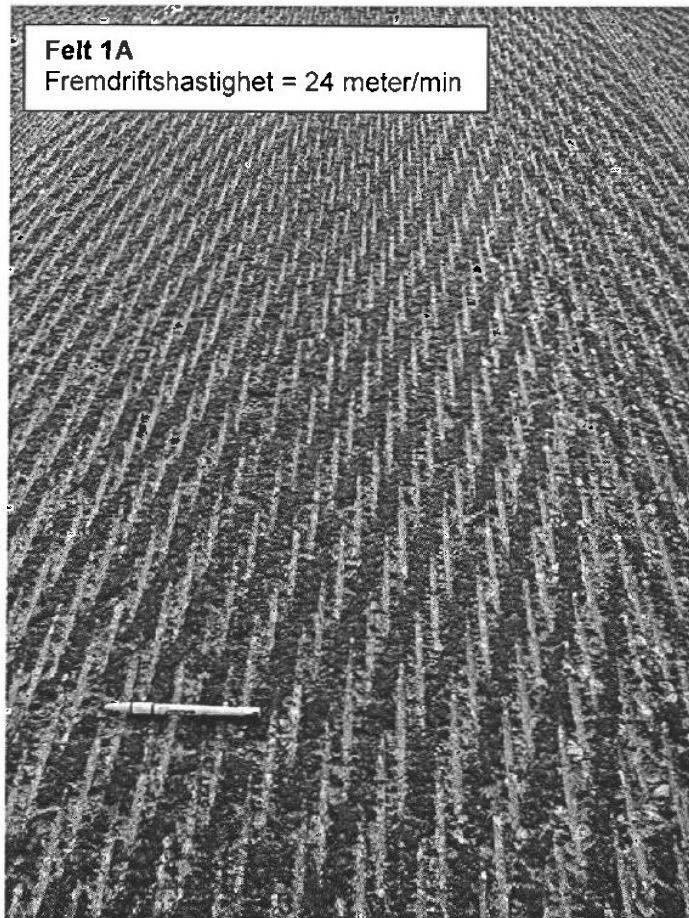
Bilag I

Bilder av fresestrukturen på alle delene

Felt 1 Kvål – Søberg

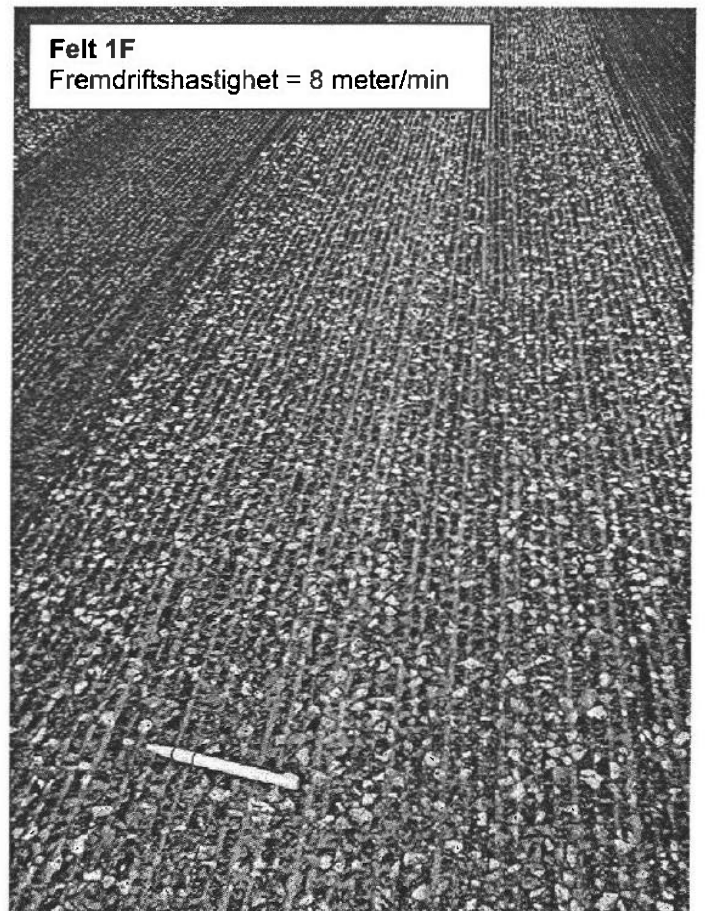
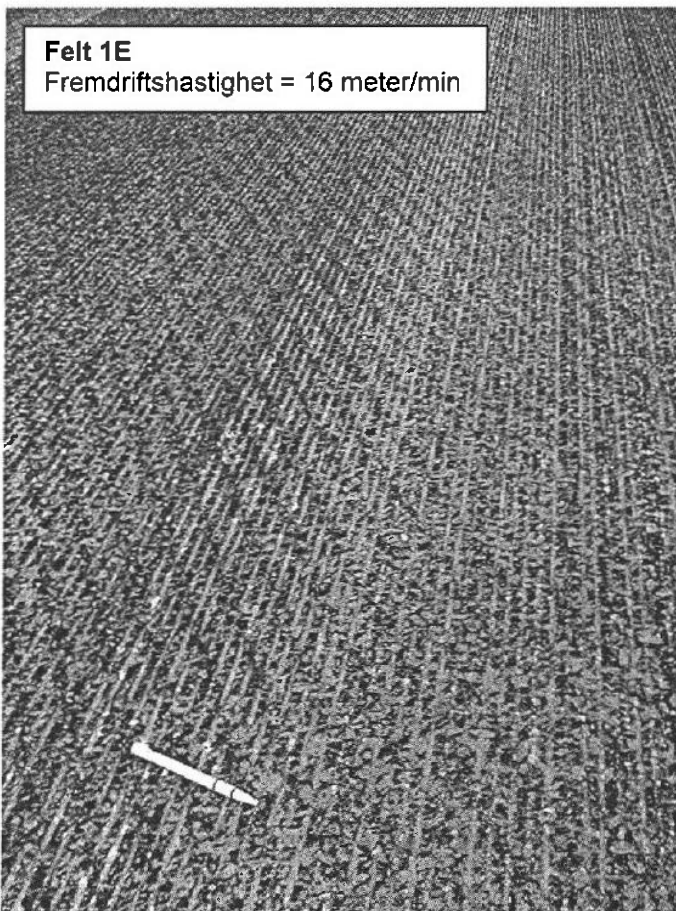
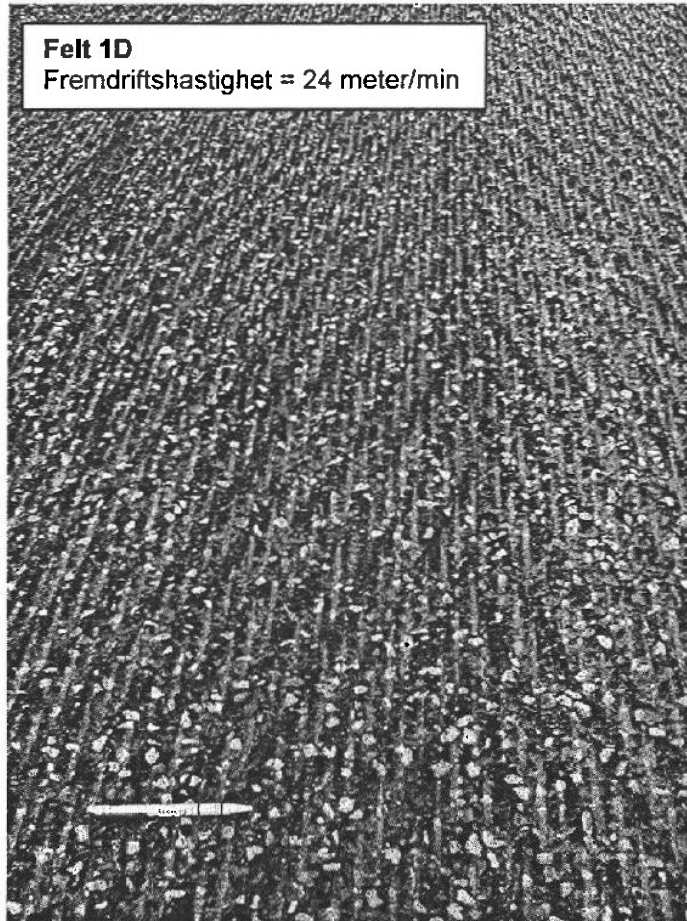
15 mm Tripple Wrap Trommel
Trommelhastighet = 351 meter/minutt

B1-1



Felt 1 Kvål – Søberg

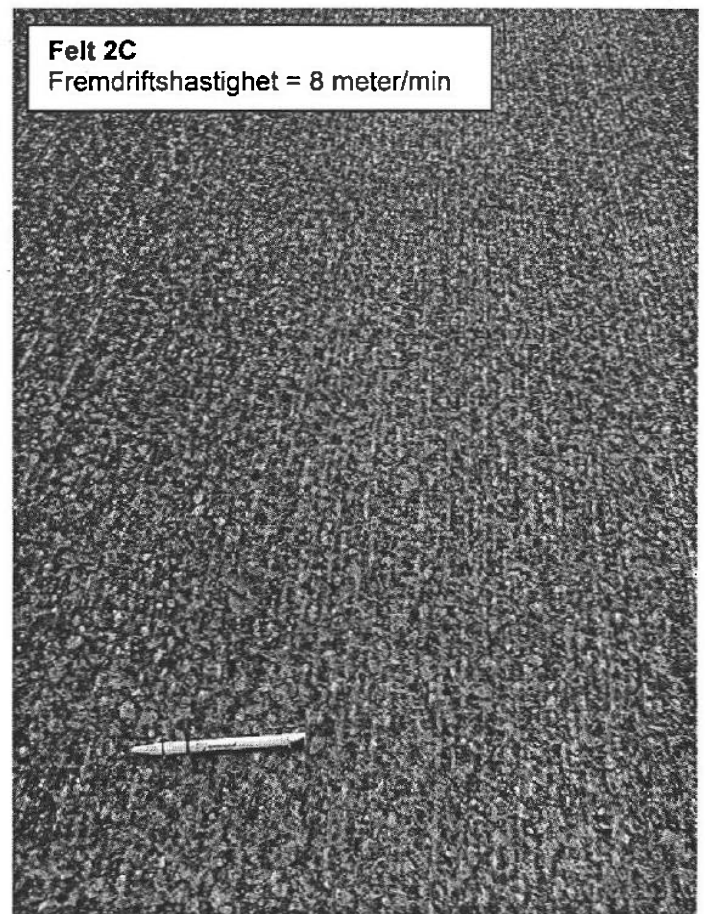
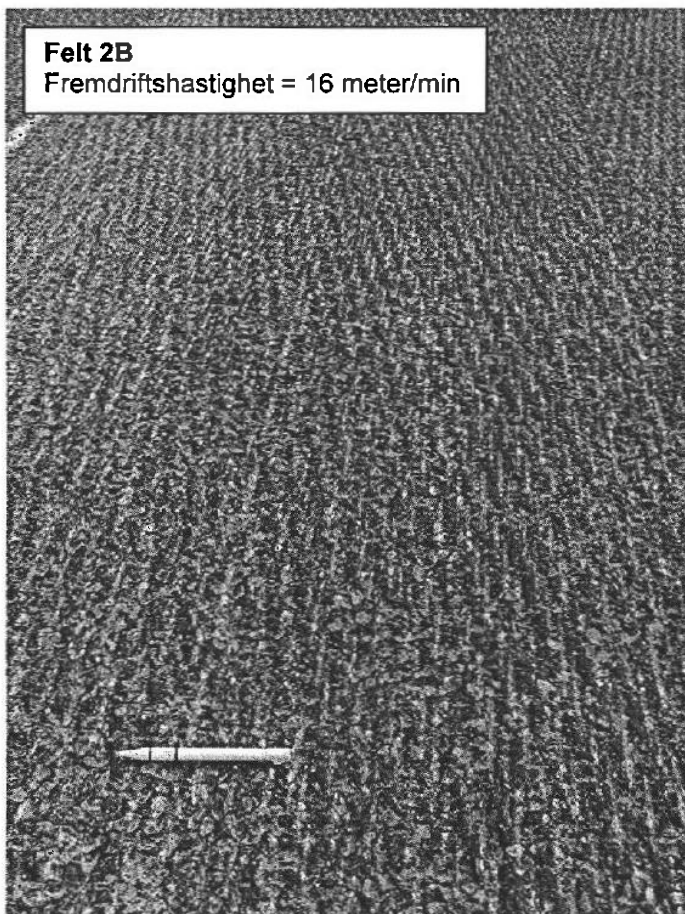
15 mm Tripple Wrap Trommel
Trommelhastighet = 474 meter/minutt



Felt 2 Melhus kirke – Melhus

B1-3

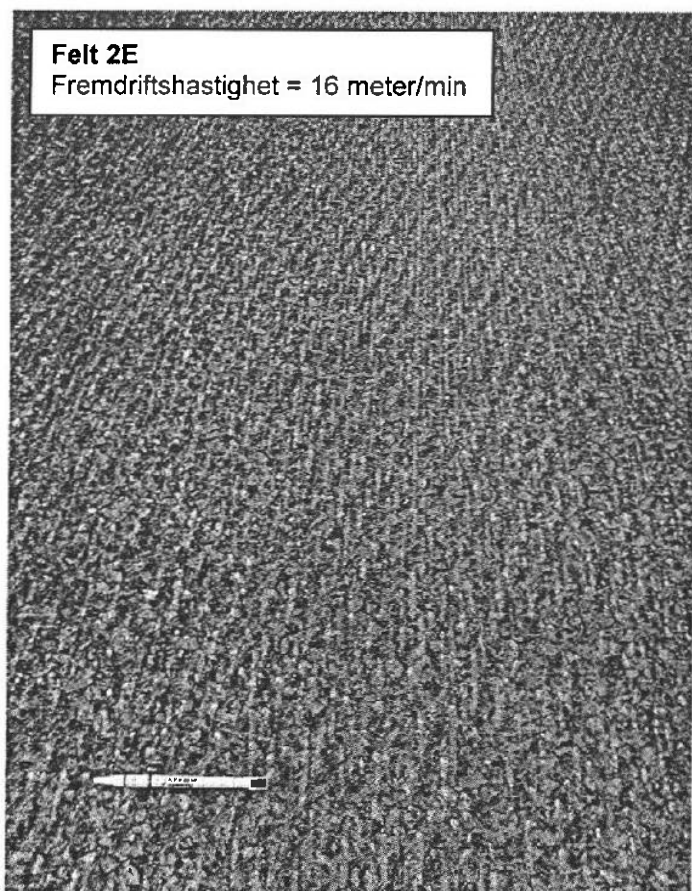
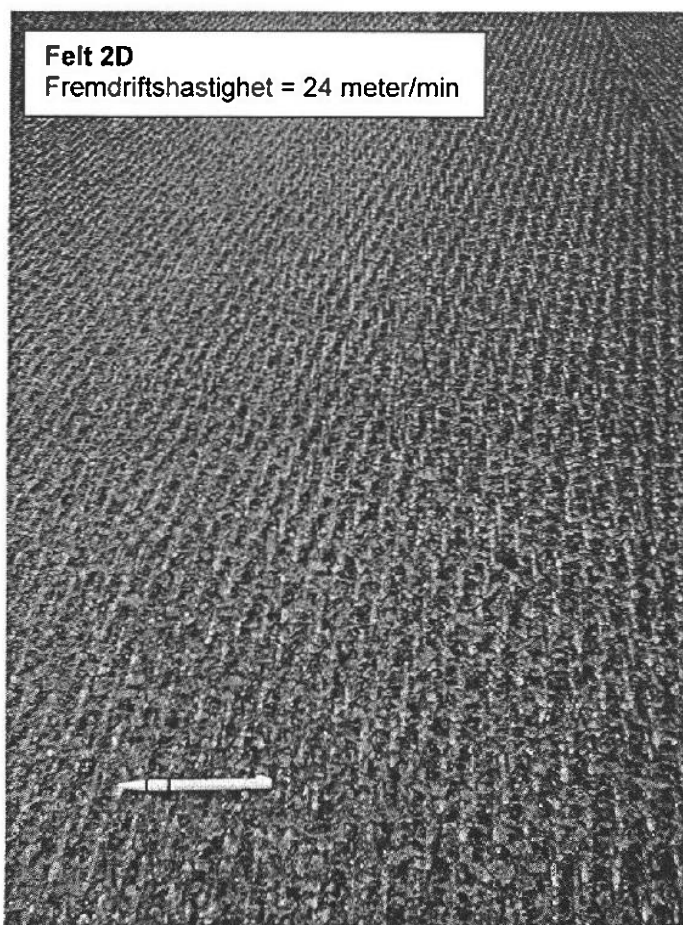
10 mm Tripple Wrap Trommel
Trommelhastighet = 351 meter/minutt



Felt 2 Melhus kirke – Melhus

10 mm Tripple Wrap Trommel

Trommelhastighet = 474 meter/minutt



Bilag 2

Skjema benyttet i kjøretørsøk



Tekstur på freste vegdekker

Evalueringsskjema

Evalueringen bør foregå under mest mulig like forhold (tørt/vått) for alle felt.

Generell informasjon:

Dato: _____

Kjøretøy: _____

Type dekk: _____

Dekkdimensjon: _____

Tilstand dekk: Nye dekk Middels slitt Eldre/slitte dekk
(kryss av)

Værforhold: _____

Førers navn: _____

Førers tilhørighet: _____
(etat/firma/privatperson)

SKJEMA 1.1 – Felt 1 (Kvål – Sjøberg)

Bedømmelse

- 1 – Svært bra, som vanlig asfalt 3 – Akseptabelt, merker svært godt det freste underlaget 5 – Svært liten kontroll over kjøretøyet, uforsvarlig
- 2 – Bra, merker såvidt det freste underlaget 4 – Helt på grensen av det forsvarlige

Vanlig kjøring (rett frem)

Km/t Felt	Bedømmelse			Kommentarer (beskrivelse av kjøreopplevelsen)
	50	70	90	
1A				
1B				
1C				
1D				
1E				
1F				



Evaluerings skjema

Tekstur på freste vegdekker

Generell informasjon:

Dato: _____ Kjøretøy: _____

Type dekk: _____ Dekkdimensjon: _____

 Tilstand dekk: Nye dekk Førers navn: _____
 (kryss av) Middels slitt
 Eldre/slitte dekk

Bedømmelse (velg en som beskriver din kjøreopplevelse for hvert felt)

- 1: Svært bra, som vanlig asfalt 2: Bra, merker såvidt det freste underlaget 3: Akseptabelt, merker svært godt det freste underlaget
 4: Helt på grensen av det forsvarlige 5: Svært liten kontroll over kjøretøyet, uforsvarlig

 Kjøring i retning mot Trondheim Tørr veibane Våt veibane

Felt	Bedømmelse	Kommentarer
1D		
1E		
1F		
2D		
2E		
2F		

 Kjøring i retning mot Støren Tørr veibane Våt veibane

Felt	Bedømmelse	Kommentarer
2C		
2B		
2A		
1C		
1B		
1A		



Evaluerings skjema

Tekstur på freste vegdekker

Generell informasjon:

Dato: _____ Kjøretøy: _____

Type dekk: _____ Dekkdimensjon: _____

Tilstand dekk: Nye dekk Førers navn: _____
 (kryss av) Middels slitt
 Eldre/slitt dekk

Bedømmelse (velg en som beskriver din kjøreopplevelse for hvert felt)

1: Ingen sporing 2: Litt sporing 3: Kraftig sporing

Felt 1 *Kvål - Søberg*

Tørr veibane Våt veibane

Felt	Bedømmelse	Kommentarer
1C		
1B		
1A		
1D		
1E		
1F		

Felt 2 *Melhus krk - Melhus*

Tørr veibane Våt veibane

Felt	Bedømmelse	Kommentarer
2C		
2B		
2A		
2D		
2E		
2F		

Bilag 3

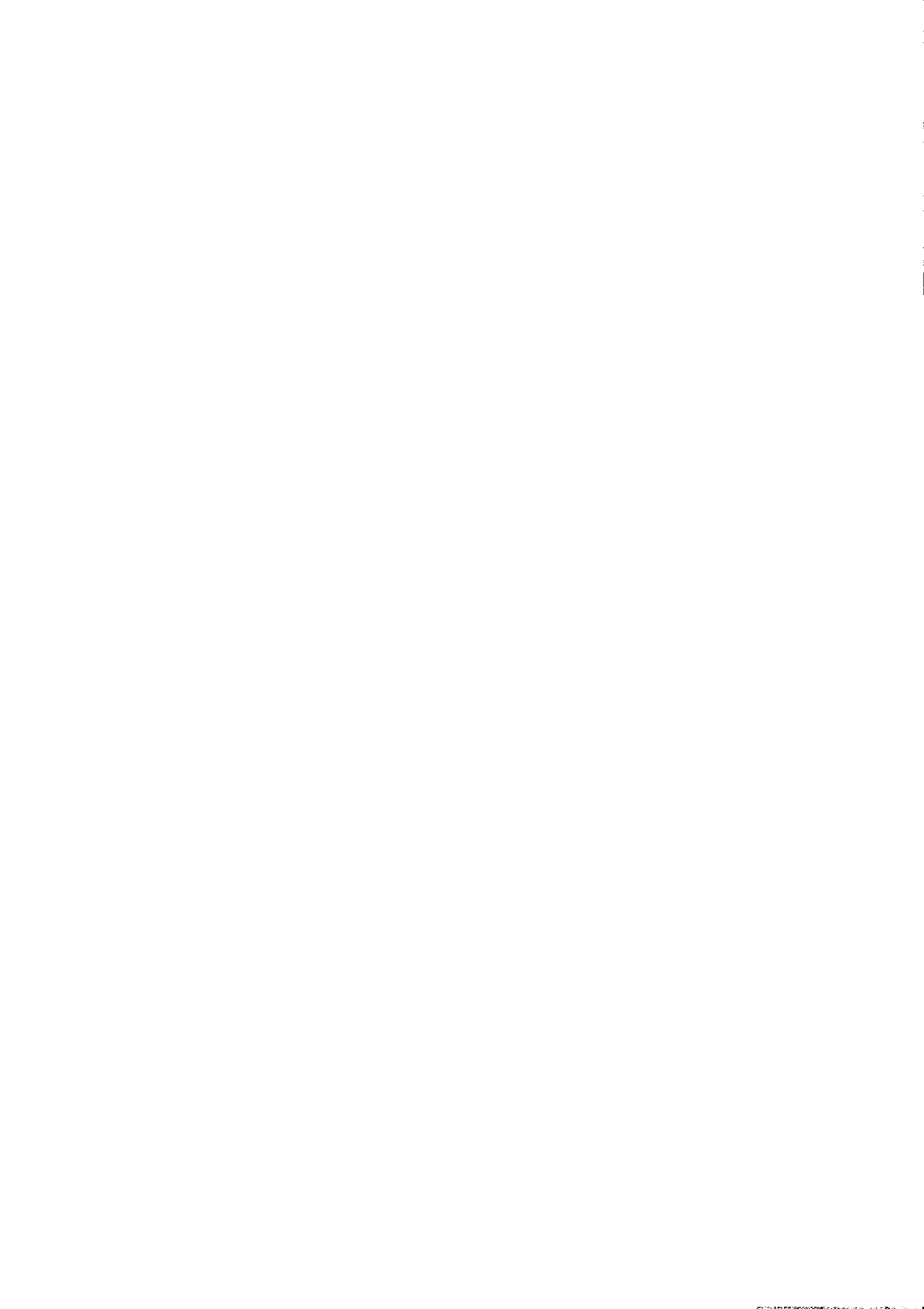
Malke støjniva inoyendig i bil



STØYMÅLINGER INNENDIG I PERSONBIL PÅ FRESTE FELT MELHUS - KVÅL									
	MAX LYDNIVA	MIN LYDNIVA	LYDNIVA 5 % AV TID	LYDNIVA 95% AV TID					
FELT 1A	79,7	70,3	77,5	72					
FELT 1B	74	68,6	73	69,5					
FELT 1C	72,2	66,4	70,5	67					
FELT 1D	76,5	69,5	74,5	70,5					
FELT 1E	73,9	66,7	72	67,5					
FELT 1F	70,1	66,2	69	67					
FELT 2A	73,9	69,7	73	70,5					
FELT 2B	73,2	68,2	73,2	69					
FELT 2C	70,5	65,7	66,5	69					
FELT 2D	72,8	67,2	71	68,5					
FELT 2E	70,4	65,3	69	66					
FELT 2F	70,3	66,2	69	67					
REF 1	72	67,1	71	68				300 m i sydgående kjøretretning. Sør for Kvål, ca. 3-4 år gammelt dekke	
REF 2	72,9	66,6	71,5	68				300 m i nordgående kjøretretning. Sør for Kvål, ca. 3-4 år gammelt dekke	
REF 3	66,5	63,1	65,5	64				300 m i nordgående kjøretretning. Nord for Melhus sentrum. Asfalt lagt i år.	
REF 4	66,5	63,2	66	63,5				300 m i nordgående kjøretretning. Nord for Melhus sentrum. Asfalt lagt i år.	

Bilag 4

Eriksjonsdata



Friksjonsverdiene er målt etter fresing mellom hjulspor ved 60 km/t på våt veibane (standard målebetingelser). Verdiene er basert på 2 separate målinger.

Felt	μ_{maks} (variabel slipp)			μ (15% fast slipp)			Tannavstand mm	Fremdrift m/min	Periferi m/min
	Maks	Min	Middel	Maks	Min	Middel			
1A	0,83	0,70	0,78	0,83	0,52	0,71	15	24	351
1B	0,82	0,73	0,78	0,86	0,57	0,78	15	16	351
1C	0,82	0,73	0,78	0,85	0,54	0,70	15	8	351
1D	0,80	0,66	0,74	0,85	0,57	0,72	15	24	474
1E	0,83	0,78	0,81	0,85	0,67	0,75	15	16	474
1F	0,83	0,72	0,77	0,77	0,46	0,64	15	8	474
2A	0,81	0,71	0,77	0,86	0,59	0,76	10	24	351
2B	0,84	0,72	0,78	0,89	0,23	0,73	10	16	351
2C	0,83	0,71	0,77	0,89	0,15	0,65	10	8	351
2D	0,83	0,69	0,77	0,89	0,37	0,76	10	24	474
2E	0,83	0,77	0,80	0,91	0,69	0,81	10	16	474
2F	0,83	0,78	0,81	0,86	0,59	0,78	10	8	474

Bilag 5

Tekstordata



Middelverdier av målt tekstur (Mean Profile Depth, MPD). Målingene er foretatt med laseren på Alfred.

Felt	Tannavstand	Fremdriftshastighet	Periferihastighet	Tekstur (MPD, mm)	
	mm	m/min	m/min	Før	Etter
1a	15	24	351	1,94	3,13
1b	15	16	351	2,00	2,72
1c	15	8	351	2,09	2,69
1d	15	24	474	1,92	2,70
1e	15	16	474	1,97	2,94
1f	15	8	474	1,90	2,74
2a	10	24	351	2,00	3,26
2b	10	16	351	2,16	2,61
2c	10	8	351	2,25	2,59
2d	10	24	474	2,02	2,84
2e	10	16	474	1,95	2,50
2f	10	8	474	1,98	2,21

Bilag 6

**Beskrivelse av ulike fersstromler og
tannavstønder**

FRESETROMLER / TANNAVSTAND

Asfaltfresing i større omfang startet i Norge først på 80-tallet. I de første årene ble det benyttet selvgående freser, senere har Tonstadfresen (høvel påmontert fres) blitt benyttet både til plan- og stabiliseringsfresing. Utviklingen i dag går igjen i retning av større selvgående freser både til stabilisering og planfresing på vegnettet. Disse fresene kjennetegnes ved at de har stor motorkraft og i tillegg kan variere trommelhastigheten (opptil 4 hastigheter) etter behov.

Det har vært en betydelig utvikling av fresetromler til planfresing i løpet av de siste 10 årene. Fra tromler med 1 spiral (single wrap) til 4 spiraler (quad wrap). I Norge har en de siste årene hovedsakelig benytte tromler med 3 spiraler (triple wrap) og tannavstand 15 mm. I freseforsøket på Melhus i Sør-Trøndelag (1999), ble 2 triple wrap tromler med henholdsvis 10 og 15 mm tannavstand benyttet.

TROMLER

Single Wrap

Tromler med 1 spiral, dvs at trommelen må gå 1 omdreining før nabotannen treffer.

Double Wrap

Tromler med 2 spiraler, dvs at trommelen må gå $\frac{1}{2}$ omdreining (180°), før nabotannen treffer.

Tripple Wrap

Tromler med 3 spiraler, dvs at trommelen må gå $\frac{1}{3}$ omdreining (120°), før nabotannen treffer.

Quad Wrap

Tromler med 4 spiraler, dvs at trommelen må gå $\frac{1}{4}$ omdreining (90°), før nabotannen treffer.

TANNAVSTAND

Tromler med tannavstand 15 mm vil få en strukturdybde eller "høydeforskjell" fra topp til bunn på 7-8 mm (fra angrepspunkt tann til midt mellom tennene). Tromler med tannavstand 10 mm vil få en strukturdybde på ca 5 mm, mens tromler med 5 mm tannavstand vil få en strukturdybde på 2-3 mm.

