

Intern rapport nr. 2329

Kalibrering av C- μ Sesongen 2002/2003



August 2003

Teknologiavdelingen

Intern rapport nr. 2329

Kalibrering av C- μ Sesongen 2002/2003

Sammendrag

Rapporten gir en oppsummering av erfaringene med kalibrering av friksjonsmålestyret C- μ vintersesongen 2002/2003. C- μ måleren brukes i dag i mange vegvesebiler samt i en del biler som benyttes av entreprenørbransjen. Måleren kan blant annet brukes for kontroll og oppfølging av vinterdrifta og det er derfor viktig at den kalibreres opp mot den nøyaktige friksjonsmåleren ROAR.

Kalibreringa foregår ved at måleverdier fra C- μ sammenlignes med måleresultat fra ROAR. Det regnes ut en kalibreringsfaktor som blir lagt inn i instrumentet og nye tester blir gjort for å se om det er samsvar mellom de to måleinstrumentene.

Neste del bestod i å måle bremselengder ved oppbremsing til full stopp. Dette ble gjennomført fra 3 til 5 ganger. Friksjonskoeffisient regnet ut ved hjelp av bremselengder ble sammenlignet med friksjonen som ble målt med ROAR, samt friksjonen som ble målt med C- μ .

Totalt gjennomførte 125 kjøretøy kalibreringa, med en fordeling på 79 biler fra Statens vegvesen og 46 biler fra Mesta AS. 16,6 ukeverk ble det totale tidsbruket på kalibreringsrunden når det er tatt hensyn til antall instruktører og målebilsjåfører.

Analyser av måledata viser at friksjonskoeffisienter som er beregnet på grunnlag av bremselengder er på et høyere nivå enn de som måles med friksjonsbilen ROAR. Sammenlikning av bremselengder viser at konvensjonelle bremses generelt gir en dårligere friksjon enn ved bruk av blokkeringsfrie bremses ved to forskjellige føretyper. Det ble ikke funnet noen forskjell i friksjon oppnådd med pigg- og piggfrie-dekk. En noe mer omfattende kalibreringsrunde vil foregå neste sesong da flere vedlikeholds kontrakter blir lagt ut på markedet. I malen for funksjonskontrakter står det at byggherren og entreprenøren forplikter seg til å ha en kalibrert friksjonsmåler av type C- μ -trip. Kalibreringa skal skje minst en gang i året.

Emneord: *Friksjonsmålinger, C- μ , kalibrering, bremselengder, ABS-bremser, pigg-/piggfrie dekk.*

Kontor: *Produksjonsteknikk*
Saksbehandler: *Bård Nonstad*
Dato: *August 2003*

/barnon

Innhold

INNLEDNING	3
GJENNOMFØRING AV KURSET	4
GENERELT	4
DELTAKERE	5
TIDSBRUK	6
UTGIFTER	7
MOTTAKELSE	7
TYPER FRIKSJONSMÅLERE	7
ANALYSER AV MÅLEDATA	9
SAMMENLIKNING AV KALIBRERINGSFAKTOR	10
BREMSELENGDER/ SAMMENLIKNING AV FRIKSJON	11
<i>Sammenlikning av bremselengder på biler utstyrt med ABS og med konvensjonelle bremseser</i>	<i>12</i>
<i>Sammenlikning mellom pigg- og piggfrie dekk</i>	<i>14</i>
NØYAKTIGHET I MÅLINGER	15
<i>Eksempel fra Steinkjer</i>	<i>17</i>
FORSLAG TIL FORBEDRINGER	18
LITTERATURLISTE	20
VEDLEGG	21

Figurliste

FIGUR 1: FRIKSJONSMÅLINGER MED ULIKE BIL- OG DEKKTYPER. (LELAND, 1996).....	3
FIGUR 2: MÅLING AV BREMSELENGDER PÅ VOSS DEN 27.02.2003.....	4
FIGUR 3: ROAR MARK II I AKSJON PÅ STEINKJER DEN 29.01.2003.	6
FIGUR 4: ELTRIP-45N.	8
FIGUR 5: SAMMENLIKNING AV KALIBRERINGSTALL SESONGEN 2002/2003 MED TIDLIGERE INNLAGT KALIBRERINGSTALL.	10
FIGUR 6: EKSEMPEL PÅ GODE RESULTATER SESONGEN 2002/2003.....	11
FIGUR 7: SAMMENLIKNING AV FRIKSJON OPPNÅDD MED ABS- BREMSER OG VANLIGE BREMSER BEREGNET UT FRA BREMSELENGDER OG HASTIGHET.	12
FIGUR 8: SAMMENLIKNING AV GJENNOMSNIITTELIGE FRIKSJONSVERDIER FOR ABS- OG VANLIGE BREMSER. HVER STOLPE I DIAGRAMMET REPRESENTER GJENNOMSNIITTSMÅLINGER FOR EN BIL. FRIKSJONSKOEFFISIENT ER BEREGNET UT I FRA FORMEL 1.	13
FIGUR 9: SAMMENLIKNING PIGG- OG PIGGFRIE DEKK PÅ STEINKJER DEN 30.01.03. ALLE BILENE OVER ER UTSTYRT MED ABS- BREMSER.	14
FIGUR 10: SAMMENLIKNING AV FRIKSJON OPPNÅDD MED PIGG- OG PIGGFRIE DEKK MED BILER UTSTYRT MED KONVENSJONELLE BREMSER.	15
FIGUR 11: GRAF SOM VISER GJENNOMSNIITTSFRIKSJON OG STANDARDAVVIK FOR 5 ULIKE FRIKSJONSMÅLINGER 29.01.2003.	17
FIGUR 12: GRAF SOM VISER STANDARDAVVIKET FOR 5 ULIKE FRIKSJONSMÅLINGER 30.01.2003.	17
FIGUR 13: RESULTATER FRA KALIBRERING I BARDU.	22
FIGUR 14: RESULTATER FRA KALIBRERING I STEINKJER.....	22
FIGUR 15: GJENNOMSNIITTSFRIKSJON OG STANDARDAVVIK.....	24
FIGUR 16: BREMSELENGDER VED ULIK FRIKSJON.	24
FIGUR 17: FRIKSJONSKURVER VED ULIKE FØREFORHOLD.	25

Tabeller

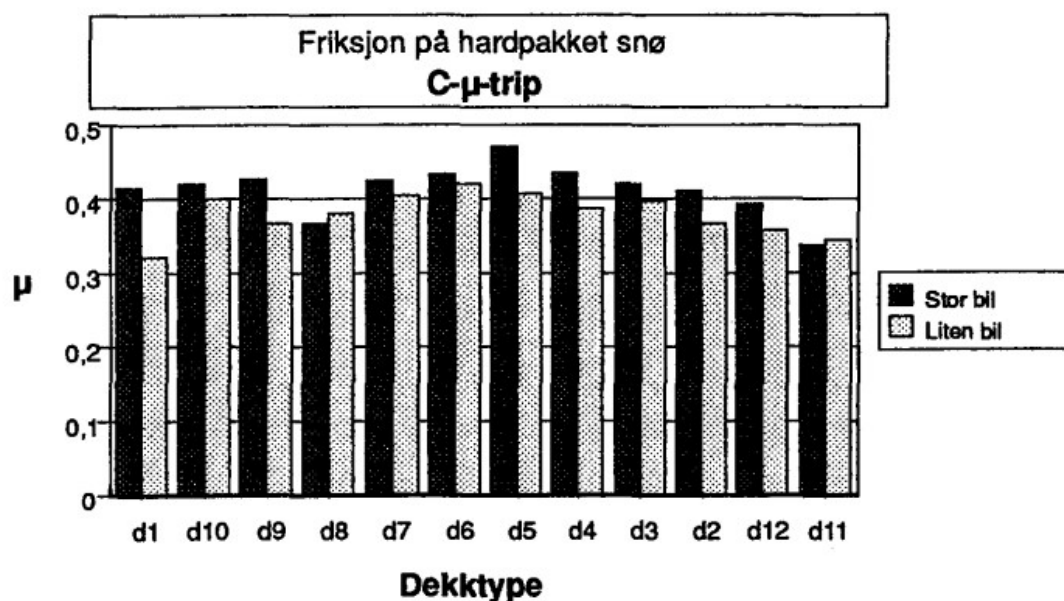
TABELL 1: STATISTIKK OVER ANTALL DELTAKERE I DE ULIKE REGIONENE FORDELT PÅ STATENS VEGVESEN OG MESTA AS.....	5
TABELL 2: TIDSBRUK FORDELT PÅ DE ULIKE REGIONENE.	6
TABELL 3: BREMSELENGDER VED 50 KM/T. *KUN EN BIL.....	14
TABELL 4: TABELL SOM VISER VARIASJONEN I STANDARDAVVIK FOR 6 FORSKJELLIGE KALIBRERINGER.....	16

1. Innledning

Dette notatet tar for seg de erfaringene fra kalibrering av C- μ som ble samlet sesongen 2002/2003.

C- μ anvendes for å samle inn forskjellige vegdata som distanse, temperatur og friksjon. Instrumentet brukes som hjelpemiddel i arbeid med vegregistrering, vegvedlikehold, trafikkplanlegging, ulykkesanalyse, og i forbindelse med oppfølging av funksjonskontrakter.

Fordelene med et slikt instrument i friksjonssammenheng er en forholdsvis liten kostnad, det er enkelt å gjennomføre en test av friksjonen, og vegingeniøren kan også benytte sin egen bil.



Figur 1: Friksjonsmålinger med ulike bil- og dekktyper. (Leland, 1996).

Ulempen med måleinstrumentet er at presisjonen er forholdsvis lav. Friksjonsverdien er blant annet avhengig av dekkutrustningen og type bil. (Se Figur 1) I tillegg spiller bremsetypen en rolle, samt lastfordeling i bilen. I februar 1995 ble det utført friksjonsmålinger med C- μ på biler utstyrt med forskjellig dekktype. (Leland, 1996)

Som vi ser av figuren er det store variasjoner i friksjon avhengig av dekk og biltype. Det er en av grunnene til at det er nødvendig med kalibrering av måleinstrumentet.

I 1998 ble det også gjennomført tester med C- μ på Norsk Trafikksenter i Våler hvor det ble konstatert at friksjonskoeffisienten varierer så mye fra bil til bil at det er nødvendig å foreta en kalibrering mot en referanse. Referansen kan være de nøyaktige friksjonsmålebilene ROAR eller OSCAR. Ved å utføre en kalibrering vet vi at en kan gjennomføre sammenlikninger på et objektivt grunnlag.

Siktemålet med kalibrering av C- μ sesongen 2002/2003 er at brukerne har et korrekt instrument for kontroll og oppfølging av vinterdrifta. Kalibrering av C- μ bør gjennomføres en gang i året.

På kalibreringen ble det også målt bremselengder med en utgangshastighet på 50 km/t til full stopp. Disse lengdene ble brukt for å kunne sammenligne biler utstyrt med konvensjonelle- og ABS-bremser, pigg- og piggfrie-dekk osv.

2. Gjennomføring av kurset

2.1. Generelt

Først ble det gitt en liten orientering om hva som skulle foregå kursdagen. Notatet ”Friksjonsforbedrende tiltak - kalibrering av C- μ målere” ble delt ut, samt manualer for ulike C- μ målere for de som manglet dette. Det ble forelest litt om friksjon, samt vist et eksempel med typiske friksjonskurver for forskjellige føreforhold. (Se vedlegg 6) I tillegg ble det fokusert på utførelsen av bremseprosedyren i forbindelse med friksjonsmålinger med C- μ . En graf som viste typiske bremselengder ved forskjellige friksjonskoeffisienter ble også vist. (Se Figur 16)

Forutsetningen for at en skal få riktige friksjonsmålinger er at avstanden er korrekt kalibrert. Dette ble det gitt beskjed om i forkant i mer eller mindre grad. Enkelte steder hadde ikke beskjeden nådd frem og vi ble derfor nødt til å måle opp en kalibreringsstrekning på 1000 meter. Det viste seg også at en del av de som nettopp hadde kalibrert distansen hadde for store avvik i forhold til hva som var oppgitt i manualen. Dette avviket kan skyldes at man har benyttet en strekning som ikke var eksakt 1000 meter, eller at man rett og slett har vært for unøyaktig i kalibreringsprosedyren. En idé er å gjennomføre en slik avstandskalibrering som en fast prosedyre i forkant av bremseprøvene, eventuelt kun gjennomføre en sjekk av denne.

Trinn 1 av kalibreringsprosedyren bestod i å sette kalibreringstallet lik 1,00 og gjennomføre 5 bremseprøver hvor friksjonsverdien ble notert. Ved store avvik ($> 0,05 \mu$) ble det tatt ytterligere 2 målinger. Gjennomsnittet av de 5 jevneste målingene ble benyttet for å regne ut kalibreringsfaktoren. Etter at ny faktor var innlagt ble det gjennomført nye bremsemålinger for å se om verdien samsvarte med referansen (ROAR- måleren).



Figur 2: Måling av bremselengder på Voss den 27.02.2003

Bremseprøvene ble gjennomført på en jevn rettstrekning. Det absolutte beste var en mindre rundløype noe som ga god kontinuitet i kjøringen og lite venting for deltakerne. Problemet var at det ble lavere friksjon etter hvert som det ble gjort bremseprøver. En metode som eliminerte dette var å benytte en lengre strekning (200-300 m) med jevn friksjon. Bremseprøver ble tatt på et valgfritt sted innenfor dette området. Det var riktignok vanskelig å finne en strekning med en så lik friksjon at det var forsvarlig.

I følge Sintef's notat bør det kjøres friksjonsmålinger på to forskjellige føreforhold, både is med friksjonskoeffisient på 0,15 - 0,2 og på snøføre med en friksjonskoeffisient på 0,3 - 0,35. Dette var ikke gjennomførbart på våre samlinger. Alle kalibreringer denne sesongen ble gjennomført innenfor friksjonsområdet fra 0,16 til 0,36 målt med ROAR.

Trinn 2 bestod i å måle bremselengder ved oppbremsing til full stopp. Dette ble gjennomført fra 3 til 5 ganger. Bremselengden ble målt ved bruk av lasermåler eller ved bruk av målehjul. Utgangsfarten skulle være 50 km/t men i tillegg ble farten enkelte ganger målt med radar (Radar49).

Friksjonskoeffisienten regnet ut ved hjelp av bremselengder ble sammenlignet med friksjonen målt med ROAR samt friksjonen målt med C- μ .

På slutten av dagen ble data fra målingene samlet inn, og deltakerne fikk et sertifikat (Se vedlegg 1) som viste at måleinstrumentet var kalibrert og godkjent for friksjonsmåling.

2.2. Deltakere

Tilbudet om kalibrering gikk ut til ansatte i Statens vegvesen samt til den utskilte produksjonsdelen (Mesta AS). Totalt ble 125 biler kalibrert og godkjent for friksjonsmålinger sesongen 2002/2003.

	Svv	Mesta AS	Sum Regioner
Region Nord	22	7	29
Region Midt	23	14	37
Region Vest	9	2	11
Region Sør	16	8	24
Region Øst	9	15	24
SUM	79	46	125

Tabell 1: Statistikk over antall deltakere i de ulike regionene fordelt på Statens vegvesen og Mesta AS.

Deltakerantallet var noe større enn tabellen viser da en del stilte med en egen protokollfører/hjelper. 6 biler møtte opp med feilkoblet friksjonsmåleutstyr. (Region Nord 4 stk, Region Midt 1 stk, Region Øst 1 stk.) Personell med erfaring fra installasjon av instrumentet var ikke med på disse samlingene.

På bakgrunn av erfaringer fra tidligere år ble det satt et tak på 15 biler på en samling. Alt fra 3-15 biler møtte opp på samlingene, med et gjennomsnitt på ca 10 biler. Det fungerte greit med 15 kjøretøy, men vi var da avhengig av å ha en jevn og fin isflate hvor friksjonen ikke ble merkbart lavere ved mange nedbremsninger. Dersom det var snøføre ble dette ofte et problem i og med at bremseområdet fikk en lavere friksjon med et økende antall bremseprøver.



Figur 3: ROAR Mark II i aksjon på Steinkjer den 29.01.2003.

Det ble tatt høyde for dette ved å kjøre friksjonsmålinger både før, underveis og etter at bremseprøvene var avsluttet. Likevel ble det mer problematisk å finne riktig kalibreringsfaktor for den enkelte bil.

2.3. Tidsbruk

Totalt tidsbruk er beregnet til 24 dager. Tar en hensyn til antall instruktører gir dette 16,6 ukeverk. (Se Tabell 2)

	Antall dager	Instruktører +Målebilsjåfør	Ukeverk
Region Nord	9	4	7,2
Region Midt	5	3	3
Region Vest	2	4	1,6
Region Øst	4	3	2,4
Region Sør	4	3	2,4
SUM	24		16,6

Tabell 2: Tidsbruk fordelt på de ulike regionene.

Lengst tid brukte vi i Region Nord hvor vi totalt brukte 9 dager inkludert reisedager. Årsaken til dette er store avstander slik at dager måtte settes av kun til reise. Minst tid ble brukt i Region Vest hvor det var forholdsvis liten respons på innbydelsen og få deltakere.

På kalibreringsrunden var vi 2-3 instruktører i tillegg til en sjåfør for friksjonsmålebilen. Når deltakerne hadde en del erfaring fra friksjonsmålinger med C- μ fungerte det bra med 2 instruktører, men dersom det var mange som var helt ferske på feltet var det helt nødvendig med 3. De fleste ytret også et ønske om å ha en instruktør i bilen når den første

nedbremsingen skulle gjøres. For å få en riktig friksjonsmåling er det viktig at denne nedbremsingen gjøres korrekt med et kraftig trykk på bremsepedalen og tilstrekkelig lang bremsetid.

Oversikt over instruktører/målebilsjåfører som har deltatt på kalibrering sesongen 2002/2003:

Torodd Simensen, Region Øst
Børge H. Larsen, Region Øst
Per Harald Hansen, Vegdirektoratet (Målebil/instruktør)
Bjørn Ove Ofstad, Region Midt (Målebil)
Kai Rune Lysbakken, Vegdirektoratet
Stig Folkestad, Region Vest
Olav Tveit, Region Sør (Målebil)
Hans Christian Akselsen, Region Øst (Målebil)
Idar Schjølberg, Region Øst
Bård Nonstad, Vegdirektoratet
Per Barstad, Region Sør
Torgeir Vaa, Sintef

2.4. Utgifter

Det ble ikke tatt noen form for kursavgift for kalibreringa verken for entreprenører eller Statens vegvesens ansatte. Utgiftene for kurset omfatter reise- og lønnsutgifter, samt utgifter til bensin og slitasje på måleutstyr. (ROAR og OSCAR)

De totale kostnadene for Vegdirektoratet er på ca 110 000 kr inkludert lønnskostnader for alle dager (medregnet reisedager.) Ser vi kun på ekstrautgifter i forbindelse med reise, kost og opphold blir utgiftene på ca 60 000 kr. Utgifter for ansatte i regionene og utgifter i forbindelse med bruk av måleutstyr er ikke tatt med i disse beregningene.

2.5. Mottakelse

Rett før jul ble det sendt ut en mail til de kommende regionsjefer i trafikk Stab om viktigheten av kalibreringa, og at det burde opprettes en kontaktperson i hver region. Dette viste seg å bli vanskelig blant annet på grunn av omorganiseringa. Løsningen ble en kontaktperson i hvert fylke. Deltakerantallet i hvert fylke var helt avhengig av hvor "ivrig" denne kontaktpersonen var og at personen har en viss oversikt over hvem som benyttet slike målere.

Stort sett hadde både Mesta AS og Statens vegvesen interesse for å delta på kurset. Det var kun ved en samling at Mesta ikke var interessert i å delta.

En del personer ansatt ved trafikant og kjøretøy skulle bruke c- μ til ulykkesgransking. Det er viktig å presisere at vi kalibrerer for det føret som er den aktuelle dagen og at måleren er lite egnet for sommerføre.

2.6. Typer friksjonsmålere

Det finnes ulike fabrikat av friksjonsmåleutstyr som er beregnet på personbil. De utrustninger som er nevnt i denne rapporten måler middelretardasjonen når bremselyset er tent.

Hastigheten måles når bremsingen begynner og slutter, samtidig som bremsetiden måles. Ved å beregne forskjellen mellom de to hastighetene og ved å dividere på bremsetiden får man middelretardasjonen. Dersom en dividerer dette tallet med tyngdeakselerasjonen ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) fåes middelverdien for utnyttet friksjon. Se vedlegg 3, Formel 2 for utledning av formel.

Størrelsen på denne verdien er foruten vegbanen avhengig av hastigheten ved start og slutt av bremsing, bremsetiden, bilens dekkutrustning, bilens bremsesystem og førerens bremseteknikk. For å få noenlunde like verdier er det viktig at disse faktorene er så like som mulig fra gang til gang. (Vägverket, 1996)

C- μ rapporterer kun en friksjonsverdi som måleresultat. Friksjon er en funksjon av slipphastigheten og endrer seg i løpet av en bremseprosess. Måleverdien fra C- μ er sannsynligvis en gjennomsnittsverdi som ligger et sted i mellom topp-punktet på friksjonskurven og 100 % slipp. (Statens vegvesen & Norsemeter, 1995)

Dette gjelder ved bremsing med konvensjonelle bremser.

Det var tre forskjellige friksjonsmålere som ble kalibrert: Dynometer, ELTRIP og C- μ . 4 stk kjøretøy med Dynometer ble ”kalibrert” etter samme prinsipp som for C- μ . Det ble tatt 5 bremseprøver og regnet et gjennomsnitt for disse. Denne verdien ble sammenlignet med referansefriksjonen og det ble gitt en faktor som skulle multipliseres med måleresultatet. I følge Statens vegvesen & Norsemeter’s rapport fra 1995 er det en klar sammenheng mellom C- μ og Dynometer når det brukes samme kjøretøy og dekktype. Dynometer rapporterer prinsipielt lavere verdier enn C- μ , men måler det samme spennet i friksjonsverdiens variasjon som C- μ . (Statens vegvesen & Norsemeter, 1995)

2 deltakere stilte med Motometer som ga utskrift i etterkant av nedbremsingen. (I tillegg til C- μ trip.) Dette var måleutstyr som først og fremst var tiltenkt arbeid knyttet opp mot ulykkesgranskning.



2 biler hadde installert euroskilts ELTRIP-45nk. Friksjonsmålingene ble også her utført på samme måte som C- μ , ved at man registrerer hvor mye kjøretøyet reduserer sin hastighet når man anvender bremsesystemet maksimalt. Kalibreringa skjer ved å legge inn en verdi mellom 400 og 700. Altså noe mer problematisk enn for C- μ måleren.

Figur 4: ELTRIP-45n.

I dag er det kun kalibrert C- μ trip som er godkjent til friksjonsmålinger i forbindelse med oppfølging av friksjonskontrakter. C- μ målerne som føres av Nor-Skilt AS finnes i 3 typer: C- μ /3, C- μ og C- μ /mini. Disse fungerer stort sett på samme måte med unntak av noe forskjellig tastetrykk.

Det bør vurderes hvilke friksjonsmålere som, kan brukes til oppfølging av kontrakter. Disse må godkjennes av Vegdirektoratet og kalibreres.

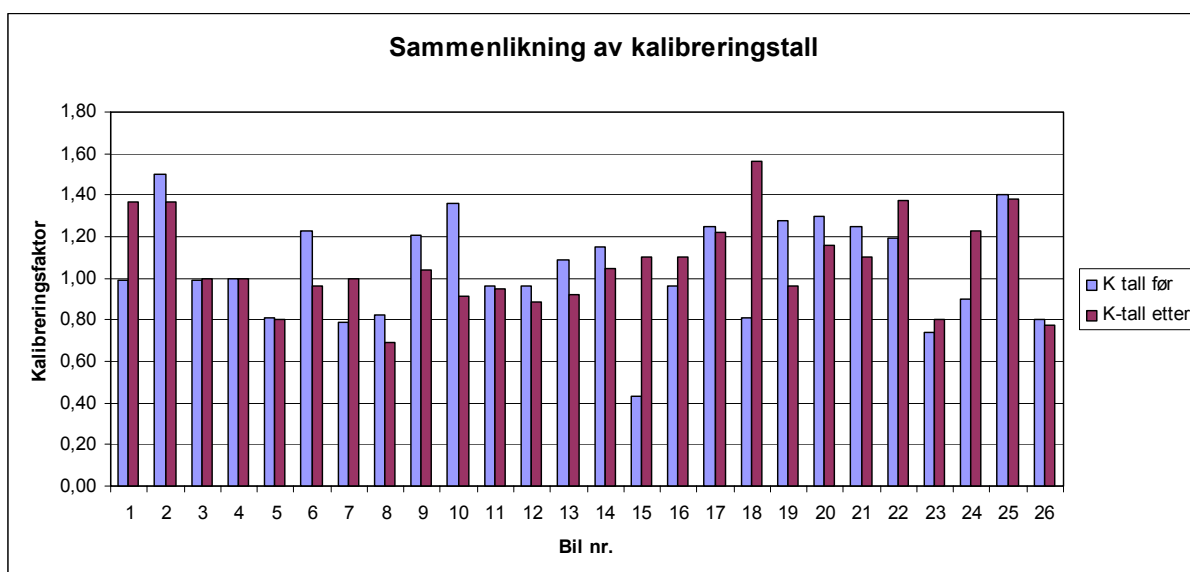
3. Analyser av måledata

Det ble utført 4 forskjellige analyser knyttet opp mot C- μ målingene:

- ✓ En sammenligning av nye og gamle kalibreringsfaktorer for å se samsvar i dataene.
- ✓ Sammenlikning av friksjonskoeffisient funnet ved måling av bremselengder, ved målebil (ROAR), og ved bruk av C- μ .
- ✓ Beregning av usikkerhet knyttet til C- μ målinger.
- ✓ Sammenlikning av friksjonskoeffisienter oppnådd med ABS og konvensjonelle bremseser.
- ✓ Sammenlikning av friksjonskoeffisienter oppnådd med pigg- og piggfrie dekk.

3.1. Sammenlikning av kalibreringsfaktor

Grafen under viser en sammenlikning av kalibreringsfaktoren som lå inne fra tidligere kalibreringer med det nye kalibreringstallet som ble gitt. Disse tallene bør samsvare så godt som mulig. Grafen viser kun et lite antall biler, som hadde et "sannsynlig" kalibreringstall. En del av bilene har veldig bra samsvar mellom kalibreringstall før og etter, mens bil nr 15 og 18 har veldig store avvik. Dette er avvik som kan skyldes bytte av dekk, ulikt dekktrykk, andre føreforhold under kalibrering, slitasje av dekk, feilkalibrering og at kalibreringstallet har blitt tastet inn feil.



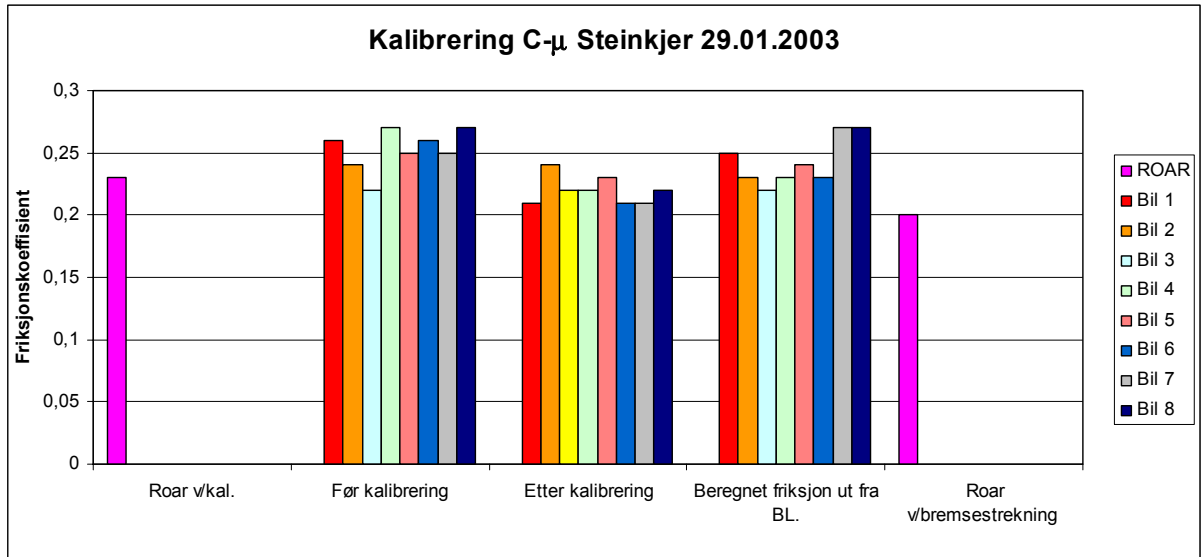
Figur 5: Sammenlikning av kalibreringstall sesongen 2002/2003 med tidligere innlagt kalibreringstall.

Det er som nevnt stor usikkerhet knyttet til disse dataene. Neste sesong vil dette datagrunnlaget bli mye bedre.

3.2. Bremselengder/ sammenlikning av friksjon

I etterkant av kalibreringa ble det målt bremselengder for hver enkelt bil.

Utgangshastigheten skulle være 50 km/t, og en skulle bremse til bilen stoppet helt. Dette ble repetert 3 eller 5 ganger. Ved analysene er det kun tatt hensyn til nøyaktige hastighetsdata det vil si de gangene vi benyttet radar. Dette på grunn av at hastigheten betyr mye for bremselengden og utregning av friksjonskoeffisienten.



Figur 6: Eksempel på gode resultater sesongen 2002/2003.

Friksjonskoeffisienten for bremselengder (Beregnet friksjon ut fra BL) ble regnet ut ved hjelp av formelen (For utledning se vedlegg 3):

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

Formel 1: Hvor V er farten i km/t og L_b er bremsestrekninga.

Analysene viser at friksjonskoeffisienter som er beregnet på grunnlag av bremselengder er på et høyere nivå enn de som måles med ROAR. (ROAR v/bremsestrekning < Beregnet friksjon ut fra BL) Friksjonen som ble målt før nytt kalibreringstall ble lagt inn (det vil si korrigeringsfaktor satt lik 1,00) bør være lik friksjonen som ble regnet ut ved hjelp av bremselengder. Ved å sette korrigeringsfaktoren til 1,00 skal vi få den friksjonen som den respektive bilen gir med de bremsene og de dekkene som bilen er utstyrt med.

Konklusjonen i Sintefs analyse av resultater fra sesongen 2001/2002 var også at friksjonen som var beregnet ut fra bremselengder var på et høyere nivå enn den friksjonen som ble oppnådd med ROAR/OSCAR (Vaa, 2002). Ved å kalibrere mot ROAR skjerpes derfor kravene i forhold til standarden i Hb 111.

Figur 6 viser en sammenlikning av friksjonsdata for kalibrering i Steinkjer den 29.01.2003. Roar gir en friksjon på 0,23, (ROAR v/kalibrering) mens bilene utstyrt med C-μ (Friksjon før kalibrering) generelt ligger noe over dette. Etter at ny kalibreringsfaktor er lagt inn er nivået justert noe ned, og samsvarer da bra med ROAR- målingene. Ved måling av

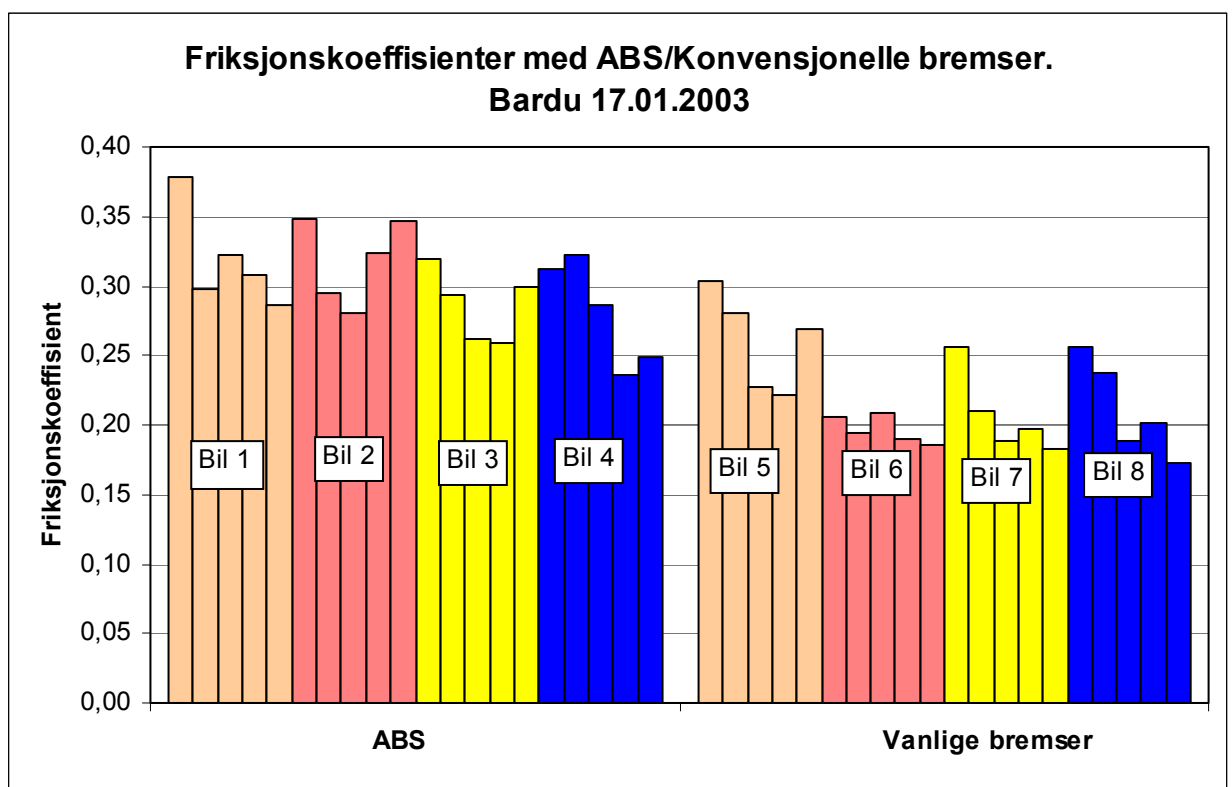
bremselengder er isoverflaten blitt polert og friksjonen målt med ROAR er noe lavere. ROAR gir da en friksjon på 0,2 mens den målte bremselengden tilsvarer en friksjonskoeffisient på 0,24. For flere analyser se vedlegg nr 2.

Ved alle samlinger ble det kun benyttet matematisk friksjonskoeffisient. C- μ har også en funksjon som tar hensyn til vindmotstand og helning på vegen som kalles korrigert friksjon. Det kunne vært interessant å se hvor korrekt denne verdien er, ved at deltakere ved neste års kalibrering også noterer ned denne verdien.

3.2.1. Sammenlikning av bremselengder på biler utstyrt med ABS og med konvensjonelle bremses

ABS- bremses eller blokkeringsfrie bremses tar sikte på å forhindre de problemer som oppstår når hjulene blokkeres. Formålet med denne typen bremses er å beholde retningsstabiliteten og styrbarheten i en kritisk situasjon. I denne analysen er det tatt utgangspunkt i to tester med måling av bremselengder. (Bardu den 17.01.2003 og Steinkjer den 30.01.2003)

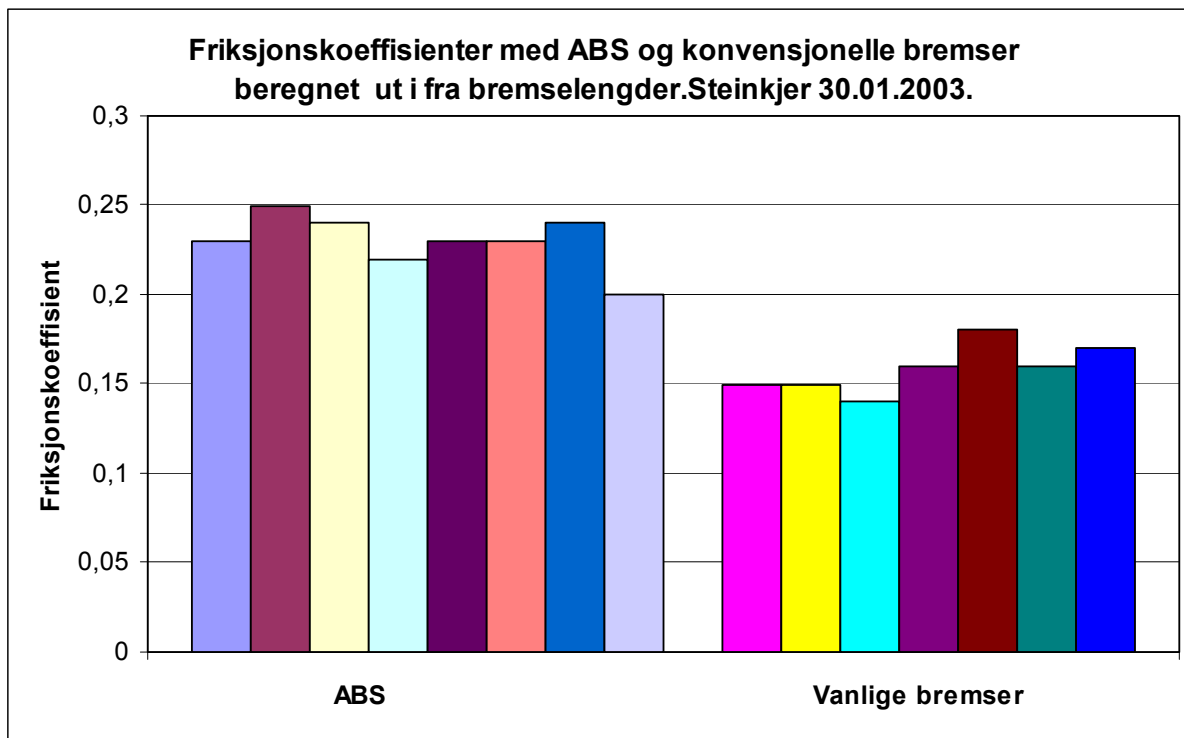
I analysen er de registrerte bremselengder og hastigheter regnet om til friksjon ved hjelp av Formel 1.



Figur 7: Sammenlikning av friksjon oppnådd med ABS- bremses og vanlige bremses beregnet ut fra bremselengder og hastighet.

Figuren viser forskjellige friksjonskoeffisienter som er oppnådd med de to bremsetypene. Hver søyle representerer en bremsemåling, og hver bil gjennomførte 5 slike. ABS- bremse kommer klart best ut med kortest bremselengde og den høyest oppnådde friksjonskoeffisienten. Gjennomsnittelig friksjonskoeffisient med ABS- bremses er 0,3 mot

0,22 for vanlige bremses. Den gjennomsnittelige bremselengden for ABS- bremses er 33,4 m mot 44,4 meter for konvensjonelle bremses. (I beregningen av den gjennomsnittelige bremselengden er det ikke tatt hensyn til variasjoner i hastighet.) I Bardu var det snøføre, - 15 grader og friksjonskoeffisienten målt med ROAR var 0,18. Utgangshastigheten skulle være 50 km/t, men denne ble målt med radar og korrigert for i figuren.



Figur 8: Sammenlikning av gjennomsnittelige friksjonsverdier for ABS- og vanlige bremses. Hver stolpe i diagrammet representerer gjennomsnittsmålinger for en bil. Friksjonskoeffisient er beregnet ut i fra formel 1.

I Steinkjer den 30.01.03 var det isføre og fine jevne forhold (Se Figur 3). Friksjonen målt med ROAR var 0,13 og gjennomsnittelig friksjonskoeffisient oppnådd med ABS- bremses var 0,22 og med vanlige bremses 0,16. Når det gjelder bremselengder gir ABS- bremses en gjennomsnittelig bremselengde på 42 meter mot 58,6 meter med vanlige bremses.

Annen litteratur på området bekrefter at ABS-bremser gir kortere bremselengde under slike forhold. Bremsing rett fram på ensarta friksjon viser både de teoretiske beregningene og de praktiske forsøk, at biler utstyrt med ABS gjennomgående får en kortere bremsestrekning enn standard bremsesystem under de fleste friksjonsforhold. På vegdekke med løs snø og grus ga riktignok alle biler med ABS vesentlig lengre bremselengde enn biler uten ABS. Årsaken til dette er sannsynligvis at det bygges opp en "kile" foran hjulene ved låste hjul. (Karlsen, 1989)

Det ble gjort en analyse av hvilke bremselengder en hadde ved forskjellige friksjonsforhold. Dette for å se om den beregnede bremselengden (Beregnet ut fra Formel 1) har noe samsvar med den målte bremselengden.

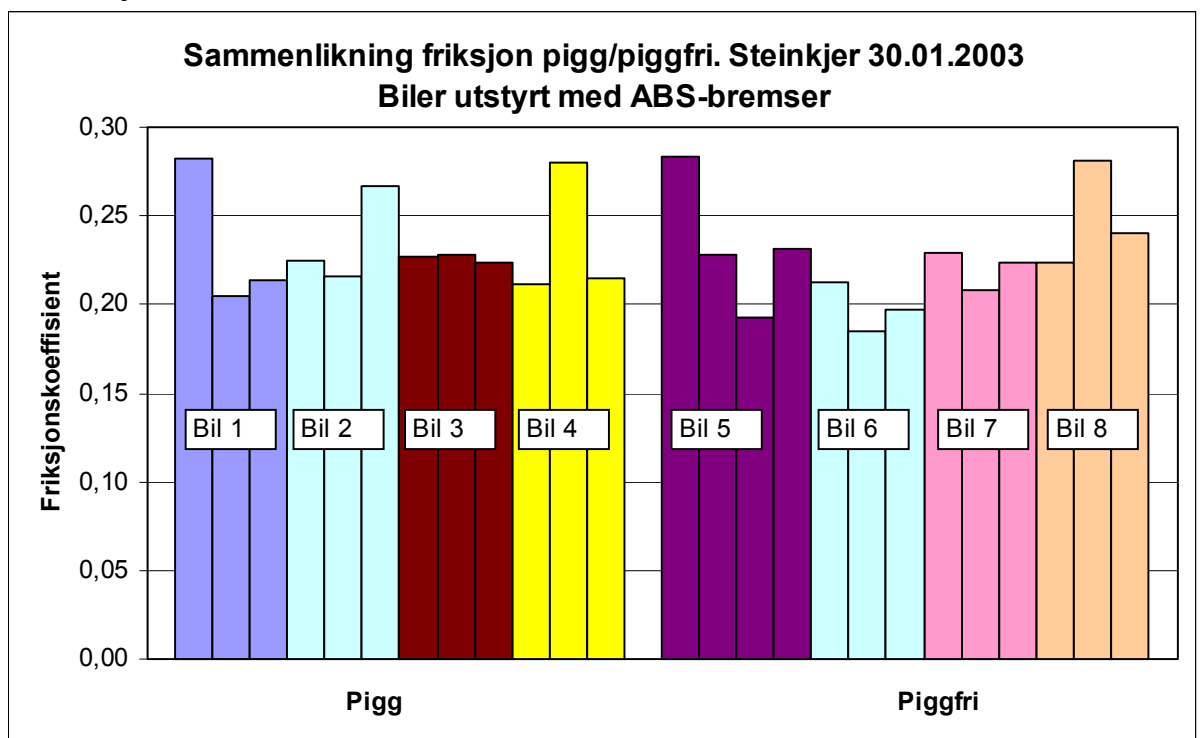
Sted	μ^{ROAR}	Bremselengder beregnet ut i fra μ^{ROAR} [m]	Bremselengder med ABS [m]	Bremselengder med vanlige bremsesystemer [m]	Gj.sn ABS og VB
Bardu 17.01.03	0,18	55	33,4	44,4	38,9
Steinkjer 29.01.03	0,23	43	41,3	42,8*	41,5
Steinkjer 30.01.03	0,13	76	42	58,6	49,6
Skien 07.02.03	0,35	28	28,8	38,5*	29,8
Lygna 06.02.03	0,22	45	43,17	53,3	50,75
Mo i Rana 23.01.03	0,18	55	-	40,3	40,3

Tabell 3: Bremselengder ved 50 km/t. *Kun en bil.

Tabellen viser den beregnede bremselengden ut fra referansefriksjonen (ROAR). Videre så er det to kolonner for den gjennomsnittelige målte bremselengden for det aktuelle føret med henholdsvis ABS- bremsesystem og vanlige bremsesystemer (VB). Siste kolonnen viser den gjennomsnittelige bremselengden uavhengig av bremsesystem. Ved tre av samlingene er det bra samsvar mellom den beregnede bremselengden og den målte. Samlingen på Steinkjer den 29.01.03, Lygna 06.02.03 og Skien den 07.02.2003. Ellers virker det som om den beregnede bremselengden ligger noe over den målte.

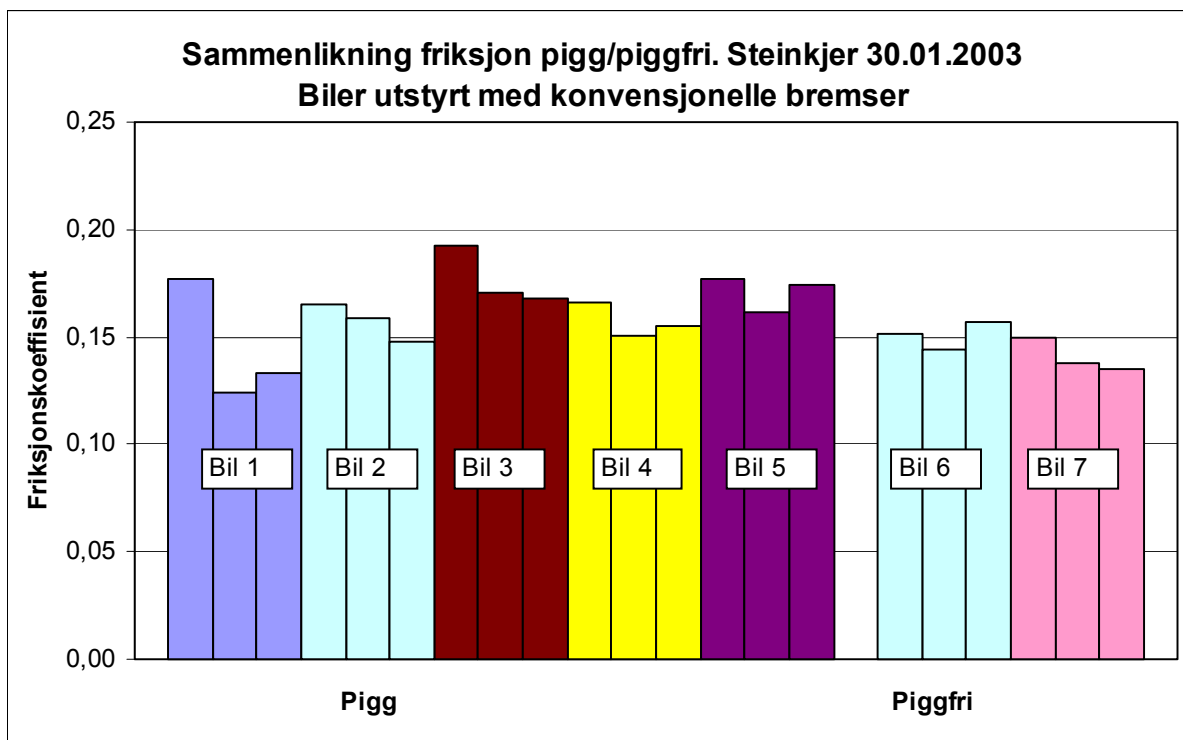
3.2.2. Sammenlikning mellom pigg- og piggfrie dekk

En liten analyse av friksjon med pigg- og piggfrie dekk ble gjort med utgangspunkt i dataene fra Steinkjer den 30.01.2003.



Figur 9: Sammenlikning pigg- og piggfrie dekk på Steinkjer den 30.01.03. Alle bilene over er utstyrt med ABS- bremsesystemer.

Alle de 8 bilene i figuren over er utstyrt med ABS – bremses. En søyle representerer en nedbremsing. Den gjennomsnittlige friksjonen som ble oppnådd for pigg- og piggfrie dekk ble helt lik ($\mu=0,23$).



Figur 10: Sammenlikning av friksjon oppnådd med pigg- og piggfrie dekk med biler utstyrt med konvensjonelle bremses.

Figuren over viser en sammenlikning av 7 biler med konvensjonelle bremses fra samme samling i Steinkjer. Den gjennomsnittlige friksjonen oppnådd med piggfrie dekk ble 0,15 mot 0,16 med piggdekk. Det var kun to biler som var utstyrt med konvensjonelle bremses og piggfrie dekk.

Det ble med andre ord ikke funnet noen forskjeller i friksjon ut i fra dekktype. Datagrunnlaget er riktignok alt for lite til å trekke noen konklusjoner. Dersom vi hadde hatt andre føreforhold, for eksempel snøføre eller våt is hadde resultatet sannsynligvis blitt annerledes.

På en isflate øker pigger friksjonen med 0,057 ved et piggoverheng på 1,2 mm (som er det største tiltatte gjennomsnittlige overheng). For eksempel kan bremselengden på is fra en hastighet på 50 km/t øke fra 66 til 98 meter når friksjonen reduseres fra $\mu=0,15$ til $\mu=0,1$. Det vil si en vesentlig betydning for trafikksikkerheten. (Nordström og Gustavsson, 1995)

En test som ble utført av NAF vinteren 2002/2003 viste at bremsing på is ga en betraktelig kortere bremselengde for piggdekk enn for piggfrie dekk. På snøføre var det kun minimale forskjeller mellom de to dekktypene. (Korsvoll og Antila, 2002)

3.3. Nøyaktighet i målinger

En analyse ble gjort for å se hvor god repeterbarhet som ble oppnådd med C- μ måleren. Det ble tatt utgangspunkt i de 5 første friksjonsmålingene med C- μ , og deretter ble det regnet ut ett standardavvik ut fra dette. Standardavvik sier noe om observasjonsseriens spredning, og kan benyttes som et mål på usikkerheten i disse dataene.

Dataene omfatter 60 kjøretøy/målere på 6 forskjellige samlinger/føreforhold. Det vil si omtrent halvparten av datagrunnlaget fra sesongen 2002/2003. Gjennomsnittelig friksjonskoeffisient for dette datamaterialet ble 0,22. Dette ga ett standardavvik på 0,020 μ , eller en gjennomsnittelig usikkerhet på +/- 0,020 μ . Dette standardavviket tar opp den totale usikkerheten, det vil si usikkerhet i operatørdata, variasjon i føre og fra selve instrumentet. Med operatørdata menes feilavlesning, feilbremsing osv.

Sted	Gj.sn. friksjonskoeffisient før kalibrering.	Gj.sn. standardavvik
Koppang 05.11.2002	0,22	0,019
Bardu 17.01.2003	0,22	0,021
Bardu 20.01.2003	0,25	0,023
Steinkjer 29.01.2003	0,25	0,014
Steinkjer 30.01.2003	0,21	0,020
Voss 27.02.2003	0,19	0,021
SUM	0,22	0,020

Tabell 4: Tabell som viser variasjonen i standardavvik for 6 forskjellige kalibreringer.

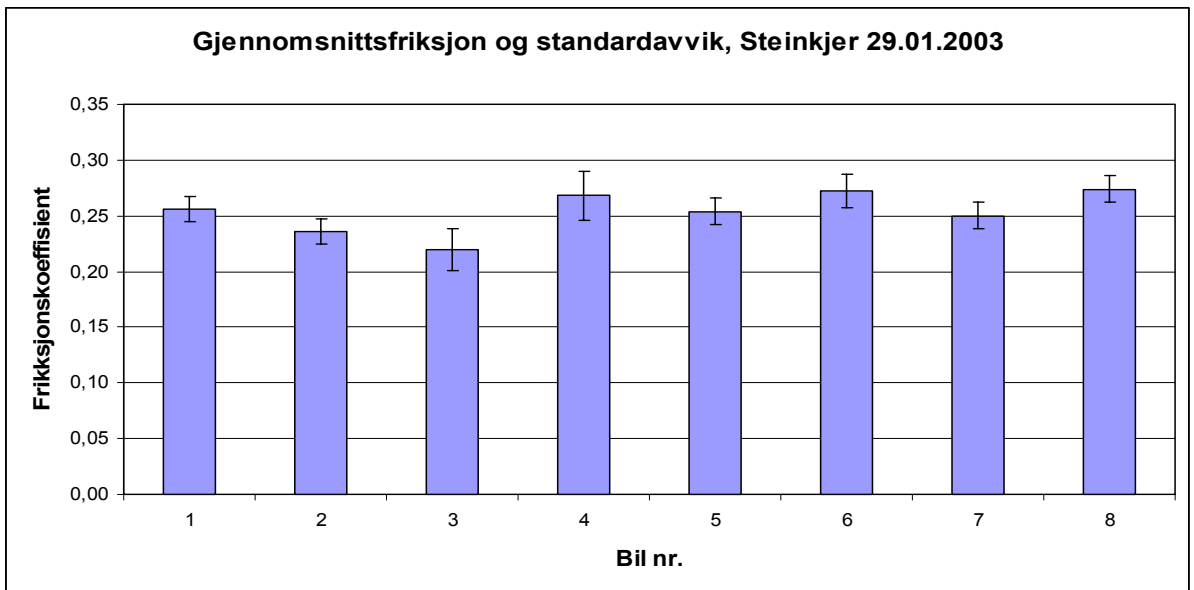
Tabellen ovenfor finnes som graf i vedlegg nr. 4.

I et forsøk som ble gjennomført i 1995 hvor C- μ -trip og OSCAR var med, ble repeterbarheten til C- μ -trip testet med tanke på type kjøretøy og føreforhold. Resultatene viste at repeterbarheten var 3 ganger bedre for en stor personbil, enn en liten personbil. Kjøretøyets innflytelse kan dermed karakteriseres som stor. (Statens vegvesen & Norsesmeter, 1995)

Repeterbarheten til C- μ -trip er i noen grad avhengig av hvilke føreforhold en har ved bremsing. OSCAR har bedre repeterbarhet når det gjelder føre, men er kun marginalt bedre enn C- μ -trip med stor bil. I samme rapport konstanteres det at det eksisterer relasjoner mellom friksjonsverdiene til dekk med glatt og mønstret slitebane også når det glatte dekket testes med OSCAR, og de mønstrede med C- μ -trip. (Statens vegvesen & Norsesmeter, november 1995)

Et annet dilemma er hvor store avvik en skal godkjenne i forhold til ROAR etter at kalibreringen har funnet sted. Dersom vi tar utgangspunkt i dataene fra Tabell 4 finner man en usikkerhet på +/- 9 %. Dersom en tar utgangspunkt i et slikt forholdstall er 10 % forskjell fra ROAR- måleverdi et mulig krav etter kalibrering er gjennomført. Dersom vi har en friksjon på 0,2 aksepteres det dermed et avvik på +/- 0,02 etter kalibrering.

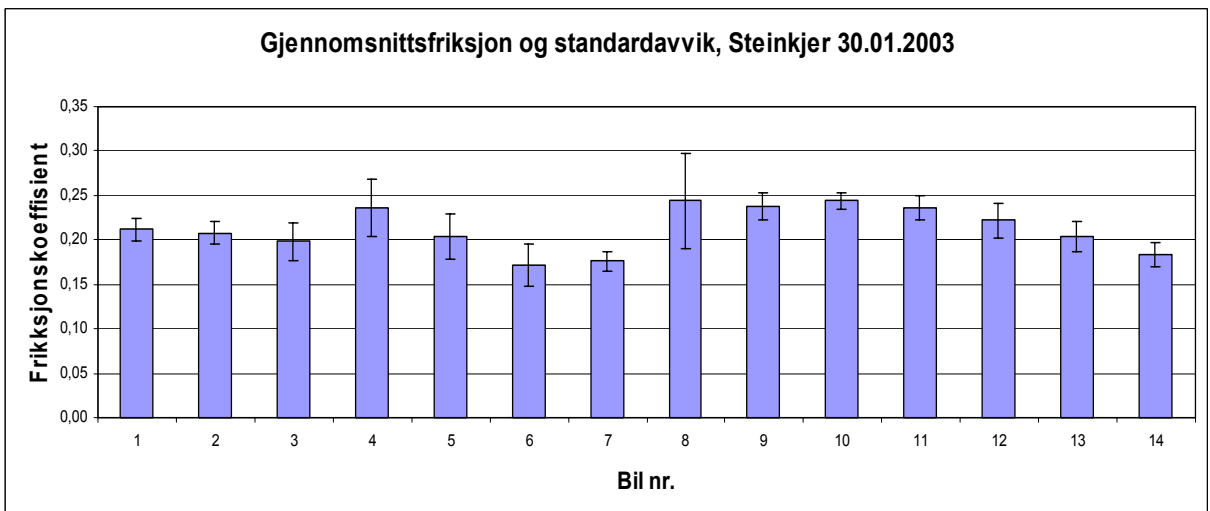
3.3.1. Eksempel fra Steinkjer



Figur 11: Graf som viser gjennomsnittsfriksjon og standardavvik for 5 ulike friksjonsmålinger 29.01.2003.

Gjennomsnittet for kalibreringsrunden på Steinkjer den 29.01.2003 var ett standardavvik på 0,014. Med en gjennomsnittsfriksjon på 0,21 er usikkerheten på +/- 0,014. Det var fine isforhold og forholdsvis få biler denne dagen noe som ga jevne forhold.

Gjennomsnittsfriksjonen i dette tilfellet er den friksjonen bilene oppnådde før kalibrering opp mot ROAR.



Figur 12: Graf som viser standardavviket for 5 ulike friksjonsmålinger 30.01.2003.

Gjennomsnittet for kalibreringsrunden på Steinkjer den 30.01.2003 var ett standardavvik på 0,018 μ . Det var spesielt bil nr. 8 som hadde stor variasjon i sine målinger. Friksjonen varierte fra 0,19 til 0,28, Årsaker til dette kan være feil bremseteknikk, feil avlesning av måleresultat med mer.

4. Forslag til forbedringer

- ✓ Det bør deles ut en liten perm hvor det gis litt info om selve måleren samt at bremseprosedyren er beskrevet. I denne permen bør det også være skjema med plass for data fra kalibreringa, og muligens et skjema hvor det er plass til å føre friksjonsmålinger som gjøres i løpet av vinteren. Et forslag til hvordan friksjonsmålingene skal gjøres bør også være med. Det vil si hvordan en kontrollmåling gjennomføres med antall målinger, gjennomsnitt osv. Permen har også plass for kalibreringssertifikat. På sertifikatet bør det spesifiseres at det gjelder kun for vintersesongen og kun for vinterføre. Brukermanual deles ut til de som behøver dette.
- ✓ Kalibrering bør foregå helt i starten av vintersesongen. Neste sesong bør en starte kalibreringsrunden allerede i november i Region Nord, men dette er selvsagt avhengig av egnede føreforhold (snø/is). Innbydelse og informasjon om kurset bør sendes ut til alle regionene på høsten. Hver region bør opprette en kontaktperson som får ansvar for å sende ut innkallelse til aktuelle personer, skaffe kurslokaliteter og teststrekning. Alle entreprenører som skal drive med oppfølging av funksjonskontrakter skal delta på kurset. Hver region må vurdere hvor mange fra hver kontrakt som skal delta.
- ✓ Det bør være et krav at de som skal være førere av bilen også skal delta på kurset. Enkelte deltakere denne sesongen hadde ikke benyttet en slik måler tidligere og de var ikke tiltenkt å bruke slikt utstyr i fremtiden heller. Et typisk eksempel var at de hadde fått beskjed av en overordnet om å kalibrere utstyret.
- ✓ Planen er at det etter hvert skal finnes en friksjonsmåler som kan brukes som referanse i hver region. Det kan da være et par faste instruktører i hver region som driver med instruksjon for Statens vegvesen og entreprenører. Flere små samlinger er en fordel i og med at hver enkelt deltaker får bedre oppfølging, samt at forholdene ved kalibreringa blir jevnere.
- ✓ Kalibrering av avstanden blir satt som en fast prosedyre først i programmet slik at en unngår feilkalibrering som igjen virker inn på friksjonsmålingene. Eventuelt kun en sjekk at distansen er riktig kalibrert.
- ✓ En vurdering omkring standardisering av målebiler. I Sverige er det et krav at bilen skal være utstyrt med ABS- bremser. Et problem med måling med konvensjonelle bremser og låste hjul er at dersom bremsen slippes i høy hastighet på et glatt underlag er det en mulighet at hjulene som er koblet til hastighetsmåleren ikke har kommet opp i rett hastighet i forhold til målesystemets antatte opprullingstid. Slutt hastigheten blir derfor for lav, noe som gir en for høyt beregnet friksjon. Ved å benytte bremsing uten at hjulene blir låst unngår man dette problemet. (Vägverket, 1996)
ABS- bremser gir også mindre ubehageligheter for føreren, og mindre risiko for ulykker. Standardisering av bildekk og biltype blant entreprenører og myndighet slik at utgangspunktet for målingene er mest mulig like. Dette er vanskelig gjennomførbart men bør vurderes.
- ✓ Bilen skal være utstyrt slik at den oppfyller kravene til arbeid på veg.

- ✓ Viktig at bremsene er i god stand når det gjelder virkning, ansettningstid og slippetid. Dersom bremsene er for svake på bakakselen vil bare en del av friksjonen utnyttes og en får for lave friksjonsverdier. Dersom bremseservoer er langsom fører dette til at ansettningstiden øker, noe som gir for lave friksjonsverdier. (Vägverket, 1996)
- ✓ Vinterdekk i god stand bør anvendes. Deres tilstand skal kontrolleres kontinuerlig under målesesongen. I Sverige er det et krav at mønsterdybden bør være minst 5 mm. Dekkene kan være pigg eller piggfri. Men de piggfrie er å foretrekke ut fra et målesynspunkt. (Vägverket, 1996)
- ✓ Anskaffelse av radar/laser til bruk ved måling av bremselengder. (For å måle utgangshastighet før bremsingen starter.)
- ✓ Det bør taes en avgjørelse på hvordan friksjonen skal dokumenteres. For eksempel skal det taes 5 friksjonsmålinger/nedbremsinger innenfor 1 km og deretter regnes et gjennomsnitt for denne strekningen?

5. Litteraturliste

Coralba, *Manual for C- μ* . Versjon 3.08, 22. januar 2003.

Karlsen, P. G. *Vurdering av forskjellige blokkeringsfrie bremsesystemer (ABS) for personbiler under nordiske veg- og vinterforhold*. Teknologisk institutt, avdeling for kjøretøyteknikk. 1989.

Korsvoll, R. & Antila, J. *Vinterdekktesten*. Medlemsblad for Norges Automobilforbund (NAF), Motor nr. 8, oktober 2002.

Leland, T. *Friksjon mellom et gummi hjul og vegdekket*, Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Trondheim 1996.

Nordström & Gustavsson, *Nya vinterdäcks för bromsning och styrning*. VTI, 1995.

Statens vegvesen & Norsemeter. *Testing av friksjon for kommersielle vinterdekk: Innbyrdes sammenlikning og undersøkelse av sammenhenger med friksjonene til testdekk med glatt slitebane*. Rapport november 1995.

Statens vegvesen & Norsemeter. *Friksjonsmålinger på vinterveger*. Sluttrapport januar 1995.

Vägverket. *Metodbeskrivning 110:1996*, Publikation 1996:15.

Vaa, T. *Friksjonsforbedrende tiltak - kalibrering av C- μ -målere*. Rev. 2002-02-15.

6. Vedlegg

Vedlegg 1: Eksempel sertifikat C- μ :

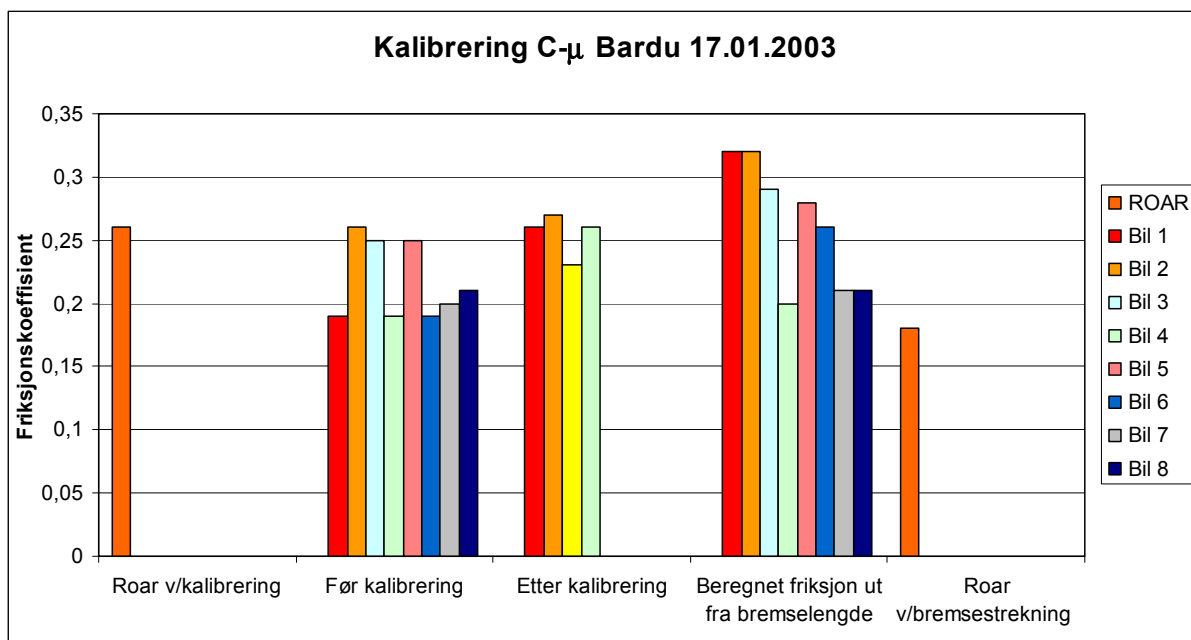


Statens vegvesen

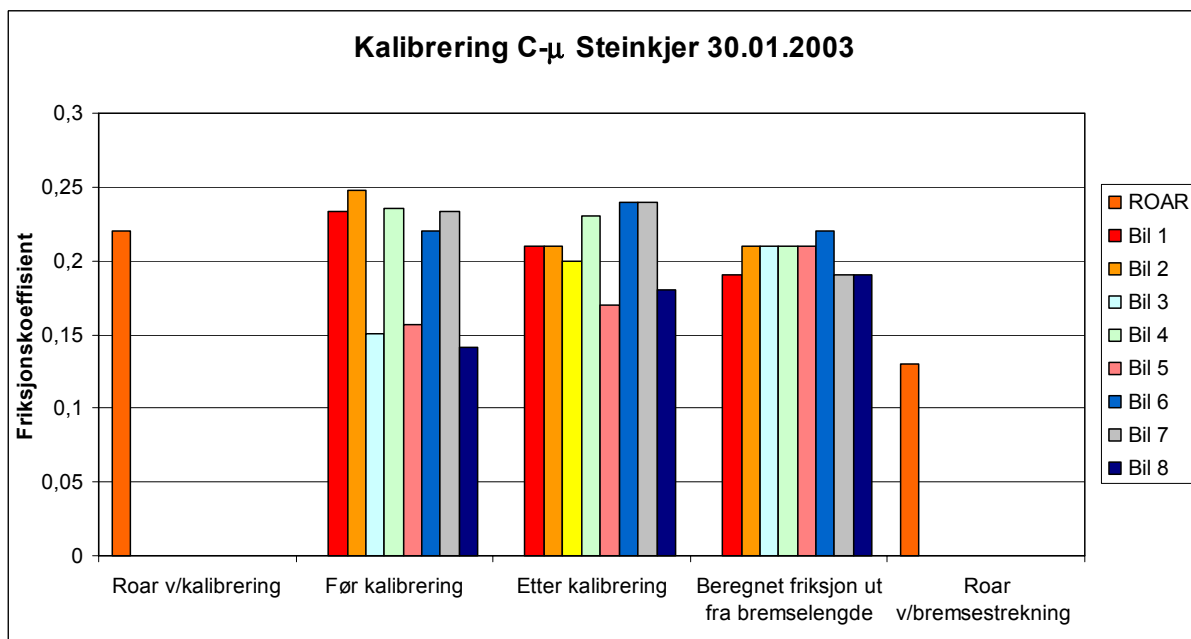
Sertifikat C- μ vintersesongen 2002/2003

Navn:	
Bilnummer:	Bilmerke:
Kalibrert dato:	Sted:
Korreksjonsfaktor:	Protokollfører:

Vedlegg 2: Sammenlikning av friksjon



Figur 13: Resultater fra kalibrering i Bardu.



Figur 14: Resultater fra kalibrering i Steinkjer.

Vedlegg 3: Formelutredning.**Formler**

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

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv_1^2 &= F \cdot BL + \frac{1}{2}mv_2^2 \\ \frac{1}{2}mv_1^2 &= mg\mu \cdot BL + \frac{1}{2}mv_2^2 \\ \frac{1}{2}v_1^2 &= g\mu(v_1t + \frac{1}{2}at^2) + \frac{1}{2}v_2^2 \\ \frac{1}{2}v_1^2 &= g\mu(v_1t + \frac{1}{2}(\frac{v_1-v_2}{t}) \cdot t^2) + \frac{1}{2}v_2^2 \\ \frac{1}{2}v_1^2 - \frac{1}{2}v_2^2 &= g\mu t(\frac{1}{2}v_1 + \frac{1}{2}v_2) \\ \mu &= \frac{v_1 + v_2}{g \cdot t} \end{aligned}$$

Symbolforklaring:

v_1 : utgangshastigheten i m/s

v_2 : hastigheten når bremseprosedyren er avsluttet i m/s.

m : Bilens masse i kg.

BL : Bremselengde i meter.

a : Bilens akselerasjon eller i dette tilfellet retardasjon. (m/s^2)

g : Tyngdens akselerasjon ($9,81 m/s^2$).

t : Tid i sekunder.

μ : Friksjonskoeffisienten

Formel 2: Formel for å finne friksjon som benyttes i blant annet C- μ .

Formel for å regne ut friksjonskoeffisienten ved kjent bremselengde og fart:

Det vil si bremsing til full stopp:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv^2 &= F \cdot BL \\ \frac{1}{2}mv^2 &= mg\mu \cdot BL \\ \mu &= \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot BL} \text{ eller } BL = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu} \end{aligned}$$

Symbolforklaring:

BL : bremselengde i meter.

v : er utgangshastighet i m/s før bremsing (v_2 er lik 0 m/s)

g : Tyngdens akselerasjon i m/s^2 ($9,81 m/s^2$)

μ : Friksjonskoeffisienten

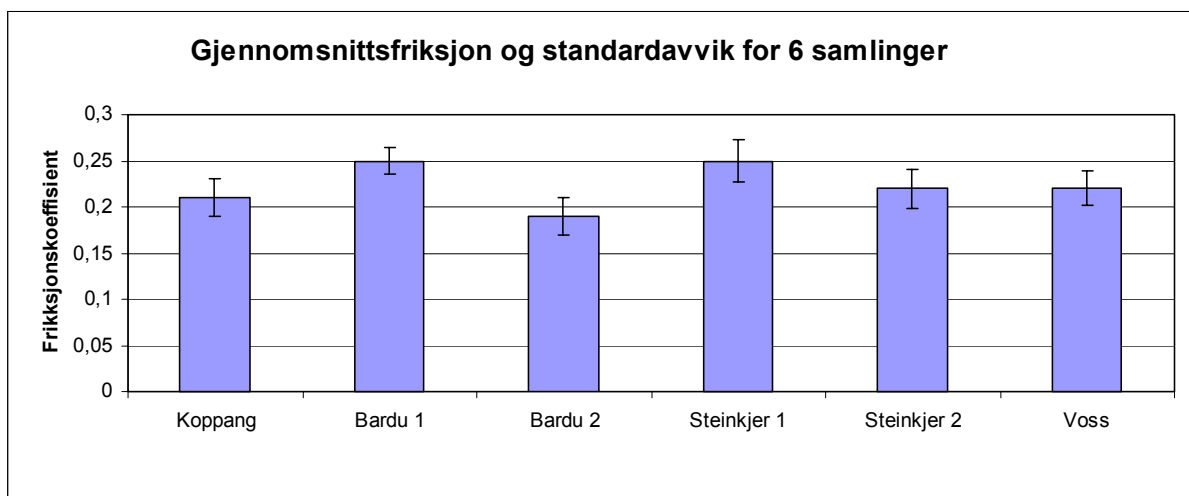
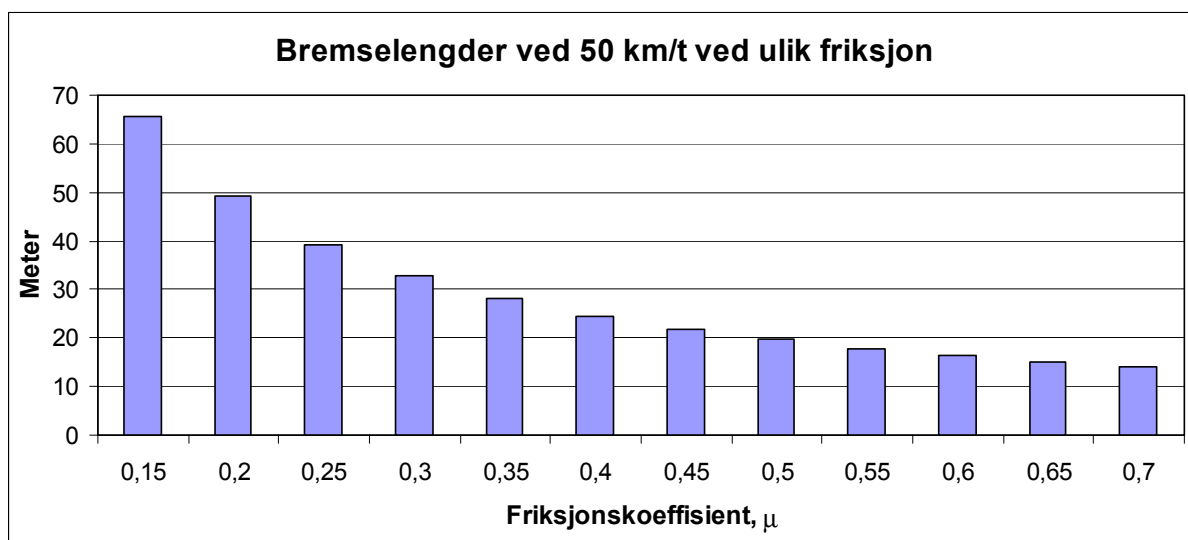
Formel 3: Formel for å finne friksjonskoeffisienten ved kjent bremselengde.

Dersom en regner om fra m/s til km/t og tar med tyngdens akselerasjon blir formelen. Her er altså farten V i km/t:

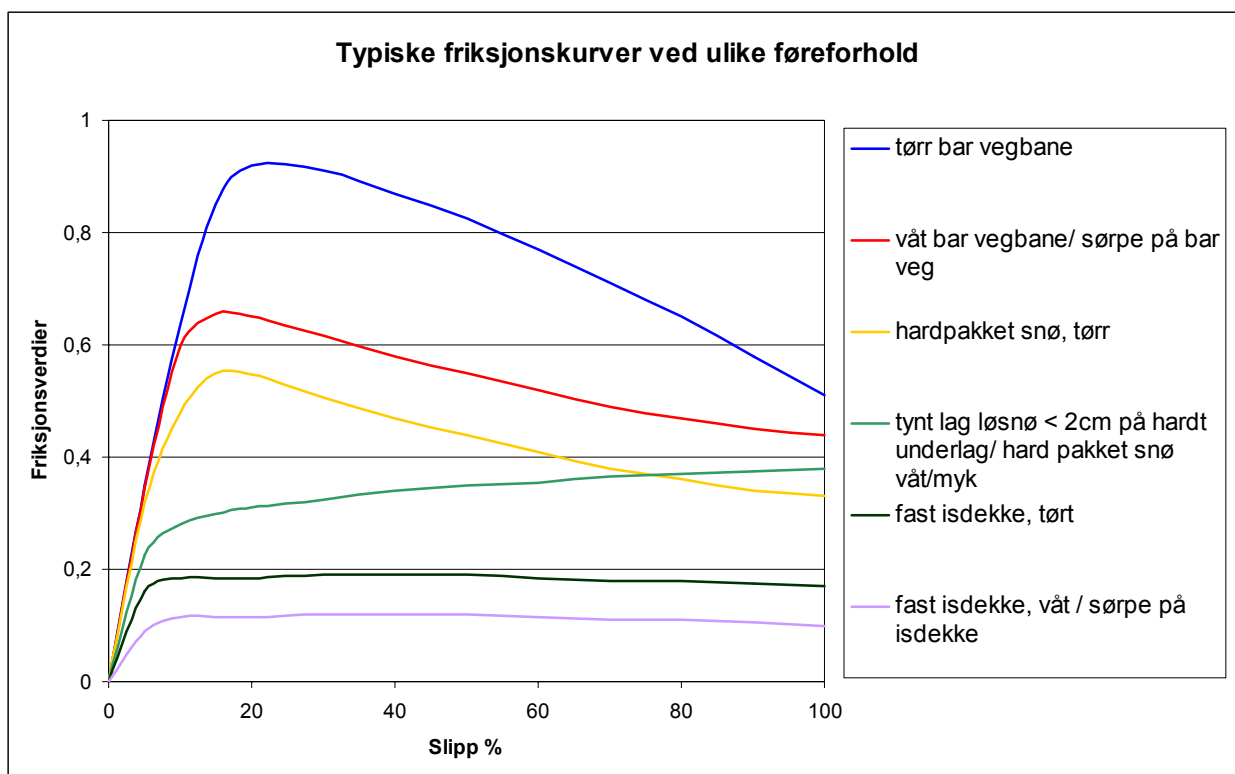
$$\mu = \frac{V^2}{254,3 \cdot BL}$$

Formel 4: Formel for å finne friksjonskoeffisienten ved kjent bremselengde.

Bremselengdene i Figur 16 (Vedlegg 5) er regnet ut ved hjelp av denne formelen.

Vedlegg 4: Gjennomsnittsfriksjon og standardavvik.**Figur 15: Gjennomsnittsfriksjon og standardavvik.****Vedlegg 5: Bremselengder ved ulike friksjonskoeffisienter.****Figur 16: Bremselengder ved ulik friksjon. (Matematisk beregnet ved hjelp av Formel 3)**

Vedlegg 6: Typiske friksjonskurver



Figur 17: Friksjonskurver ved ulike føreforhold. (Statens vegvesen & Norsesmeter, januar. 1995)