

SBF IN A10015 - Åpen

# Rapport

## FoU Indre Romsdal

Feltforsøk på Hjerkinn 2010 – sidefriksjon

**Forfatter(e)**

Dagfin Gryteselv

Terje Giæver



SINTEF Byggforsk

Postadresse:  
Postboks 4760 Sluppen  
7465 TrondheimSentralbord: 73593000  
Telefaks: 73591478byggforsk@sintef.no  
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>  
Foretaksregister:  
NO 948007029 MVA

# Rapport

## FoU Indre Romsdal

Feltforsøk på Hjerkin 2010 – sidefriksjon

EMNEORD:  
Samferdsel  
Vegtrafikk  
Vinterdrift  
FriksjonVERSJON  
1.0DATO  
2010-12-23FORFATTER(E)  
Dagfin Gryteselv  
Terje GiæverOPPDRAKSGIVER(E)  
Statens vegvesen, VegdirektoratetOPPDRAKSGIVERS REF.  
Bård NonstadPROSJEKTNR  
3C0572ANTALL SIDER OG VEDLEGG:  
30 + 7 Vedlegg

### SAMMENDRAG

#### Feltforsøk på Hjerkin 2010 – sidefriksjon

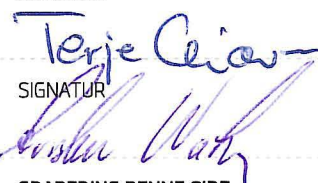
Denne rapporten oppsummerer resultater fra feltforsøk på Hjerkinndammen 2. mars 2010. Her ble det gjort forsøk med personbiler for å finne opptredende sidefriksjon og kritisk hastighet på en preparert islagt vegbane. Det ble prøvd med kjøring i kurver med varierende radius (R=50, 75, 150 og 60 m/sand).

Bremsetester foretatt med personbilene viser friksjonskoeffisienten før lunsj mellom 0,37 og 0,40. Etter lunsj ligger friksjonskoeffisienten på mellom 0,36 og 0,38. TWD-måling for samme område og samme tidspunkt, viser friksjon på hhv 0,22 før lunsj og 0,18 etter lunsj, dvs betydelig lavere. Resultatene viser at TWD-målerene generelt beregner lavere kritisk hastighet enn personbilene med unntak for R=60 (sandet) der TWD-resultat er i samme størrelse, eller høyere enn resultat fra personbilkjøring.

Det virker ikke som det noen registrerbare forskjell knyttet til bruk/ikke bruk av ESP ut fra tilgjengelig datamateriale. Registreringer for personbil tyder på at virkelig kjøreradius er gjennomgående større enn tiltenkt. Temperaturforhold, polering og dermed friksjon virker å ha endret seg gjennom dagen og har sannsynligvis påvirket resultatene.

UTARBEIDET AV  
Dagfin GryteselvSIGNATUR  
KONTROLLERT AV  
Terje Giæver

SIGNATUR

GODKJENT AV  
Arnstein Watn

SIGNATUR

RAPPORTNR  
SBF IN A10015

ISBN

GRADERING  
ÅpenGRADERING DENNE SIDE  
Åpen

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2010-12-23	Godkjent versjon

---

0.9	2010-11-24	Utkast til rapport
-----	------------	--------------------

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrunn for feltforsøket.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Gjennomføring av forsøk.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Resultater.....</b>	<b>9</b>
4.1	Sidefriksjon – kritisk hastighet personbil.....	9
4.1.1	Kurveradius 50 m.....	11
4.1.2	Kurveradius 75 m.....	12
4.1.3	Kurveradius 150 m.....	13
4.1.4	Kurveradius 60 m - sandet.....	14
4.1.5	Oppsummert – personbil.....	15
4.2	Bremseprøver.....	15
4.3	Friksjonsmålinger med TWO-måler.....	18
4.4	Beregnet kritisk hastighet fra TWO-målere.....	20
4.4.1	Kurveradius 50 m - standarddekk.....	21
4.4.2	Kurveradius 75 m - standarddekk.....	22
4.4.3	Kurveradius 150 m - standarddekk.....	24
4.4.4	Kurveradius 60 m - sandet.....	27
<b>5</b>	<b>Oppsummering.....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Erfaringer og vurderinger.....</b>	<b>30</b>

## BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1	Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 50 m - Formiddag
Vedlegg 2	Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 50 m - Ettermiddag
Vedlegg 3	Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 75 m - Formiddag
Vedlegg 4	Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 75 m - Ettermiddag
Vedlegg 5	Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 150 m - Formiddag
Vedlegg 6	Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 150 m - Ettermiddag
Vedlegg 7	Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 60 m sandet - Ettermiddag

## 1 Innledning

Oppfølging av vinterstandard er hovedaktiviteten innenfor prosjektet FoU Indre Romsdal. Prosjektet ble initiert av Statens vegvesen avdeling Møre og Romsdal ved fornyelse av driftsavtalen for kontraktsområde 1503. Kunnskap om og oppfølging av friksjonsforhold er en deloppgave i FoU Indre Romsdal.

Denne rapporten oppsummerer resultater fra feltforsøk på Hjerkinndammen 2. mars 2010. Her ble det gjort forsøk med personbiler for å finne opptredende sidefriksjon på en preparert islagt vegbane. Det ble prøvd med ulike hastigheter og kjøring i kurver med varierende radius. Videre ble opptredende friksjon på rettstrekning målt med bremsetester.

## 2 Bakgrunn for feltforsøket

Ved beregning av bremselengder tas det normalt utgangspunkt i kjøring rett fram, dvs. at all friksjon forutsettes å være tilgjengelig for stans av kjøretøyet. Ved kjøring i kurver vil kjøretøyet ha en vinkel i forhold til kjøreretningen, og dermed blir det en kraft som virker sidevegs som må oppveies av veggrepet, dvs. at en del av friksjonen brukes til å motvirke sidekreftene. Dersom all friksjon utnyttes sidevegs for å styre gjennom svingen blir det ikke noe igjen til nedbremsing.

På en gitt vegstrekning vil målt langsgående friksjon bare være en av flere parametre som sier noe om tilgjengelig veggrep til enhver tid og sted på vegen. Fart, kurveradius og overhøgde (tverrfall) vil til sammen bestemme hvor mye av friksjonen som er tilgjengelig for oppbremsing.

Økte kunnskaper om hvordan sidekrefter i kurver påvirker kjøretøyet er viktig for trafikantene, men også for dimensjonering og bygging av veger og krav til tiltak. Det bør være et mål at kjøreutfordringen for trafikantene skal være jevnest mulig. Problemet er at mange trafikanter ikke tilpasser farten etter forholdene på vinterføre og derved kjører med svært liten sikkerhetsmargin, særlig i kurver. Dette gir seg av og til utslag i utforkjøring og ulykker der kjøretøy kommer over i motsatt kjørebane. Dersom det erfaringsmessig er steder der farten ikke settes tilstrekkelig ned, kan det være aktuelt med skjerpede krav til tiltak og forsterket driftsinnsats. Andre tiltak vil også kunne være trafikantinformasjon.

Vinterfriksjon og sikring av veggrep, samt konsekvenser av mulige forskyvninger av geografiske klimasoner, er blant stikkordene som det arbeides med i andre prosjekt (bl.a i etatsprosjektet Klima og transport). Endring av disse faktorene vil kunne gi variable og ulike vinterforhold og påvirke kjøreutfordringene til trafikantene.

Dette forsøket er ment å belyse, gi ny kunnskap om, og kanskje gi noen svar på en del av disse problemstillingene. Det er også ønskelig å få kunnskap om beregning av forsvarlig fart i kurver på vinterføre.

## 3 Gjennomføring av forsøk

Forsøket ble gjennomført på isen på Hjerkinndammen. Hjerkinndammen ligger ved FV29 og E6 på Hjerkinne i Dovre kommune i Oppland fylke, se kart i Figur 3.1.



**Figur 3.1** Hjerkinndammen (Kartkilde: NVDB)

Det ble brøytet og preparert aktuelle baner før kjøring på isen, se Figur 3.2. Kurver med følgende radier og føreforhold var anlagt:

- R=50, snø-/isdekke
- R=60, sandstrødd snø-/isdekke
- R=75, snø-/isdekke
- R=150, snø-/isdekke

I kurven med radius 60 m var det strødd og ”steamet”, slik at sanden delvis var frosset fast i isdekket. Strøingen skjedde manuelt. GPS-logg som viser de ulike kurveelementene er tatt inn i Figur 3.3. Kurveelementene varierte noe i lengde; fra ca 100-150 m ved R=50 til 300-400 m ved R=150.

Det ble kjørt med 5 ulike personbiler, se oversikt i Tabell 3.1. Her er det vist noen tekniske data om de enkelte kjøretøyer: Biltype, egenvekt, dekktype og målt dekkhardhet.

**Tabell 3.1** Oversikt personbiler

Bilident	Biltype	Vekt	Dekk	Dekktype (Prodår / uke)	Dekkhårdhet	
					Shore 1	Shore 2
A	VW Caddy TDI 4 Motion Life	1661	Piggfri	Conti Viking Contact 5 (2009)	48	49
B	VW Passat 4mot stasj.vogn	1671	Piggfri	Continental (2009 / 25)	50	54
C	BMW 320D 4WD	1680	Piggfri	Yokohama Ice Guard (2009)	50	
D	Mitsubishi Pajero	2300	Piggdekk	Conti 4x4 Ice Contact (2007 / 48)	55	
E	Suzuki SXY	1310	Piggfri	Nokian Hakapelitta (2009 / 39)	56	





**Figur 3.2**      **Preparering av testbane**



**Figur 3.3** GPS-logg over baner på Hjerkinndammen

Sjåførene ble bedt om å kjøre med jevn fart i de ulike kurveelementene. Man startet med relativt lav fart for å unngå slipp i kurvene ved første gangs gjennomkjøring. Deretter økte man farten med 5 km/t ved hver påfølgende kjøring i det aktuelle kurveelementet til man oppnådde slipp. Deretter ble sjåførene bedt om å kjøre noen turer omkring ”slippfarten”.



**Figur 3.4** Kjøretøy med slipp i kurve

Hver enkelt kjøring ble loggført av sjåførene, og i loggen ble det angitt tidspunkt, kurveradius, fart og hvorvidt sjåføren la merke til at kjøretøyet fikk slipp i kurven.



Alle kjøretøyene hadde antiskrenssystem (ESP) og det ble kjørt både med og uten ESP. Dette ble også loggført av sjåførene. Bilene av type Mitsubishi og Suzuki vekslet mellom å kjøre med 2- og 4-hjulstrekk. Dette ble også loggført. De øvrige kjøretøyene kjørte med 4-hjulstrekk.

Ved R=50 ble det startet med en speedometerfart på 40 km/t, ved R=75 en fart på 50 km/t, ved R=150 en fart på 60 km/t og ved R=60 (strødd) en fart på 55 km/t.

Alle kjøretøyene var utstyrt med GPS-utstyr slik at hver enkelt tur kunne dokumenteres og muliggjøre kobling med sjåførenes logg. Speedometerfarten ligger konsekvent noe over virkelig fart målt med GPS, slik at slippfarten er noe lavere enn det sjåførene angir.



**Figur 3.5** Kjøring i kurve



**Figur 3.6** Bremsetest



**Figur 3.7 Frikksjonsmålebil - TWO**

For å måle opptredende friksjon på de ulike banene ble to stk TWO-frikksjonsmålere benyttet, se Figur 3.7. Disse målerne var i tillegg til måling av bremsefrikksjon, utstyrt med en innretning for beregning av sidevegs akselerasjon (akselerometer) og retningsendring (gyro) for å være i stand til å beregne tilgjengelig friksjon i kurve og dermed også "kritisk hastighet".

Kritisk hastighet er maksimal hastighet i en kurve for å ha tilstrekkelig friksjon til å styre gjennom svingen uten skrens.

Foreløpig håndterer TWO-målerne bare horisontal veg (uten tverrfall). Resultater fra TWO-målingene er også sammenholdt med personbilmålinger.

## 4 Resultater

I dette kapitlet er resultater fra målinger og analyser vist. Det er i kapittel 4.1 vist eksempel på fart-/distansediagram for kjøring med personbiler i de ulike kurvene. Ut fra tilbakemeldinger fra sjåfører om slipp (skrens) /ikke slipp, samt fartsprofilen som framkommer, ønsker en å finne hvilken hastighet som er den maksimale i kurven, dvs "kritisk hastighet". I Vedlegg 1- Vedlegg 7 er det vist flere fart-/distansediagram for kjøring med personbiler i de ulike kurvene. Videre er det i kapittel 4.2 presentert resultater fra friksjonsmålinger ved bremseforsøk på rettstrekning utført med personbil.

Resultater fra TWO-målingene er videre presentert i kapittel 4.3 og 4.4, henholdsvis for friksjonsmålinger i de ulike kurvene og TWO-beregnet "kritisk hastighet" i kurve. I forbindelse med kritisk hastighet er også beregnet kurveradius vist.

### 4.1 Sidefrikksjon – kritisk hastighet personbil

I dette avsnittet er resultater fra noen av kjøringene med personbil i kurver vist. I Vedlegg 1 - Vedlegg 7 er det vist flere diagrammer. Det er bare vist diagrammer fra kjøringene med kjøretøy A. Diagrammene viser fart som funksjon av distanse langs kurven med data fra GPS-logg. De grønne og røde vertikale linjer i diagrammet markerer omtrentlig plassering av kurven langs kjørelinjen der radius er som angitt dersom det kjøres etter planlagt linje. Det er også beregnet "virkelig" kurveradius med basis i registrerte GPS-data for hver kjøring, dvs retningsendring/vinkelendring langs kurven og kurvelengde/kjørt distanse. Formel for kurveradius:

$$R_b = \frac{\Delta b}{\Delta\Theta} \quad , \text{ der } \Delta b \text{ er buelengde (kjørt distanse), og } \Delta\Theta \text{ er vinkelendring langs buen}$$

Beregnet kurveradius,  $R_b$  avviker en del fra planlagt kurveradius.

Kjøresporene uten slipp for de enkelte kjøretøyene i de ulike kurvene (Figur 4.1) følger ikke helt de oppmerkede radiene i kurvene og varierer en del. Forskjellene er som følger (gjelder bare turer uten rapportert slipp):

- Kurve R=50, beregnet kjørespor  $R_b = 57\text{-}63$  m
- Kurve R=60, beregnet kjørespor  $R_b = 62\text{-}64$  m
- Kurve R=75, beregnet kjørespor  $R_b = 92\text{-}95$  m
- Kurve R=150, beregnet kjørespor  $R_b = 182\text{-}194$  m



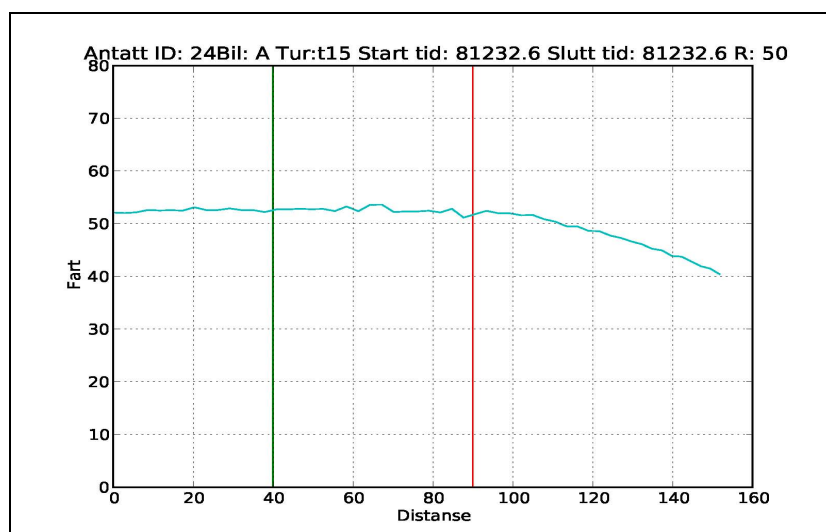
**Figur 4.1** Områder for uthenting av fartsdata

Noe av grunnen til disse forskjellene er at kjøretøyene får slipp på noen turer, men selv turer uten slipp foregår langs kurver som har større radius enn de oppmerkede kurvene.

Det er skilt på kjøring på formiddag og ettermiddag. R=60 (sandet) ble bare kjørt etter lunsj. Ettermiddagskjøring gir noe lavere kritisk hastighet (4-10 km/t).

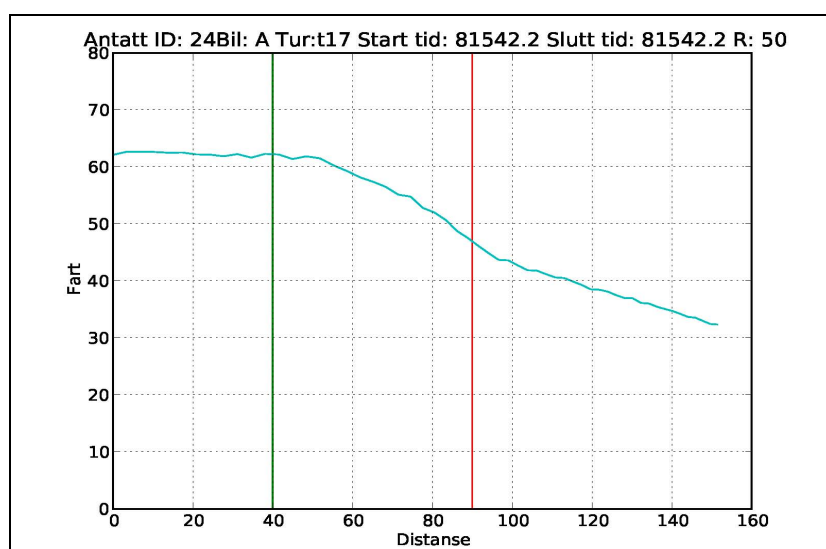
### 4.1.1 Kurveradius 50 m

I Figur 4.2 nedenfor er det vist fartsprofilen til kjøretøy A (formiddag) gjennom kurven med radius 50 m ved en oppgitt fart på 55 km/t. GPS-målingen viser at kjøretøyet holder en fart på ca 52-53 km/t gjennom hele kurven, og det er ikke antydning til slipp. Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes i figurtekst. Flere fartsprofil for  $R=50$  er vist i Vedlegg 1 (formiddag) og Vedlegg 2 (ettermiddag).



**Figur 4.2 Bil A uten ESP, oppgitt fart 55 km/t, kurve  $R=50$  m ( $R_b=63$ )**

I turen angitt i Figur 4.3 angir sjåføren slipp. Ut fra disse figurene (og de som er vist i Vedlegg 1) kan det antydes en slippgrense på mellom 55 og 60 km/t. I Figur 4.3 kjører sjåføren med en fart på 62 km/t inn i kurven, og det er nokså tydelig at kjøretøyet får slipp.



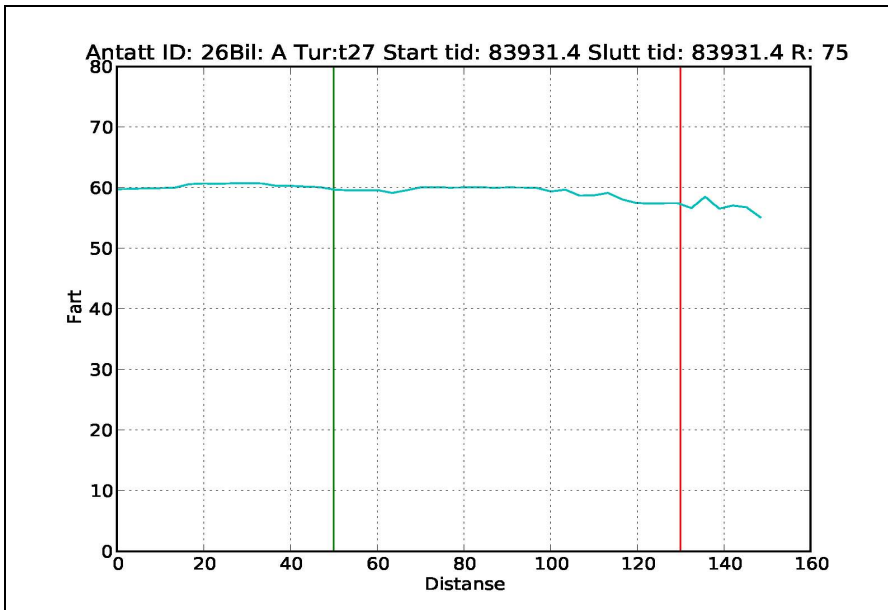
**Figur 4.3 Bil A uten ESP, oppgitt fart 65 km/t, kurve  $R=50$  m ( $R_b=65$ ), sjåfør rapporterte slipp**

Ut fra ovenstående observasjoner ser det ut til at slippgrensen for kjøretøy A ved  $R=50$  ligger rundt 55 km/t. Dette gjelder både ved kjøring med og uten ESP. Det kan legges til at kjøretøyet kjørte med 4-hjulstrekk ved alle kjøringene.

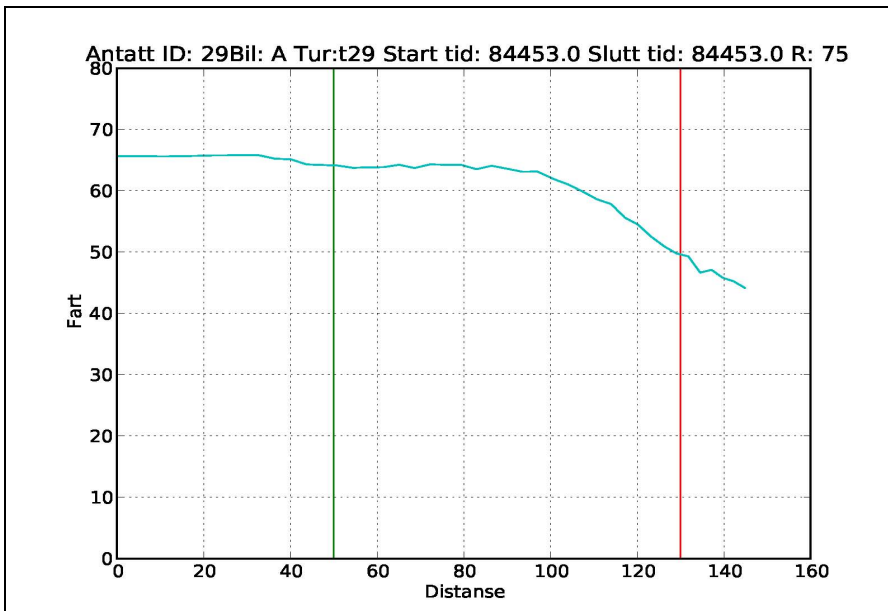


### 4.1.2 Kurveradius 75 m

I Figur 4.4 og Figur 4.5 nedenfor kjører kjøretøy A (formiddag) uten ESP i kurve med  $R=75$  m. Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes. Flere fartsprofil for  $R=75$  er vist i Vedlegg 3 og Vedlegg 4. Ved inngangsfart 60 km/t får ikke kjøretøyet slipp, men ved fart 66 km/t slipper kjøretøyet i kurven. Slippgrensen ligger dermed et sted mellom 60 og 66 km/t.



**Figur 4.4 Bil A uten ESP, oppgitt fart 65 km/t,  $R=75$  m ( $R_b=95$ )**

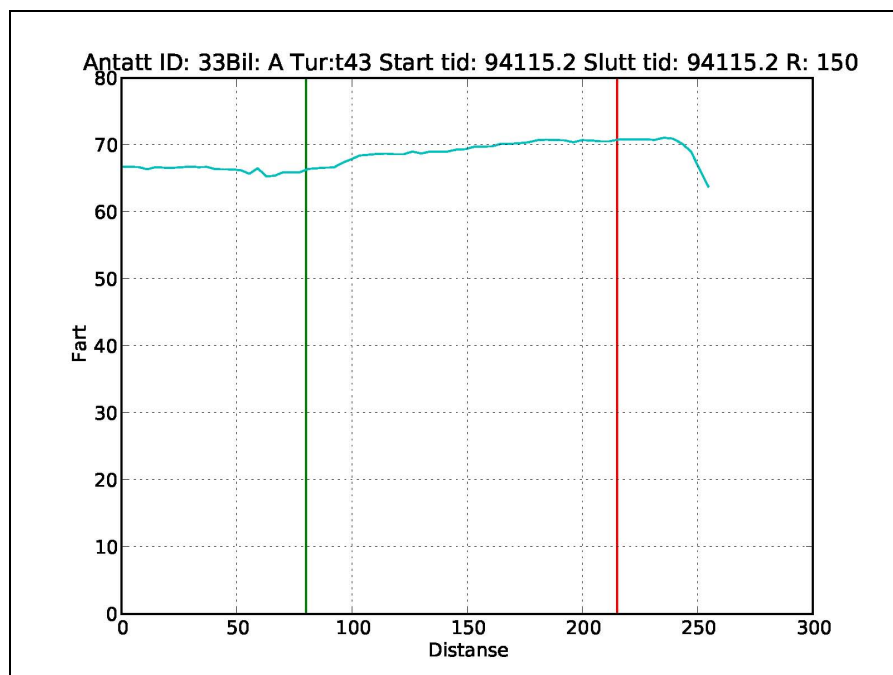


**Figur 4.5 Bil A uten ESP, oppgitt fart 65 km/t,  $R=75$  m ( $R_b=95$ ), sjåfør rapporterte slipp**

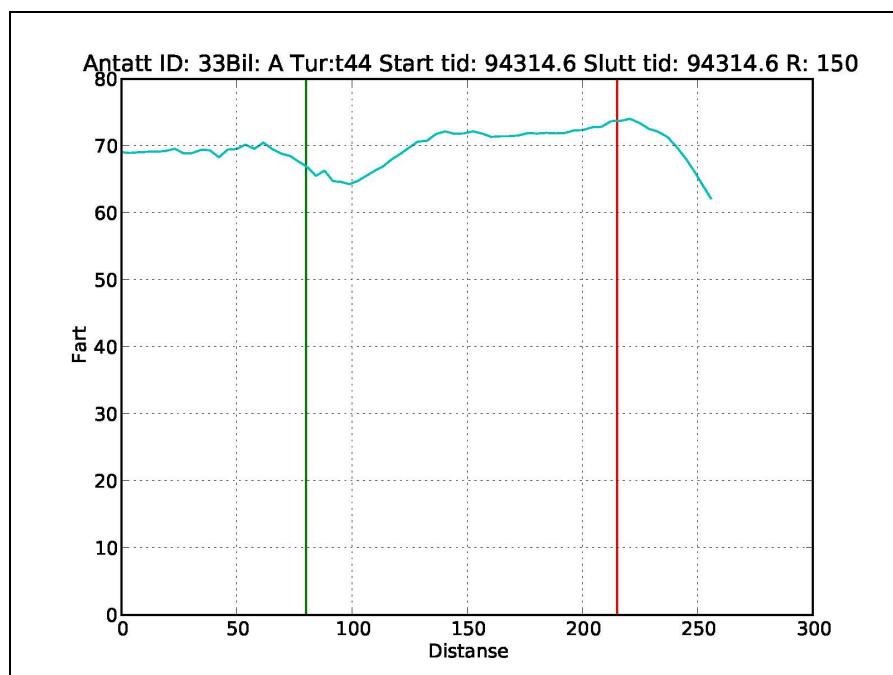
Ved  $R=75$  ser det ut til at slippfarten ligger på et sted mellom 60 og 65 km/t, både ved bruk av ESP og uten ESP.

### 4.1.3 Kurveradius 150 m

I Figur 4.6 og Figur 4.7 nedenfor viser fartsprofil for kjøretøy A (formiddag) gjennom kurve med radius  $R=150$  m, uten at ESP er innkoblet. Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes. Kjøretøyet får ikke slipp ved fart 70 km/t, men ved 72-73 km/t blir det rapportert slipp. Flere fartsprofil er vist i Vedlegg 5 og Vedlegg 6.



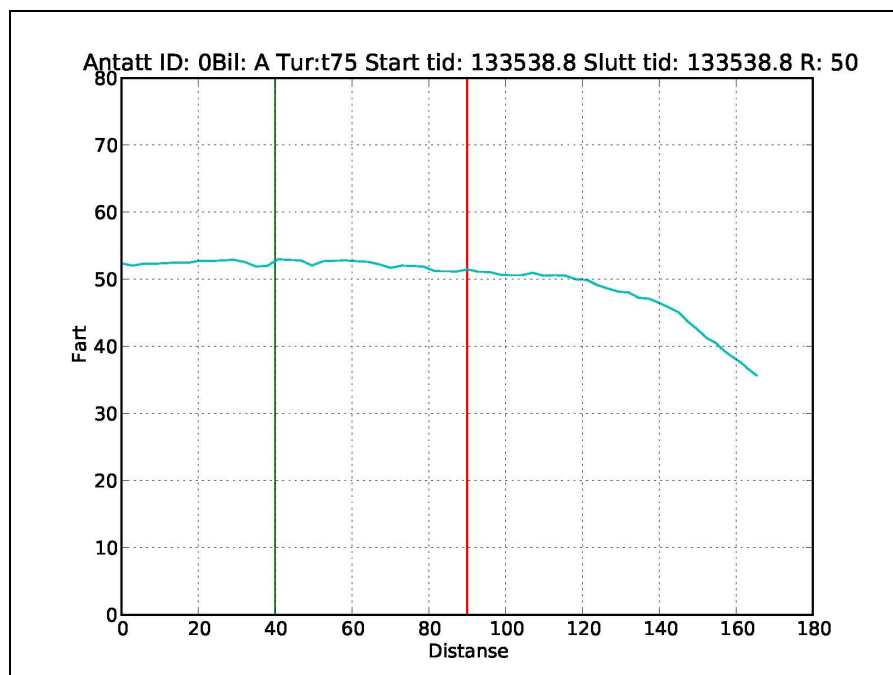
**Figur 4.6 Bil A uten ESP, angitt fart 70 km/t,  $R=150$  m ( $R_b=185$ )**



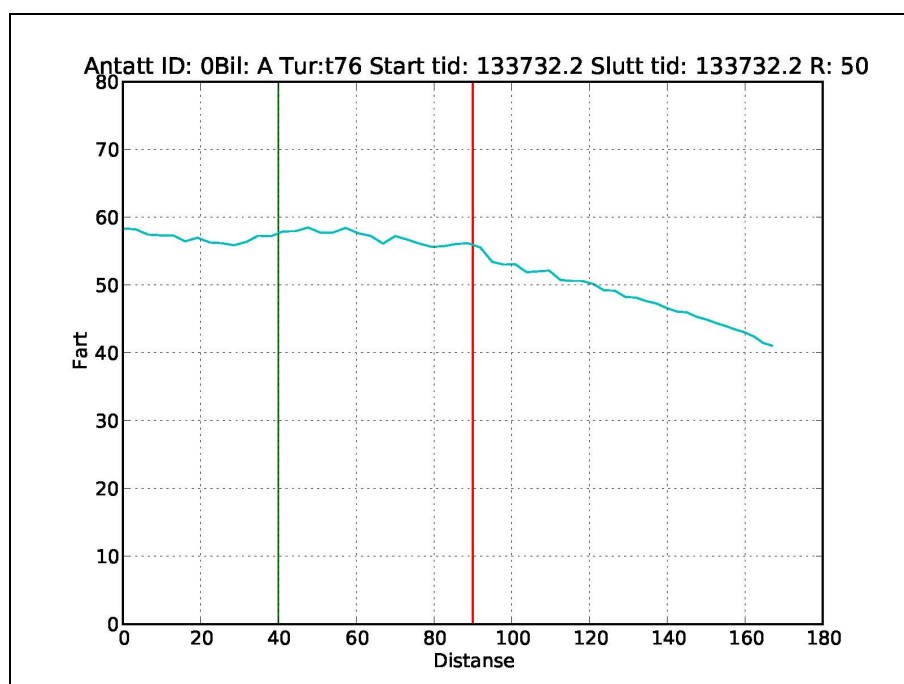
**Figur 4.7 Bil A uten ESP, angitt fart 75 km/t,  $R=150$  m ( $R_b=183$ ), sjåfør rapporterer slipp**

#### 4.1.4 Kurveradius 60 m - sandet

I Figur 4.8-Figur 4.9 nedenfor er det vist to turer med kjøretøy A (kun ettermiddag) i kurve R=60 m (sandet). Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes. Det ble kjørt med ESP. Ut fra figurene kan det tolkes om slippfarten ligger i området 52-57 km/t.



**Figur 4.8 Bil A med ESP, oppgitt fart 55 km/t, R=60 m ( $R_b=62$ )**



**Figur 4.9 Bil A med ESP, oppgitt fart 60 km/t, R=60 ( $R_b=63$ ), sjåfør rapporterte slipp**

### 4.1.5 Oppsummert – personbil

I Tabell 4.1 og Tabell 4.3 er oppsummerte data for kjøring med personbil vist. Her er alle kjøringene hhv før og etter lunsj med de 5 kjøretøy (A, B, C, D og E) gjennomgått og det er anslått kritisk hastighet på tilsvarende måte som beskrevet i foregående avsnitt. Alle kjøringene med kjøretøy A er vist i Vedlegg 1 - Vedlegg 7.

**Tabell 4.1 Registrerte kritiske hastigheter (slippfart) for ulike kjøretøy i kurver – før lunsj**

Kjøretøy / Radius	Registrert kritisk hastighet ved ulike radier (km/t)			
	R=50 m	R=75 m	R=150 m	R=60 (sandet)
A - Caddy-Børge	55	60-65	70-75	-
B - Passat-Vidar	54-57 (u-m)	62-66 (u-m)	67-72 (m/u)	-
C - BMW-Ole	52-56 (u)	60-65 (u)	66-69 (u)	-
D - Pajero-Karl	46-47	50-55	55-60	-
E - Suzuki-Torgeir	52-55 (m)	61-62 (u/m)	67-68 (u/m)	-

u: uten ESP, m: med ESP, m/u: både med og uten ESP

**Tabell 4.2 Registrerte kritiske hastigheter (slippfart) for ulike kjøretøy i kurver – etter lunsj**

Kjøretøy / Radius	Registrert kritisk hastighet ved ulike radier (km/t)			
	R=50 m	R=75 m	R=150 m	R=60 (sandet)
A - Caddy-Børge	45	57-60	65-70	52-55
B - Passat-Vidar	45-50 (m)	50-55 (m)	60-63 (m)	48-52 (m)
C - BMW-Ole	< 49 (u)	-	62-65 (u)	-
D - Pajero-Karl	-	-	-	-
E - Suzuki-Torgeir	48-52 (m)	55-58 (u)	60-62 (u/m)	50-52 (m)

u: uten ESP, m: med ESP, m/u: både med og uten ESP

Ettermiddagskjøringene i Tabell 4.2 viser 4-10 km/t lavere hastighet enn formiddagskjøringene. Det virker ikke som det noen registrerbar forskjell knyttet til bruk/ikke bruk av ESP ut fra tilgjengelig datamaterial. Dessuten er det liten forskjell mellom kjøring i R=50 m og R=60 m (sandet). Registreringene tyder på at virkelig kjørt radius er forholdsvis lik i disse tilfellene. Til tross for det burde det være en større forskjell siden målt friksjon er betydelig høyere for R=60 m (se avsnitt 4.3). Gjennomgående er det gjennom GPS-registreringene dokumentert at kjørte kurver har radier er større enn tiltenkte (teoretiske) radier:

- Kurve R=50, beregnet kjørt radius,  $R_b = 57-63$  m
- Kurve R=60, beregnet kjørt radius  $R_b = 62-64$  m
- Kurve R=75, beregnet kjørt radius  $R_b = 92-95$  m
- Kurve R=150, beregnet kjørt radius  $R_b = 182-194$  m

## 4.2 Bremsprøver

Den enkleste metoden for å bestemme friksjonskoeffisienten er å måle bremselengden til full stopp for et kjøretøy som bremses med maksimal bremskraft. Friksjonskoeffisienten kan beregnes ved hjelp av følgende formel:

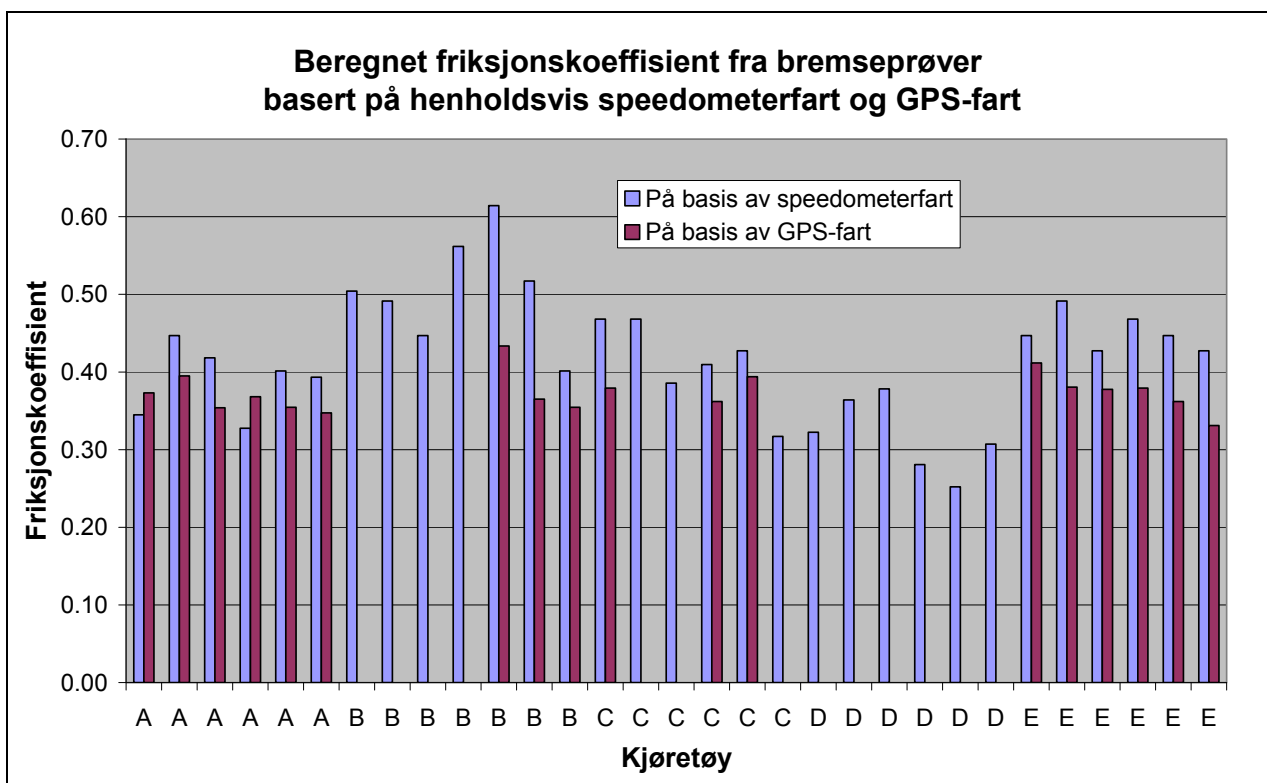
$$\mu = \frac{v^2}{254,3 * L} \quad \text{hvor:}$$



$\mu$  er friksjonskoeffisienten  
 $v$  er kjøretøyets fart før oppbremsing [km/t]  
 $L$  er målt bremselengde [meter]

Det ble foretatt 3 bremseprøver for hvert kjøretøy i to omganger; én omgang før lunsj og én etter lunsj. Førerne av kjøretøyene ble bedt om å holde en fart på 50 km/t og foreta bremsing ved et på forhånd merket punkt. En observatør kontrollerte hvor kjøretøyene startet selve bremsingen, og eventuell for tidlig/sen bremsing ble lagt til/trukket fra den oppmålte bremselengden fra det på forhånd fastsatte bremsepunktet.

Resultater fra bremseprøvene er angitt i Figur 4.10 og i Tabell 4.3 på de neste sidene.



**Figur 4.10** Beregnet friksjonskoeffisient fra bremseprøver

På grunn av at speedometerfarten er noe høyere en reell fart (GPS-målt) blir virkelig friksjon noe lavere enn det speedometerfarten skulle tilsi. Ikke alle bremseprøver er dokumentert med GPS- målinger, men blant de kjøretøy vi har GPS-målinger fra varierer friksjonskoeffisienten før lunsj mellom 0,37 og 0,40. Etter lunsj ligger friksjonskoeffisienten på mellom 0,36 og 0,38. TWO-måling for samme strekning som bremseprøvene ble utført på (rettstrekning før 150 m kurve) og samme tidspunkt viser friksjon på hhv 0,20-0,22 før lunsj (kl 10:34) og 0,18 etter lunsj (kl 15:00), dvs betydelig lavere.

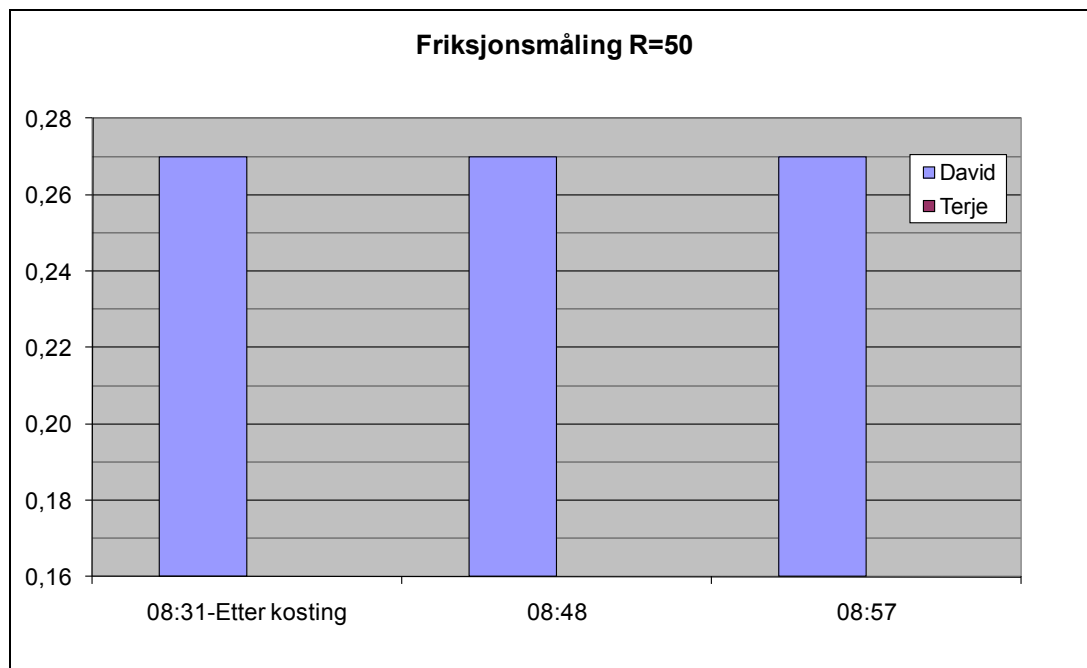
Temperaturregistreringer fra manuelle målinger og TWO-målingene viser en temperaturøkning både i luft og veg/is i løpet av dagen. Lufttemperatur på morgenen ble registrert til -7/-9 °C. Veg/is-temperatur var ca -10 / -11 °C. På ettermiddagen steg registrert lufttemperatur til ca -1/-3 °C. Tilsvarende for veg/is: ca -5/-6.°C

**Tabell 4.3 Beregnet friksjonskoeffisient fra bremseprøver**

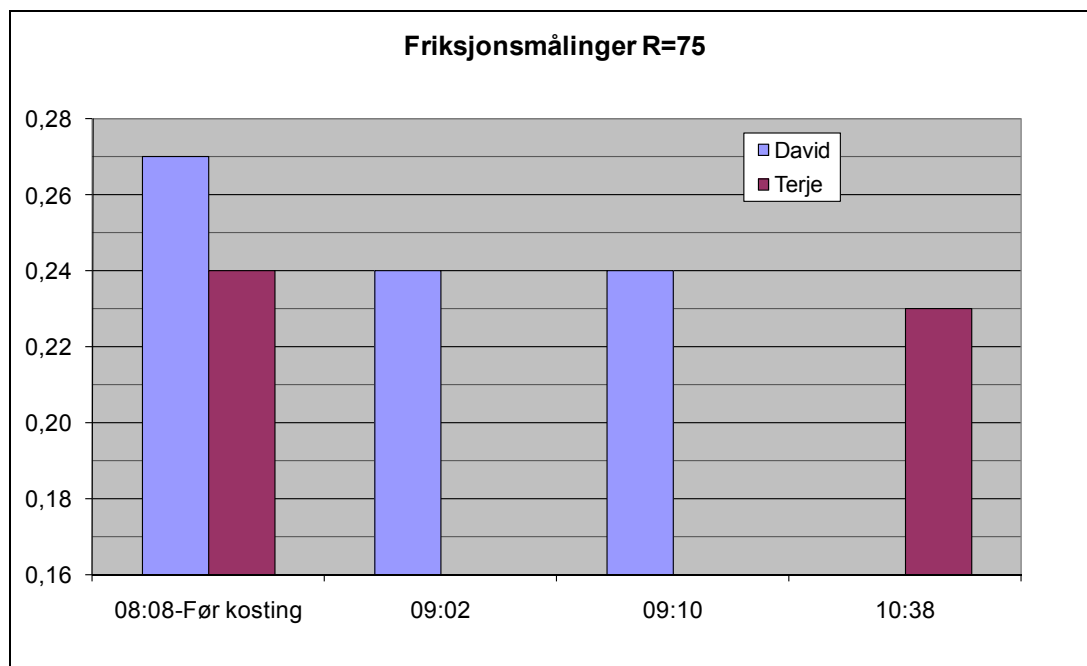
Kjøretøy	Fart (km/t)	Målt bremse-lengde (m)	Beregnet friksjon	GPS-fart (km/t)	Korrigert friksjon (GPS)
A Før lunsj	50	28,5	0,34	52	0,37
	50	22,0	0,45	47	0,39
	50	23,5	0,42	46	0,35
A Etter lunsj	50	30,0	0,33	53	0,37
	50	24,5	0,40	47	0,35
	50	25,0	0,39	47	0,35
B Før lunsj	50	19,5	0,50		
	50	20,0	0,49		
	50	22,0	0,45		
	50	17,5	0,56		
B Etter lunsj	50	16,0	0,61	42	0,43
	50	19,0	0,52	42	0,37
	50	24,5	0,40	47	0,35
C Før lunsj	50	21,0	0,47	45	0,38
	50	21,0	0,47		
	50	25,5	0,39		
C Etter lunsj	50	24,0	0,41	47	0,36
	50	23,0	0,43	48	0,39
	50	31,0	0,32		
D Før lunsj	50	30,5	0,32		
	50	27,0	0,36		
	50	26,0	0,38		
D Etter lunsj	50	35,0	0,28		
	50	39,0	0,25		
	50	32,0	0,31		
E Før lunsj	50	22,0	0,45	48,0	0,41
	50	20,0	0,49	44,0	0,38
	50	23,0	0,43	47,0	0,38
E Etter lunsj	50	21,0	0,47	45,0	0,38
	50	22,0	0,45	45,0	0,36
	50	23,0	0,43	44,0	0,33

### 4.3 Friksjonsmålinger med TWO-måler

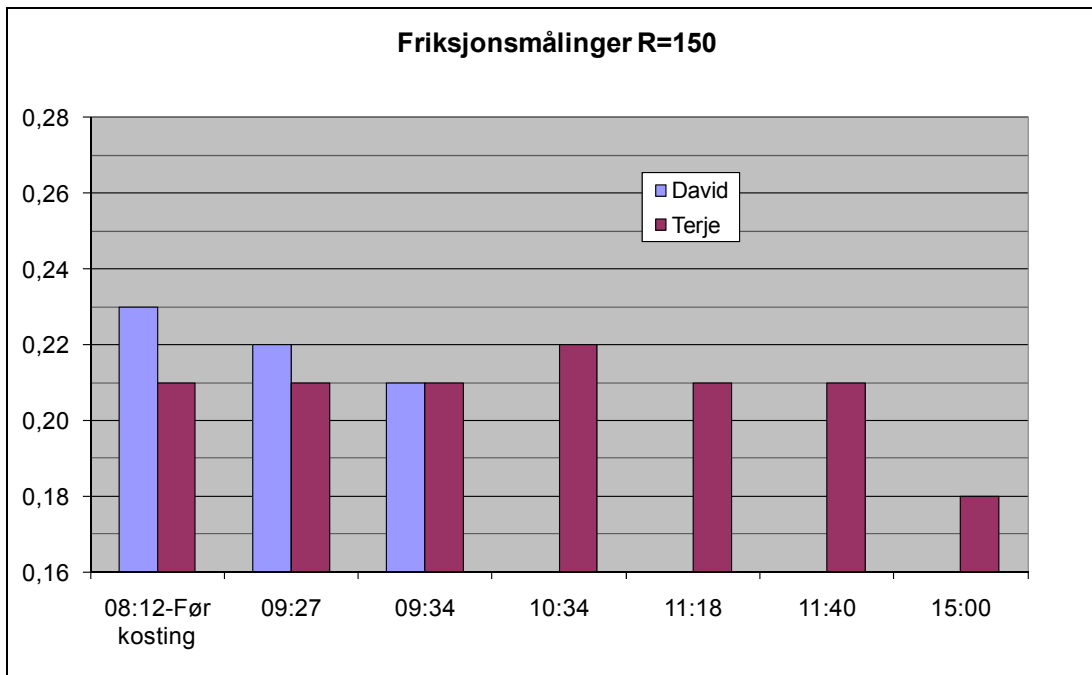
Det ble fortatt kjøring med TWO-målere i de ulike kurvene. Her ble friksjon målt/registrert på ordinær måte (17,8 % slipp). Resultater fra friksjonsmålinger er vist i Figur 4.11 - Figur 4.14 nedenfor.



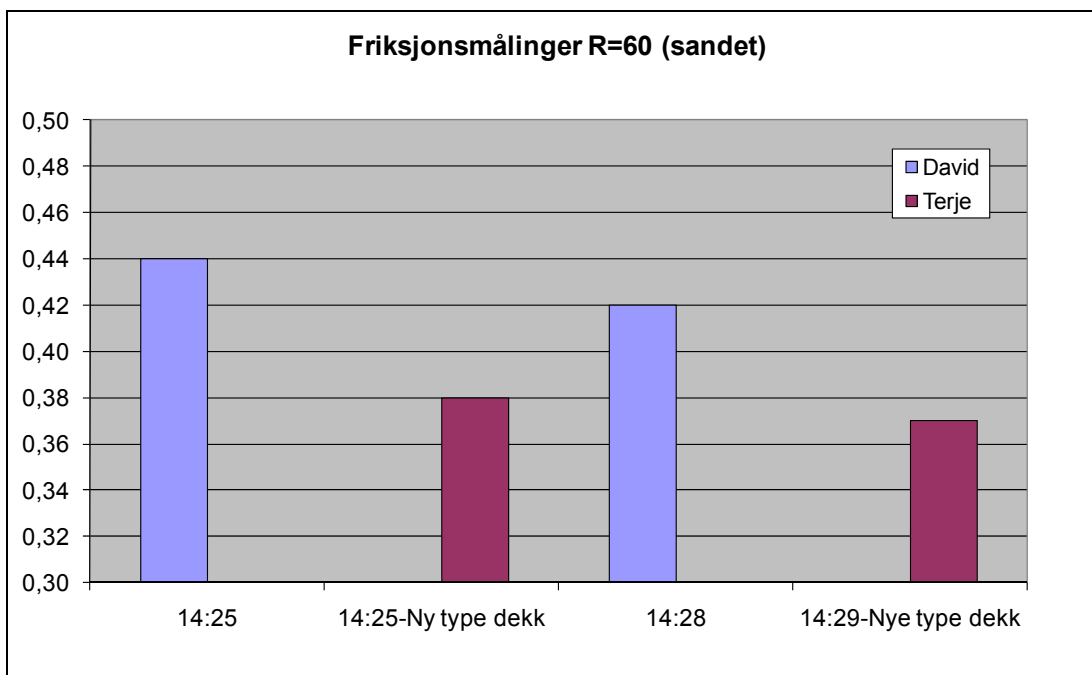
**Figur 4.11** Friksjonsmålinger TWO ved radius R=50 m



**Figur 4.12** Friksjonsmålinger TWO ved radius R=75 m



**Figur 4.13** Friksjonsmålinger TWO ved radius R=150 m



**Figur 4.14** Friksjonsmålinger TWO ved radius R=60 m (sandet)



Friksjonsmålingene er utført både med standard rillet dekk, og med en ny type rillet målehjul med Nokian vintergummi. Bare ettermiddagskjøringene på R=60 ble kjørt samtidig med standard dekk og ny type og er sammenlignbare. De øvrige kjøringene med ny type gummi er ikke vist her.

*Målingene før lunsj* (frem til kl 12) viser stort sett friksjonsverdier i området 0,21-0,27 i kurvene uten strøtiltak. Det måles høyest friksjon i kurven med radius R=50 m, noe lavere i kurven med radius R=75 m og lavest i kurven med radius R=150 m. Noe av forklaringen på dette er sannsynlig en redusert friksjon med økende temperatur utover dagen. En luft- og bakketemperatur på henholdsvis -7 og -11 °C rundt kl 09:00 steg et par grader frem mot kl 10:30.

*Etter lunsj* har vi kun en måling med standarddekket. Dette gjelder kurven med radius 150 m, og friksjonskoeffisienten er 0,18. Friksjonsmålinger i kurven med radius 60 m som er sandet viser en friksjonskoeffisienten 0,42 - 0,44 med standarddekk. Tilsvarende kjøring med ny type dekk viser noe lavere friksjon: 0,37 - 0,38. Her er det tilsynelatende noe forskjell mellom de to målerne.

Bremseprøvene med testkjøretøyene (avsnitt 4.2) viste friksjonskoeffisienter før lunsj på mellom 0,37 og 0,40. Etter lunsj lå friksjonskoeffisienten på mellom 0,36 og 0,38. Dette er vesentlig høyere verdier enn TWO-målerne viser.

#### 4.4 Beregnet kritisk hastighet fra TWO-målere

I tillegg til ordinære friksjonsmålinger med TWO ble det ut fra akselerometer- og gyromålinger beregnet kritisk hastighet langs kjørekurven med den nye funksjonen i TWO-måleren. Fra registrert hastighet og sideakselerasjon (pga sentripetalkraft) under måling, kan kurveradius under kjøring,  $R$ , beregnes etter følgende formel:

$$R = \frac{v_m^2}{3,6^2 * a} \quad \text{hvor:}$$

$v_m$  er målt hastighet [km/t]

$a$  er målt sentripetalakselerasjon [ $m/s^2$ ]

Kritisk hastighet,  $v_k$  [km/t], kan da beregnes ut fra formel:

$$v_k = 3.6 * \sqrt{9.81 * \mu * R} \quad \text{hvor:}$$

$\mu$  er målt friksjonskoeffisient

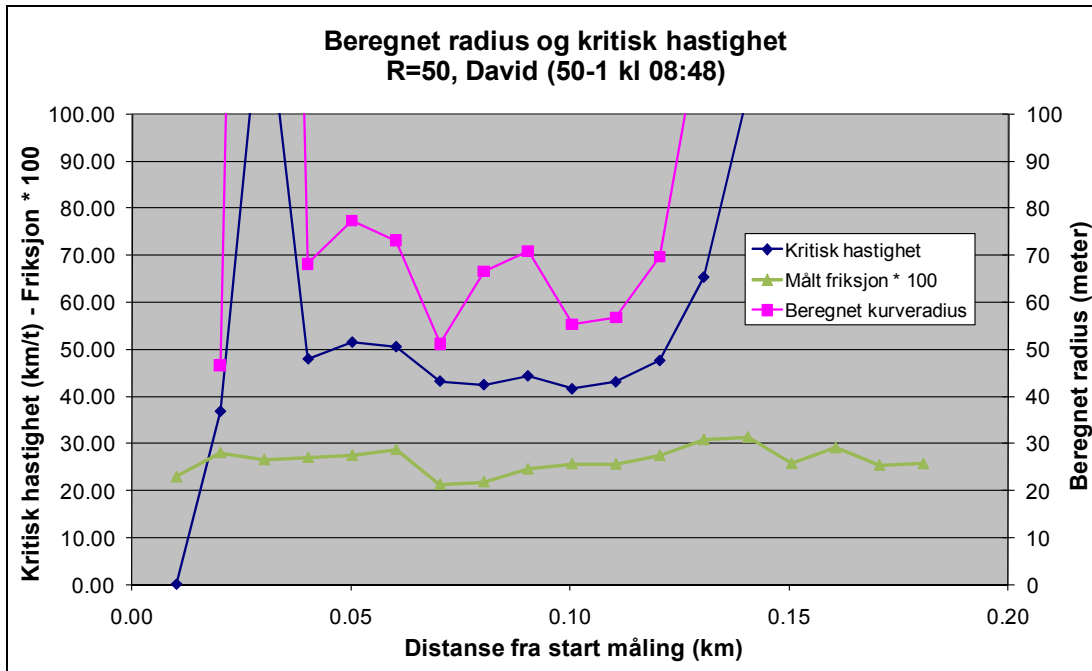
$R$  er radius som beregnet i formel over [m]

Resultatene fra TWO-målingene kommer med ferdig beregnet kritisk hastighet. Med utgangspunktet i dette er det tilbakeberegnet tilhørende kurveradius.

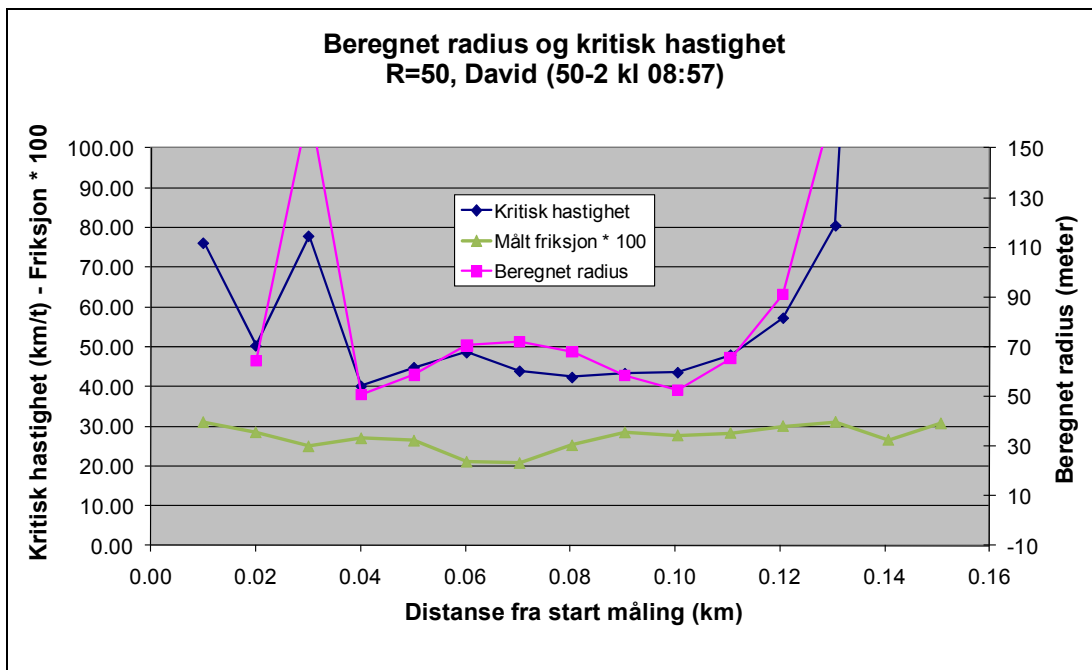
Kurver for kritisk hastighet, radius og målt friksjon er vist som funksjon av utkjørt distanse i diagrammene i det etterfølgende. Ut fra diagrammene, og innenfor kjøreområde med antatt riktig kurveradius, er det forsøkt å lese av opptredende kritiske hastighet, tilhørende kurveradius og friksjon. Verdiene for kritisk hastighet og dermed beregnet radius varierer en god del, spesielt for kurveradius R=150, og det er til dels vanskelig å finne noen gjennomsnittlige verdier som kan brukes. For noen målinger er det bra samsvar mellom målt friksjon og endring i kritisk hastighet og radius, men for flere målinger, spesielt for R=150, er det til dels stort sprik mellom endring i friksjon og endring i beregnet kritisk hastighet.

#### 4.4.1 Kurveradius 50 m - standarddekk

Figur 4.15 og Figur 4.16 under viser resultater fra TWO-målinger i kurve med  $R=50\text{m}$ . Her ser det ut til at kritisk hastighet ligger i området 45-50 km/t, avlest i noenlunde stabilt område langs kjøringen. Tilsvarende radius er beregnet til å ligge i området 50-70 m. Friksjon er ca 0,25.



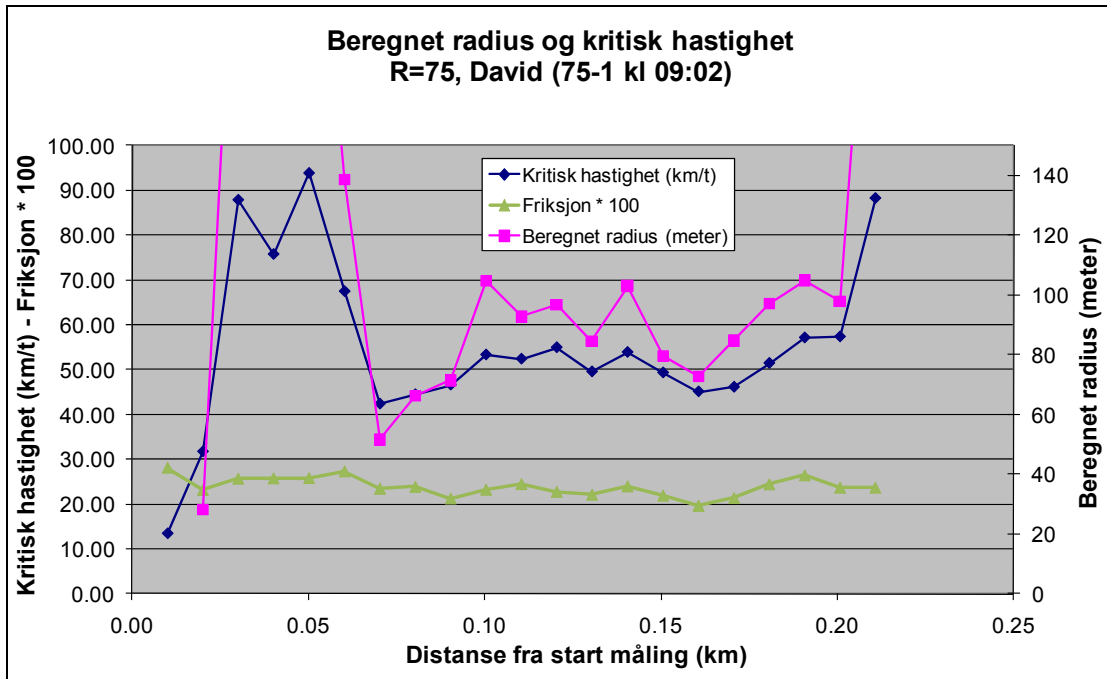
Figur 4.15 TWO-data ved radius  $R=50\text{ m}$  (Snittverdier:  $v \approx 46\text{ km/t}$ ,  $R \approx 65\text{ m}$ ,  $\mu \approx 0,25$ )



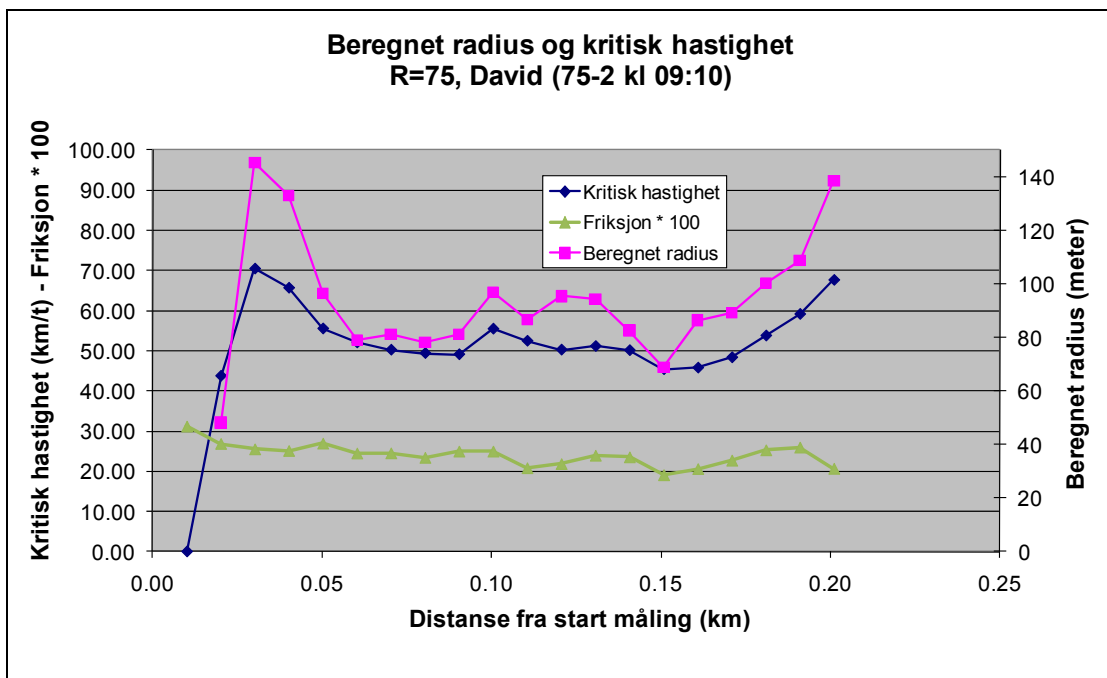
Figur 4.16 TWO-data ved radius  $R=50\text{ m}$  (Snittverdier:  $v \approx 44\text{ km/t}$ ,  $R \approx 62\text{ m}$ ,  $\mu \approx 0,26$ )

#### 4.4.2 Kurveradius 75 m - standarddekk

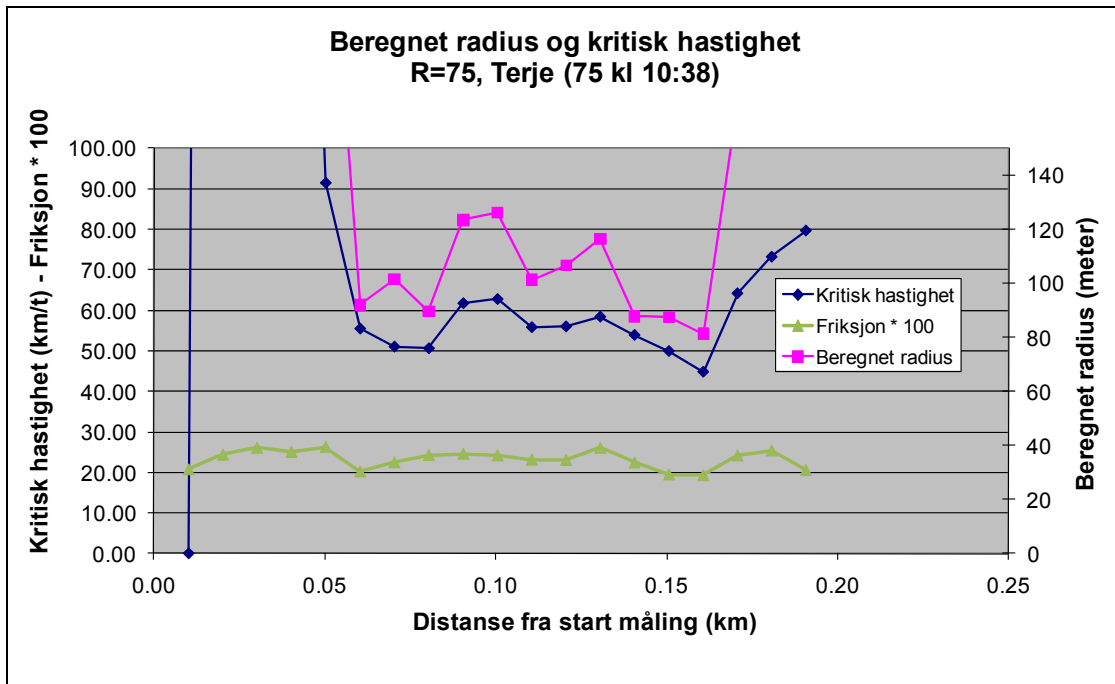
Figur 4.17 - Figur 4.19 under viser resultater fra TWO-målinger i kurve med  $R=75\text{m}$ . Her ser det ut til at kritisk hastighet ligger i området 45-55 km/t (for David) avlest i så noenlunde stabilt område langs kjøringen. Tilsvarende radius er beregnet til å ligge i området 80-100 m. Målingen til Terje ligger noe høyere, 50-60 km/t. Tilsvarende er beregnet radius høyere. Friksjon er rimelig konstant i området på ca 0,23.



Figur 4.17 TWO-data ved radius  $R=75\text{ m}$  (Snittverdier:  $v \approx 49\text{ km/t}$ ,  $R \approx 84\text{ m}$ ,  $\mu \approx 0,23$ )



Figur 4.18 TWO-data ved radius  $R=75\text{ m}$  (Snittverdier:  $v \approx 50\text{ km/t}$ ,  $R \approx 86\text{ m}$ ,  $\mu \approx 0,23$ )

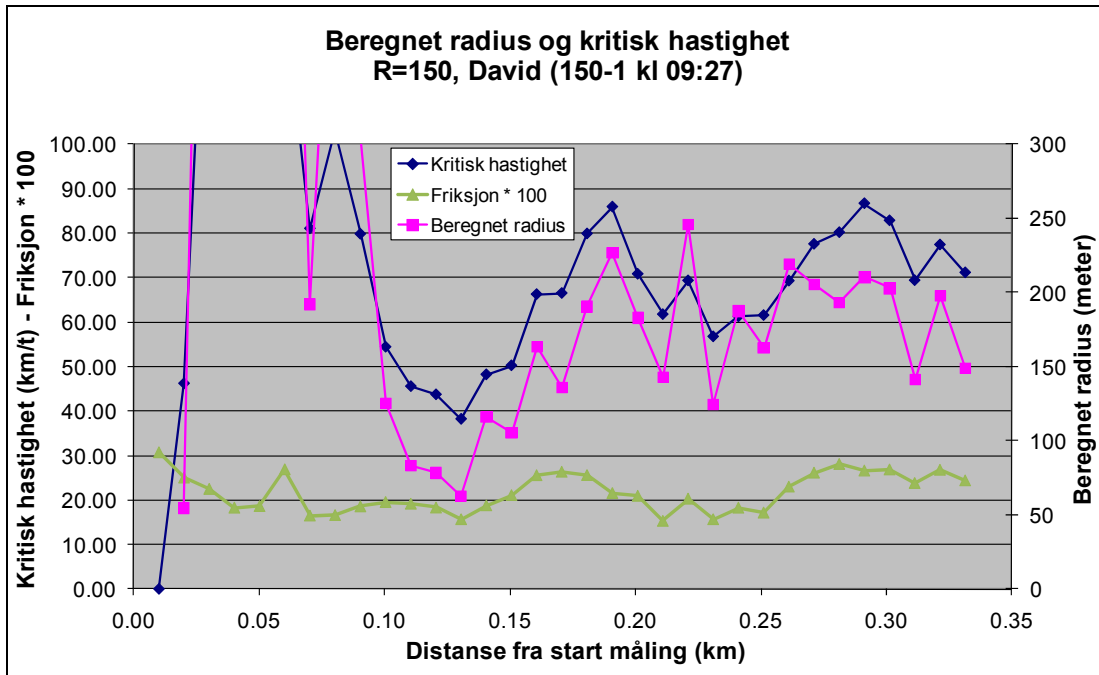


Figur 4.19 TWO-data ved radius R=75 m (Snittverdier:  $v \approx 55$  km/t,  $R \approx 101$  m,  $\mu \approx 0,23$ )

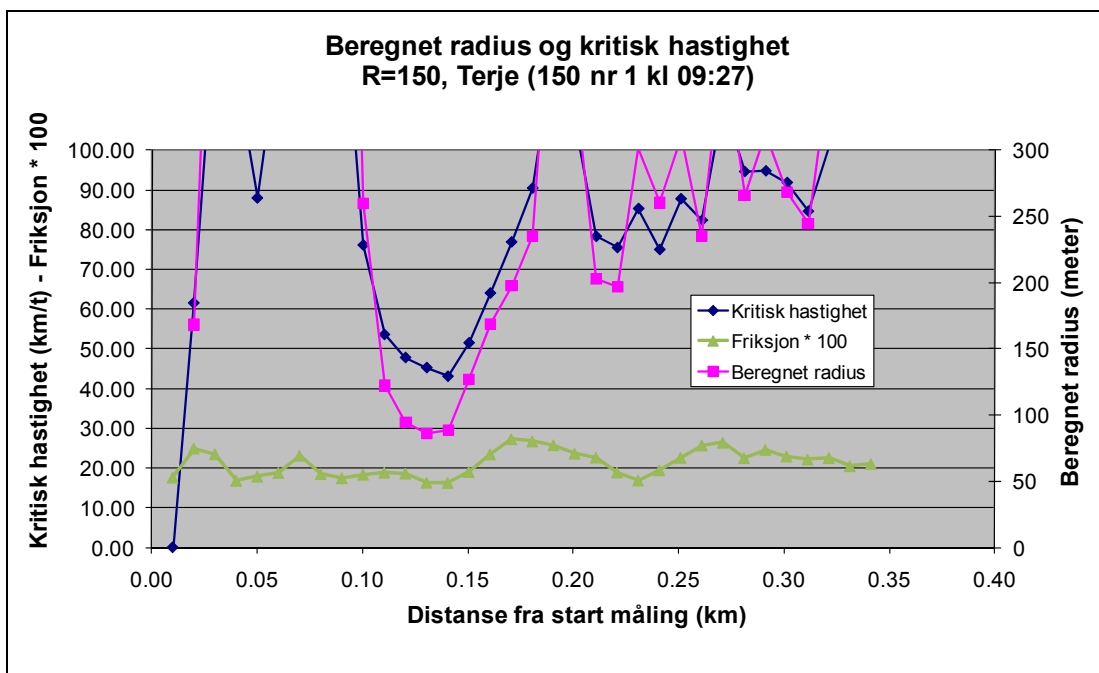


### 4.4.3 Kurveradius 150 m - standarddekk

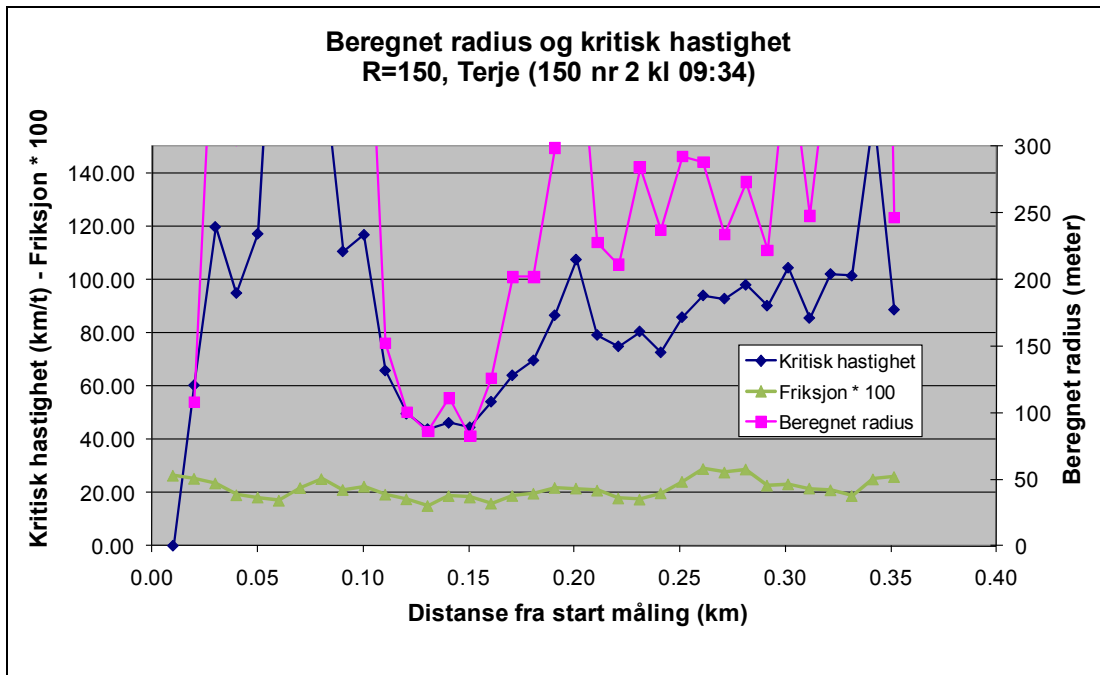
Figur 4.20-Figur 4.24 under viser resultater fra TWO-målinger i kurve med  $R=150$  m. Verdiene spriker mye her slik at det er vanskelig å anslå verdier for kritisk hastighet og beregnet kurveradius. Ut fra beregnet snittverdier for aktuell del av kurven, kan det anslås en kritisk hastighet på mellom 60 – 73 km/t. Tilsvarende beregnede radier ligger mellom 146 – 202 m. Noen av målingene avviker mye fra resten. Disse er utelatt fra gjennomsnittsbetraktninger og er kommentert for hver enkelt figur.



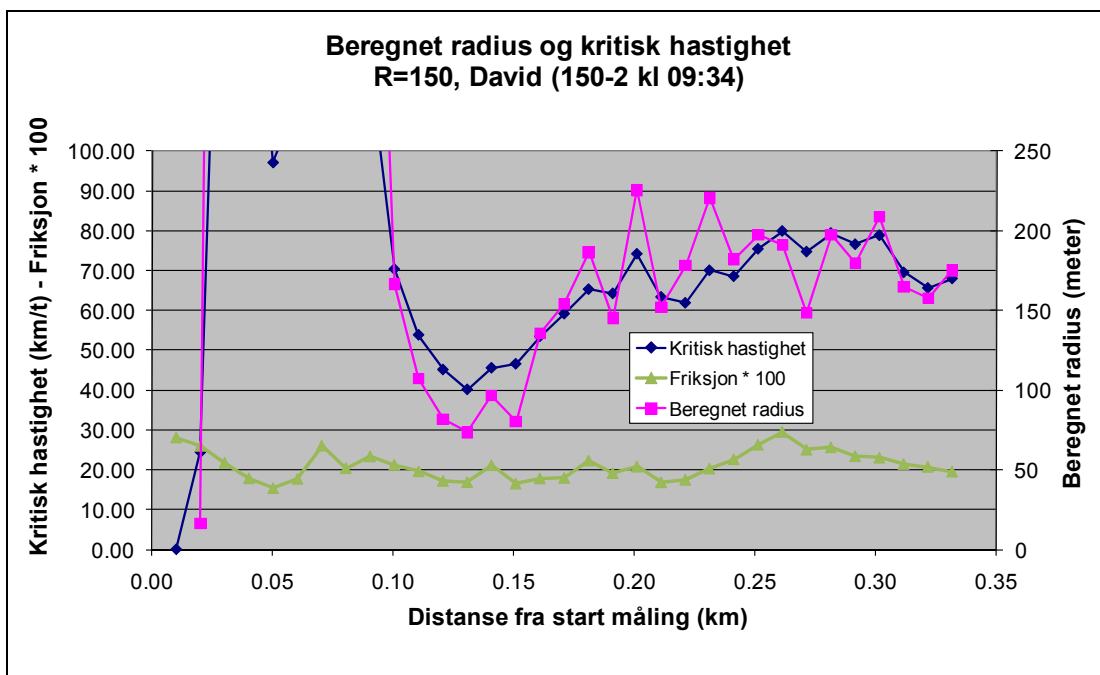
Figur 4.20 TWO-data ved radius  $R=150$  m (Snittverdier:  $v \approx 60$  km/t,  $R \approx 146$  m,  $\mu \approx 0,20$ )



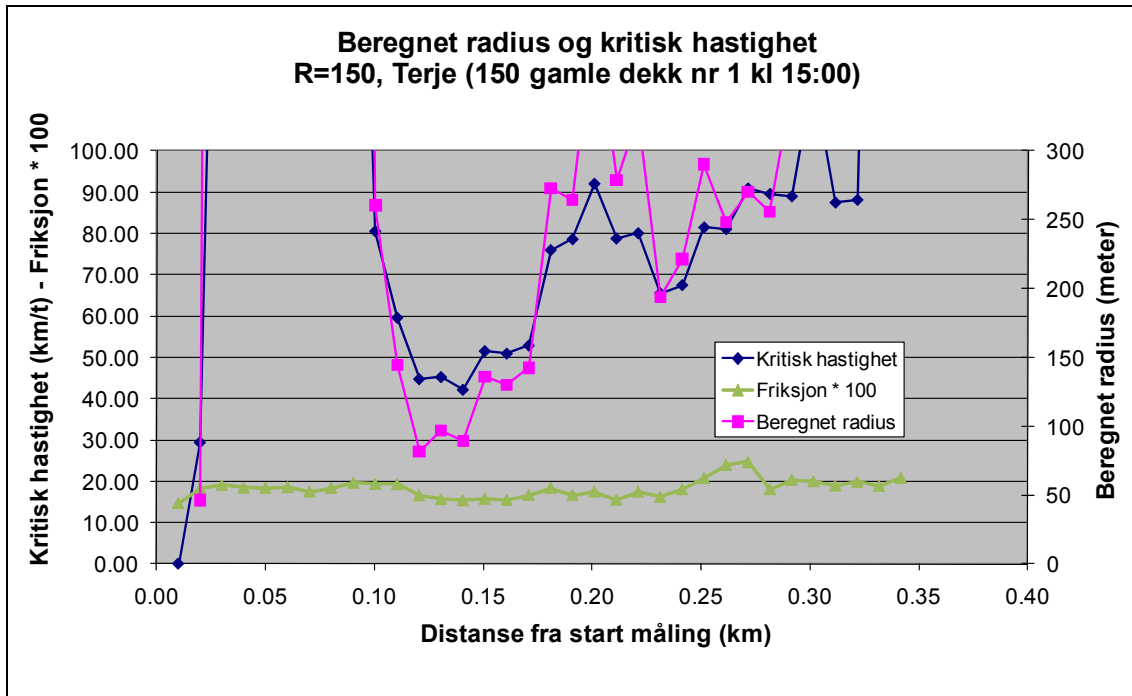
Figur 4.21 TWO-data ved radius  $R=150$  m (Snittverdier:  $v \approx 73$  km/t,  $R \approx 211$  m,  $\mu \approx 0,21$ )



Figur 4.22 TWO-data ved radius R=150 m (Snittverdier:  $v \approx 67$  km/t,  $R \approx 195$  m,  $\mu \approx 0,19$ )



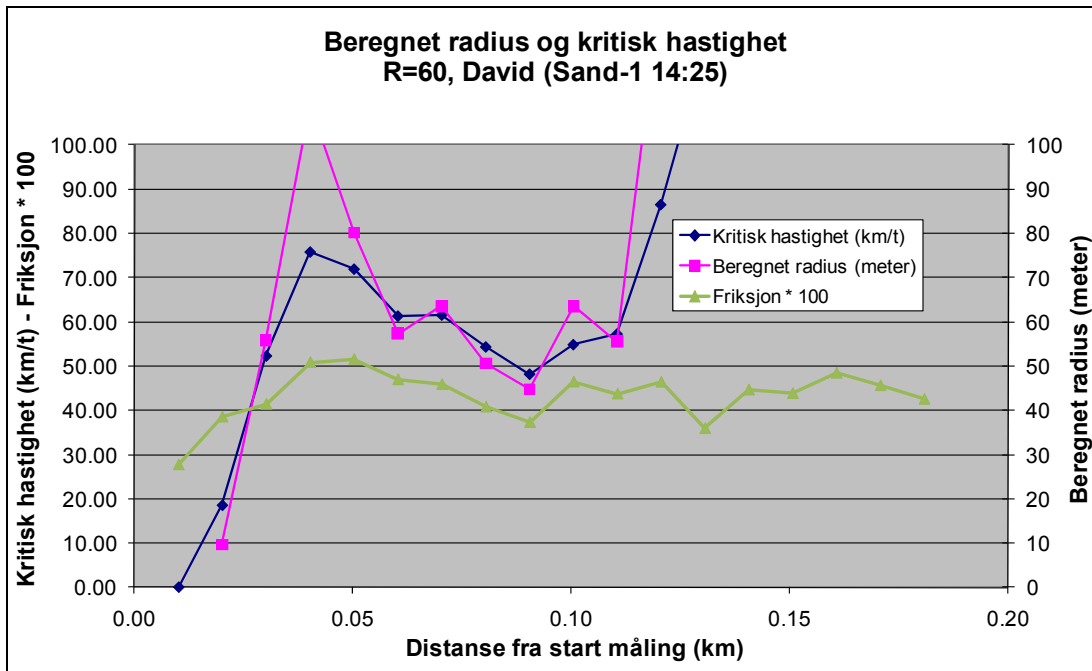
Figur 4.23 TWO-data ved radius R=150 m (Snittverdier:  $v \approx 60$  km/t,  $R \approx 149$  m,  $\mu \approx 0,20$ )



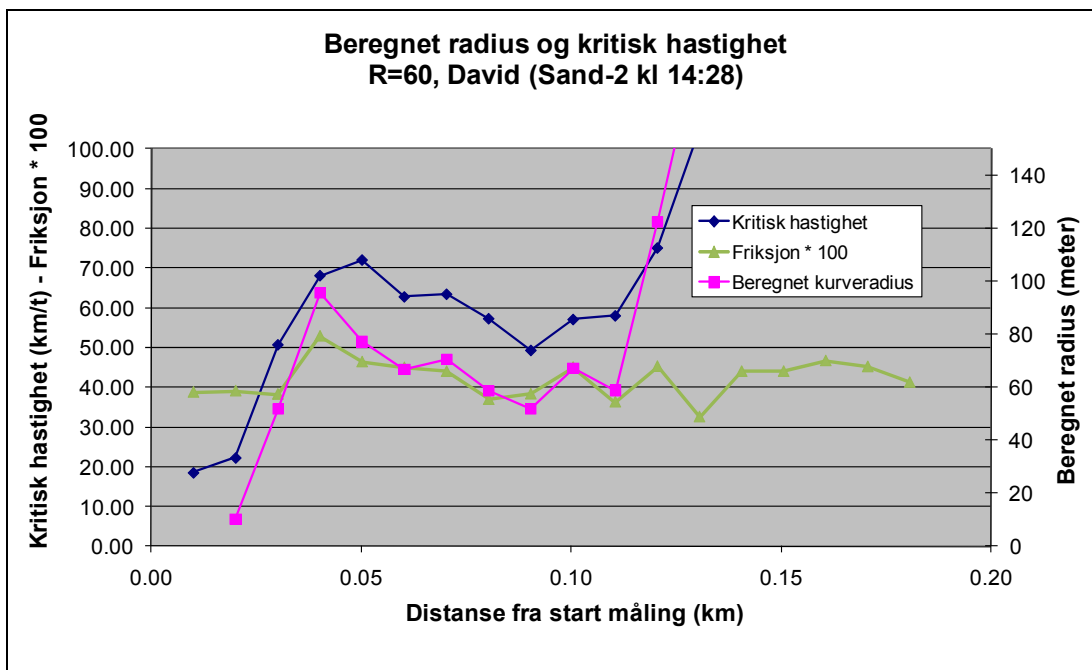
**Figur 4.24** TWO-data ved radius R=150 m (Snittverdier:  $v \approx 64$  km/t,  $R \approx 202$  m,  $\mu \approx 0,17$ )

#### 4.4.4 Kurveradius 60 m – sandet

Figur 4.25 og Figur 4.26 under viser resultater fra TWO-målinger i kurve med  $R=60$  m sandet, og med standarddekk. Her ser det ut til at kritisk hastighet ligger i området 55-65 km/t, avlest i noenlunde stabilt område langs kjøringen. Tilsvarende radius er beregnet til å ligge i området 55-70 m. Friksjon er ca 0,43 under disse målingene.



Figur 4.25 TWO-data ved radius  $R=60$  m sandet (Snitt:  $v \approx 59$  km/t,  $R \approx 59$  m,  $\mu \approx 0,45$ )



Figur 4.26 TWO-data ved radius  $R=60$  m sandet (Snitt:  $v \approx 60$  km/t,  $R \approx 64$  m,  $\mu \approx 0,42$ )

## 5 Oppsummering

Temperaturregistreringer fra manuelle målinger og TWO-målingene viser en temperaturøkning både i luft og veg/is i løpet av dagen. Lufttemperatur på morgenen ble registrert til -7/-9 °C. Veg/is-temperatur var ca -10/-11 °C. På ettermiddagen steg registrert lufttemperatur til ca -1/-3 °C. Tilsvarende for veg/is: ca -5/-6.°C

Bremsetester på rettstrekning foretatt med personbilene viser friksjonskoeffisienten før lunsj mellom 0,37 og 0,40. Etter lunsj ligger friksjonskoeffisienten på mellom 0,36 og 0,38. TWO-måling for samme område og samme tidspunkt, viser friksjon på hhv 0,22 før lunsj (kl 10:34) og 0,18 etter lunsj (kl 15:00), dvs betydelig lavere.

Tabell 5.1 under viser resultater fra kjøring i kurver før lunsj med personbil og TWO. Her er vist registrerte kritiske hastigheter for de ulike kjøretøyer og kurveradier. Resultatene viser at TWO-målerene generelt beregner lavere kritisk hastighet enn personbilene. I Tabell 5.2 er kjøring etter lunsj vist. Her er resultatene for personbiler betydelig lavere enn før lunsj. Det er bare kjørt en måling med TWO-standarddekk etter lunsj (for R=150). TWO-resultatet viser tilsynelatende samme resultat som før lunsj. Dette vises også for R=60 (sandet) der TWO-resultat er i samme størrelse, eller høyere enn resultat fra personbilkjøring. Tilsynelatende virker det også som om sanding har gitt liten effekt for personbiler, selv om målt friksjon med TWO er nesten dobbelt så høy som for R=50.

Det virker ikke som det noen registrerbar forskjell knyttet til bruk/ikke bruk av ESP ut fra tilgjengelig datamaterial. Registreringer for personbil tyder på at virkelig kjøreradius er gjennomgående større enn tiltenkt.

**Tabell 5.1 Kritiske hastigheter (slippfart) for ulike kjøretøy i kurver – før lunsj**

Kjøretøy / Radius	Registrert kritisk hastighet ved ulike radier (km/t)			
	R=50 m	R=75 m	R=150 m	R=60 (sandet)
A - Caddy-Børge	55	60-65	70-75	-
B - Passat-Vidar	54-57 (u-m)	62-66 (u-m)	67-72 (m/u)	-
C - BMW-Ole	52-56 (u)	60-65 (u)	66-69 (u)	-
D - Pajero-Karl	46-47	50-55	55-60	-
E - Suzuki-Torgeir	52-55 (m)	61-62 (u/m)	67-68 (u/m)	-
TWO-Standarddekk	44-46	49-55	60-73	-

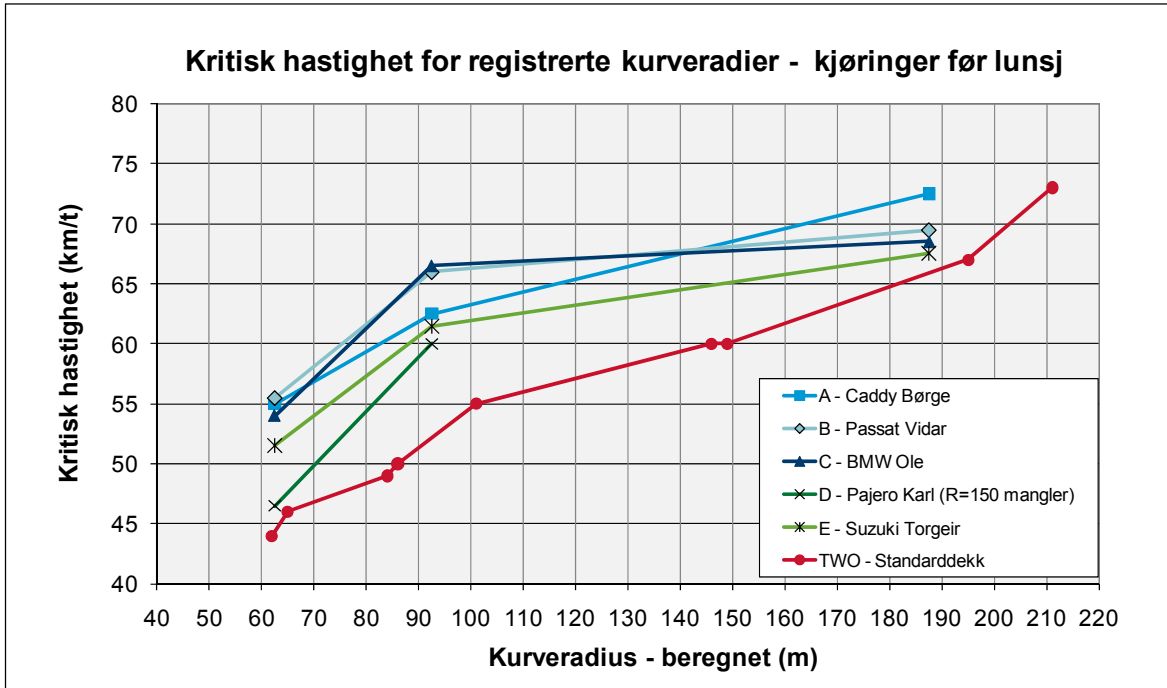
u: uten ESP, m: med ESP, m/u: både med og uten ESP

**Tabell 5.2 Kritiske hastigheter (slippfart) for ulike kjøretøy i kurver – etter lunsj**

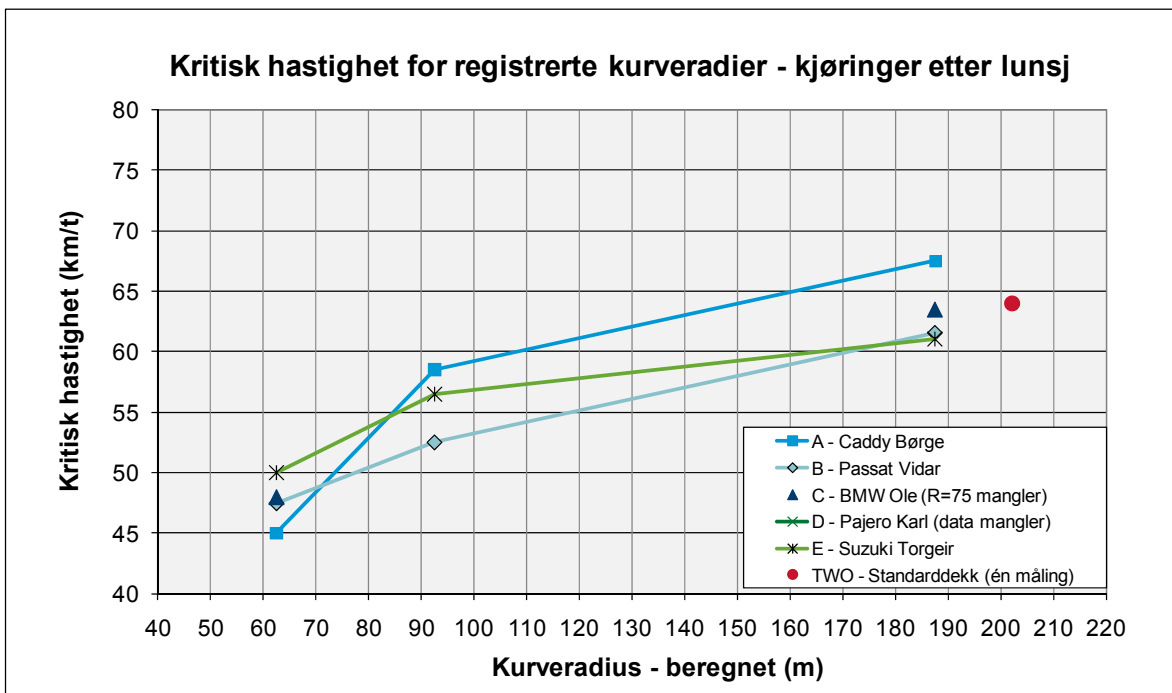
Kjøretøy / Radius	Registrert kritisk hastighet ved ulike radier (km/t)			
	R=50 m	R=75 m	R=150 m	R=60 (sandet)
A - Caddy-Børge	45	57-60	65-70	52-55
B - Passat-Vidar	45-50 (m)	50-55 (m)	60-63 (m)	48-52 (m)
C - BMW-Ole	< 49 (u)	-	62-65 (u)	-
D - Pajero-Karl	-	-	-	-
E - Suzuki-Torgeir	48-52 (m)	55-58 (u)	60-62 (u/m)	50-52 (m)
TWO-Standarddekk	-	-	64	55-65

u: uten ESP, m: med ESP, m/u: både med og uten ESP

Resultatene er vist grafisk i Figur 5.1 og Figur 5.2. Her er kritisk hastighet plottet som funksjon av registrert/beregnet ("virkelig") radius hhv for kjøring før lunsj og ettermiddag. For TWO-data er alle registrerte verdier for vist. I Figur 5.3 er kritisk hastighet for kurve R=60 (sandet) vist.

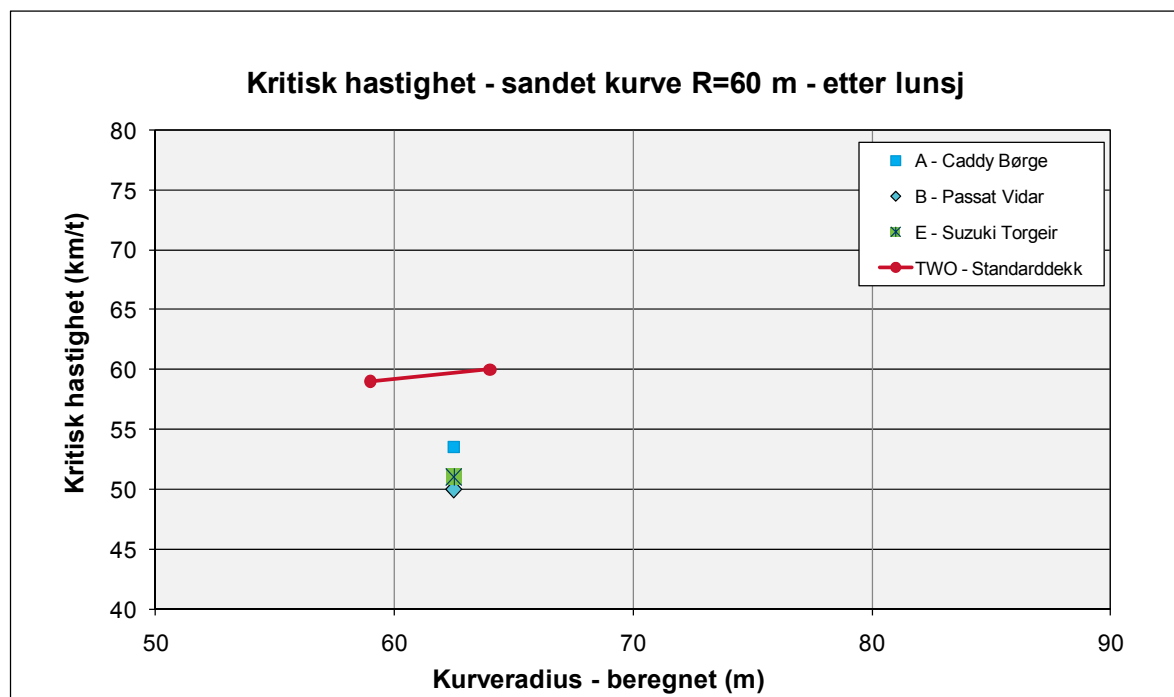


Figur 5.1 Kritisk hastighet som funksjon av registrerte/bregnede kurveradier. Før lunsj



Figur 5.2 Kritisk hastighet som funksjon av registrerte/bregnede kurveradier. Etter lunsj





**Figur 5.3** Kritisk hastighet som funksjon av registrerte/beregnete kurveradier, R=60 sandet

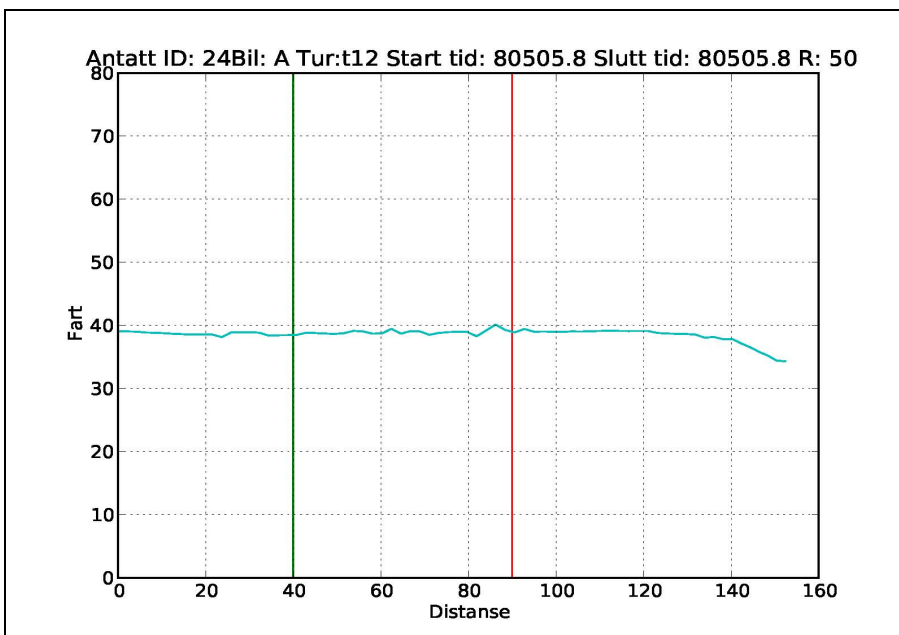
## 6 Erfaringer og vurderinger

Følgende erfaringer og vurderinger kan oppsummeres etter disse forsøkene:

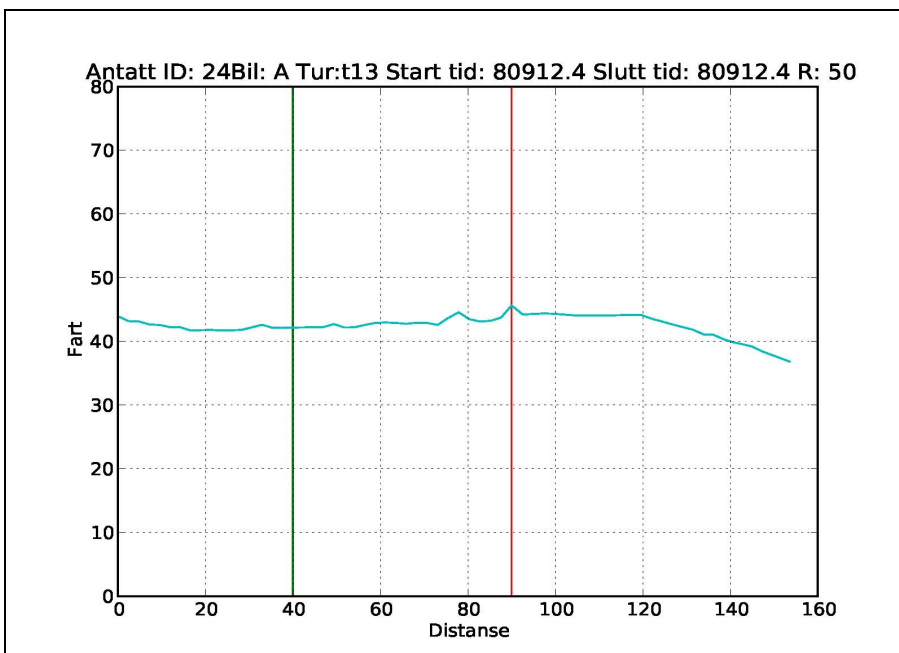
- Virkelig kjørekurve avviker fra planlagt. Det bør vurderes en annen oppmerking av kurvene for å gjøre det lettere å holde tiltenkt bane, evt lage en separat rundbane for de ulike radier.
- Registreringer av friksjon og kritisk hastighet indikerer en endring i føreforhold i løpet av dagen. Temperaturendringer og også visuelle observasjoner underbygger dette. En viss poleringseffekt må også påregnes å kunne gi noe lavere friksjon utover dagen.
- Det bør kjøres jevnlig friksjonsmålinger underveis for å dokumentere eventuelle endringer i kjøreforhold (f.eks etter hver 3. kjøring).
- Klimadata fra værstasjon må hentes inn for å vurdere temperatureffekter
- Bare en type målehjul, dvs standard, burde vært benyttet på TWO-målingen. En blanding av målinger med standard hjul og nye hjul med vintergummi til ulike tider ga til dels sprikende resultater: Myk gummi ga tilsynelatende lavere kritisk hastighet. Noen konklusjon er vanskelig å gi. Trenger en egen test for den nye dekktypen.
- Fire av personbilene som ble benyttet hadde forholdsvis nye piggfrie dekk (produksjonsår 2009). Bil D hadde piggdekk fra 2007. Ved en ny test bør det også benyttes både nye og eldre dekk på sammenlignbare biler.

## Vedlegg 1 Fartsprofil - kjøring med personbil - Kurveradius 50 m - Formiddag

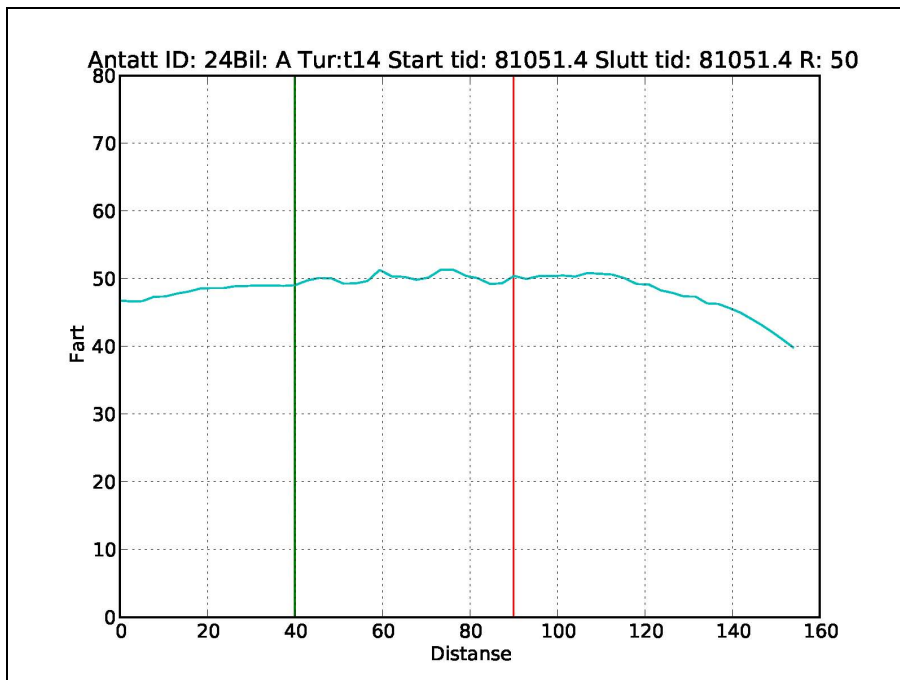
I dette avsnittet er fartsprofiler for kjøring på formiddagen (i tidsrommet kl 09-11) for kurveradius  $R=50$  m vist. I Fartsprofil 1 nedenfor er det vist fartsprofilet til kjøretøy A gjennom kurven med radius 50 m ved en oppgitt fart på 40 km/t. De grønne og røde vertikale linjer i diagrammet markerer omtrentlig plassering av kurven langs kjørelinjen der radius er som angitt dersom det kjøres etter planlagt linje. GPS-målingen viser at kjøretøyet holder en fart på ca 38 km/t gjennom hele kurven, og det er ikke antydning til slipp. I Fartsprofil 2 - Fartsprofil 6 er ESP ikke innkoblet. Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes i figurtekst.



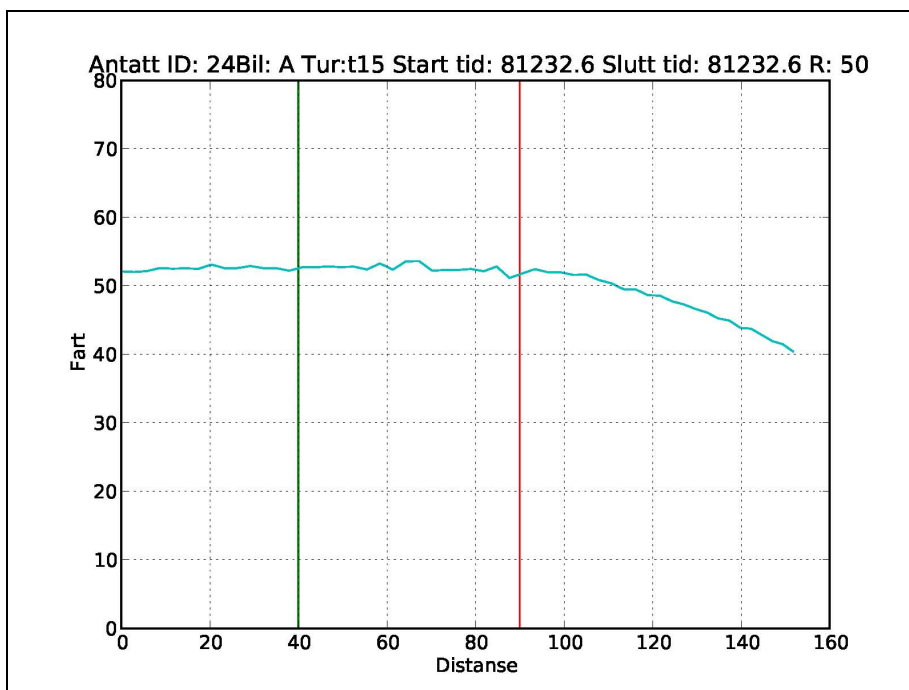
**Fartsprofil 1 Bil A uten ESP, oppgitt fart 40 km/t, kurve  $R=50$  m ( $R_b=61$ )**



**Fartsprofil 2 Bil A uten ESP, oppgitt fart 45 km/t, kurve  $R=50$  m ( $R_b=57$ )**

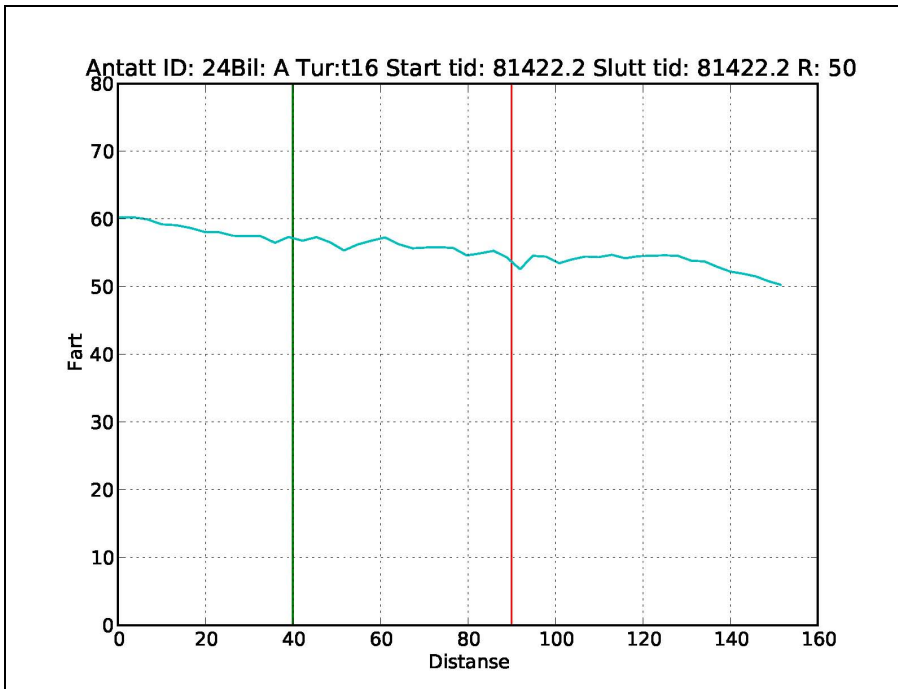


**Fartsprofil 3 Bil A uten ESP, oppgitt fart 50 km/t, kurve R=50 m ( $R_b=61$ )**



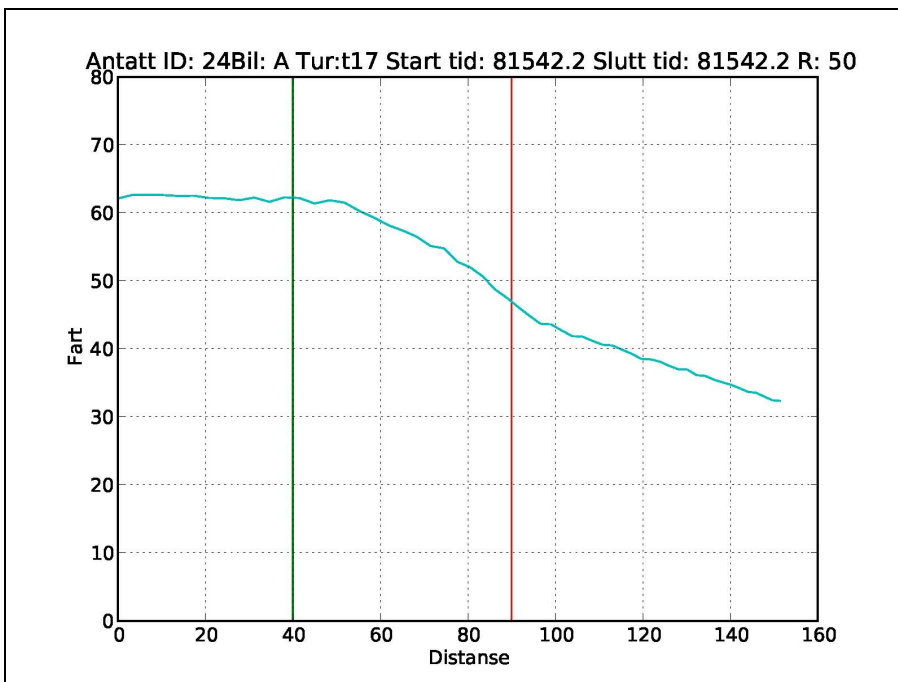
**Fartsprofil 4 Bil A uten ESP, oppgitt fart 55 km/t, kurve R=50 m ( $R_b=63$ )**

Sjåføren rapporterte ikke slipp ved turene ovenfor, men ved turen angitt i Fartsprofil 5 angir sjåføren slipp. Dette antyder en slippgrense på mellom 55 og 60 km/t.



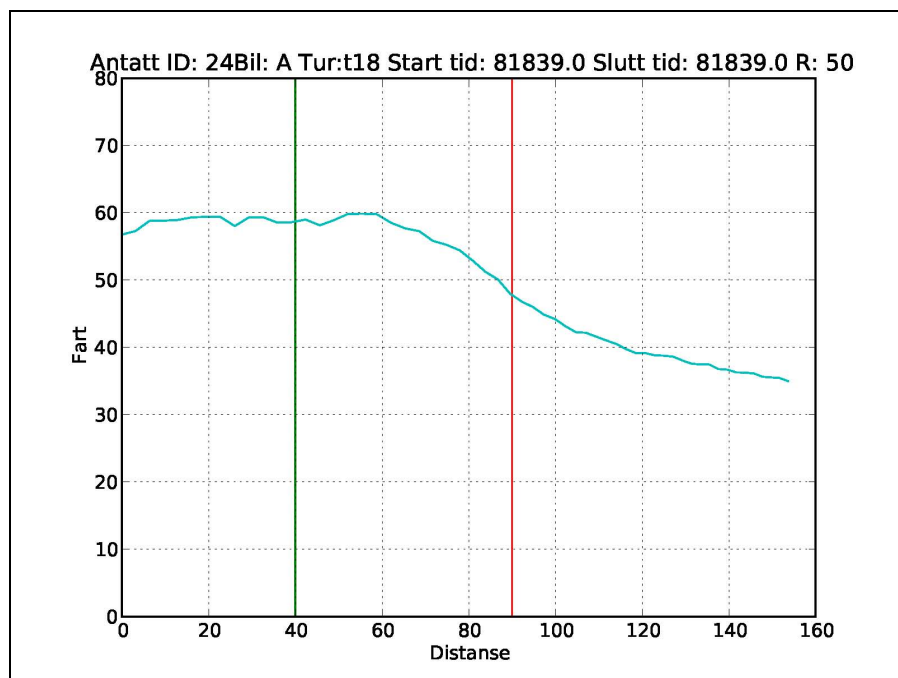
**Fartsprofil 5 Bil A uten ESP, oppgitt fart 60 km/t, kurve R=50 m ( $R_b=63$ ), sjåfør rapporterte slipp**

I Fartsprofil 6 kjører sjåføren med en fart på 62 km/t inn i kurven, og det er nokså tydelig at kjøretøyer får slipp.

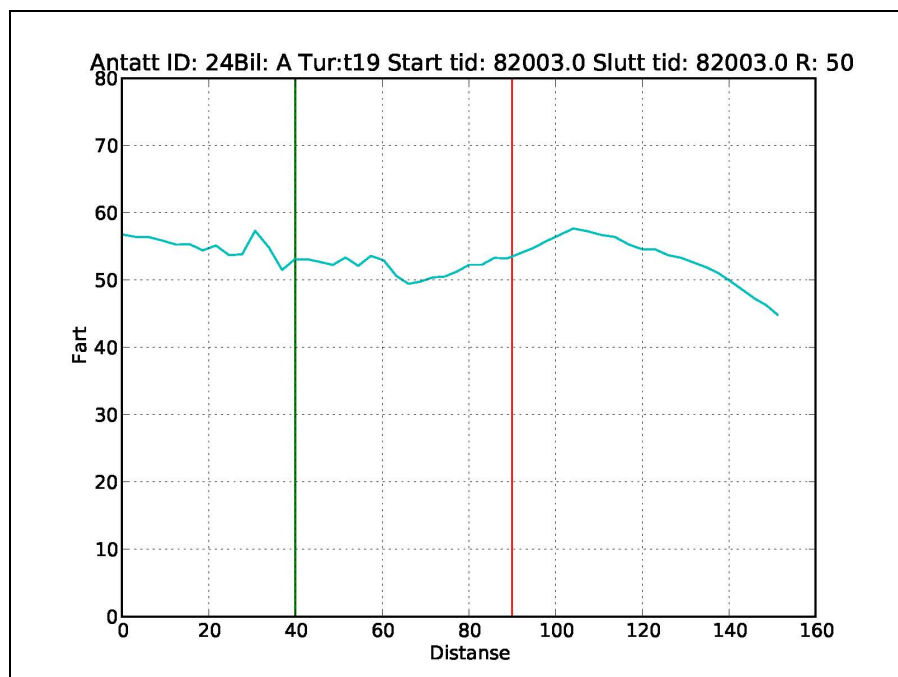


**Fartsprofil 6 Bil A uten ESP, oppgitt fart 65 km/t, kurve R=50 m ( $R_b=65$ ), sjåfør rapporterte slipp**

I Fartsprofil 7, Fartsprofil 8 og Fartsprofil 9 kjører sjåføren med ESP innkoblet. Kjoretøyet får tydelig slipp ved 59 km/t, men det er noe uklart om bilen får slipp ved ca 55 km/t, se Fartsprofil 8. Ved denne turen rapporterer ikke sjåføren slipp, men ut fra fartsprofilen kan det likevel se ut til at kjoretøyet får slipp ved denne farten.

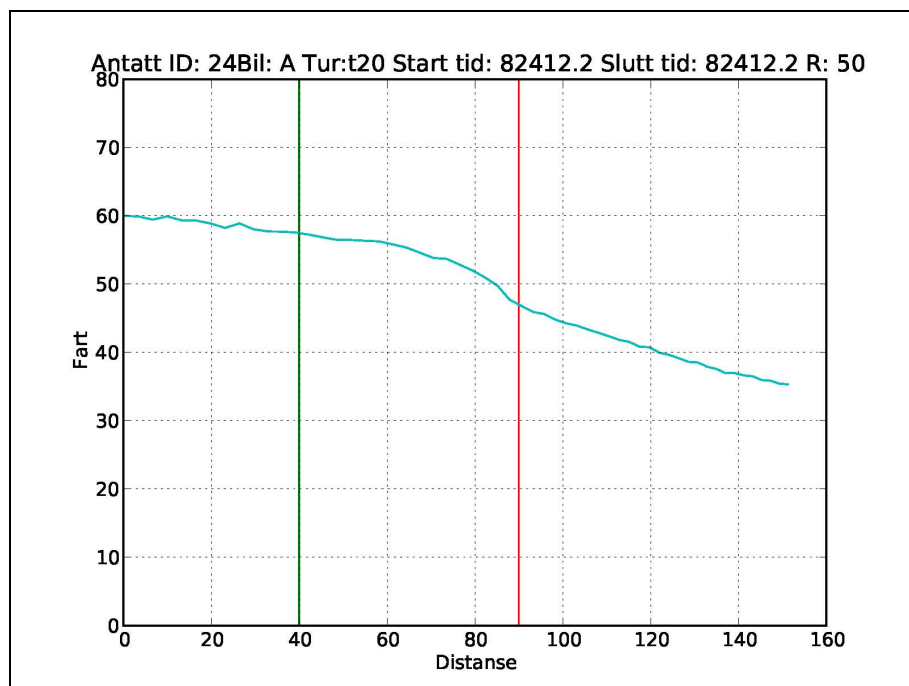


**Fartsprofil 7 Bil A med ESP, oppgitt fart 60 km/t, kurve R=50 m ( $R_b=67$ ), sjåfør rapporterte slipp**



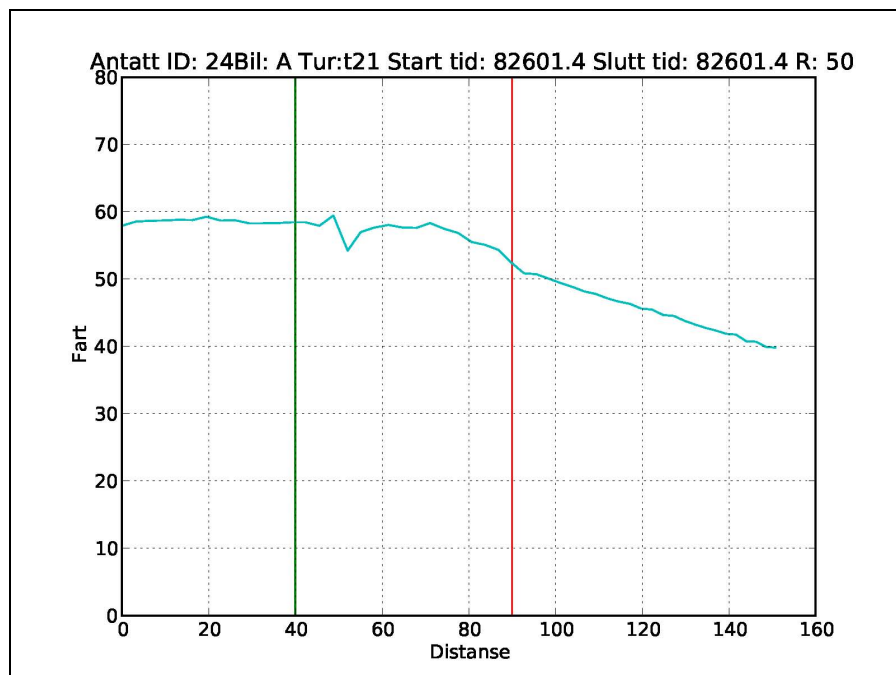
**Fartsprofil 8 Bil A med ESP, oppgitt fart 60 km/t, kurve R=50 m ( $R_b=63$ )**

Ved utgangsfart 60 km/t får kjoretøyet slipp, se Fartsprofil 9.

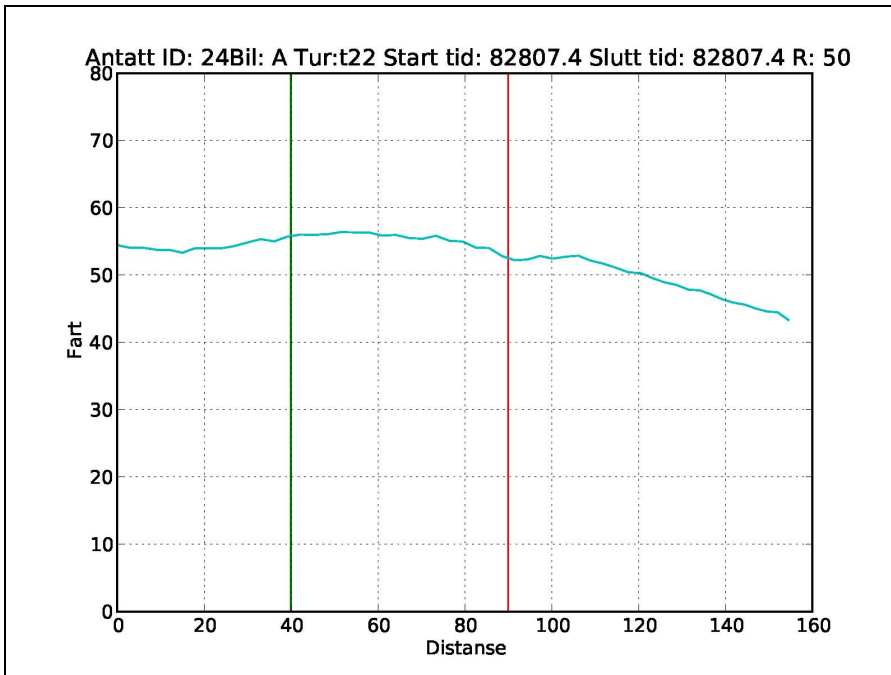


**Fartsprofil 9 Bil A med ESP, oppgitt fart 65 km/t, R=50 m ( $R_b=62$ ), sjåfør rapporterte slipp**

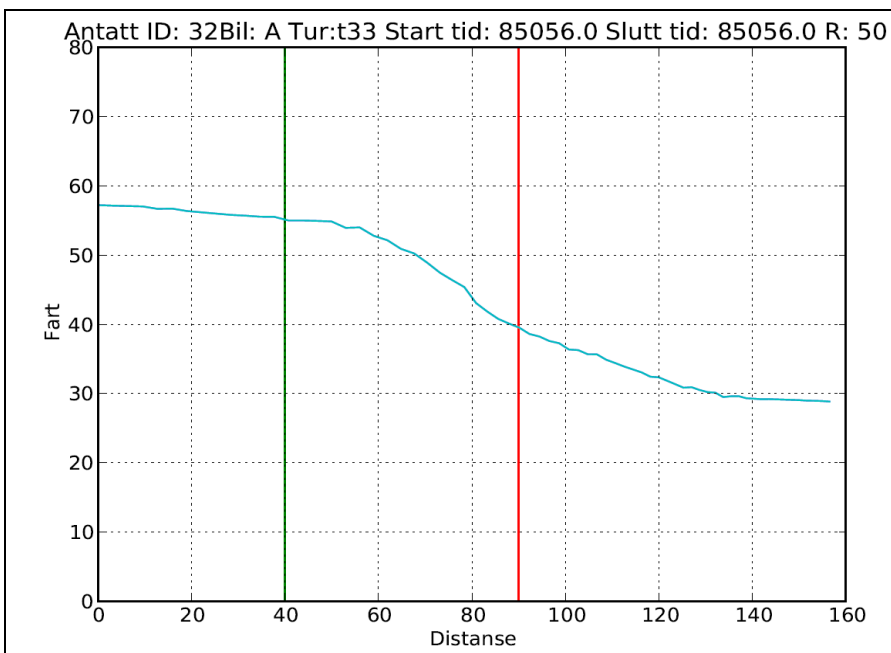
I Fartsprofil 10, Fartsprofil 11 og Fartsprofil 12 nedenfor kjører sjåføren igjen uten ESP. Både ved 59 og 56 km/t i kurven får kjøretøyet slipp.



**Fartsprofil 10 Bil A uten ESP, oppgitt fart 65 km/t, R=50 m ( $R_b=65$ ), sjåfør rapporterte slipp**



**Fartsprofil 11 Bil A uten ESP, oppgitt fart 60 km/t, R=50 m ( $R_b=65$ ), sjåfør rapporterte slipp**



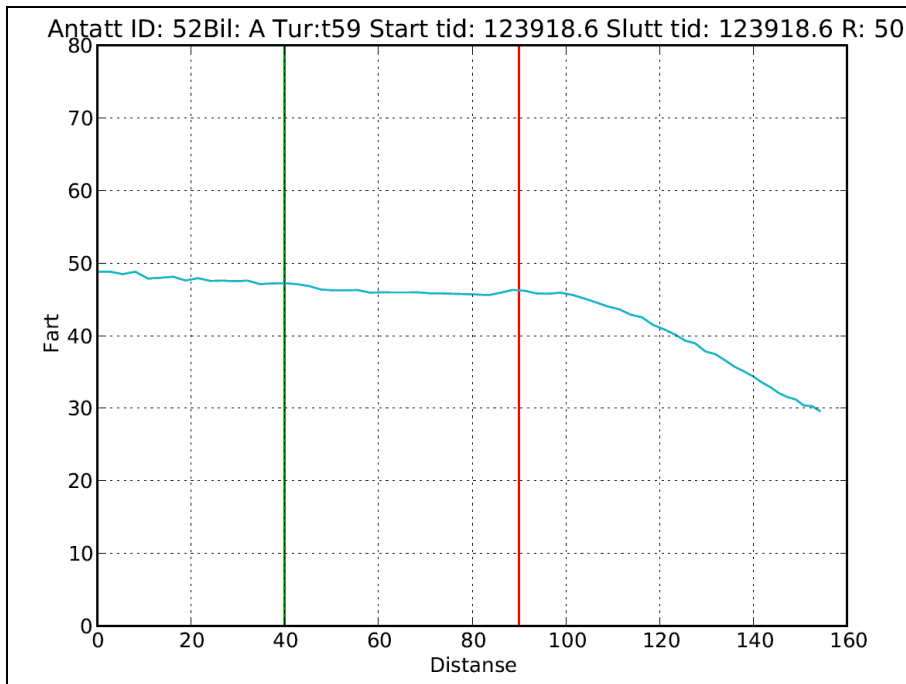
**Fartsprofil 12 Bil A med ESP, oppgitt fart 60 km/t, R=50 m ( $R_b=61$ ), sjåfør rapporterte slipp**

Ut fra ovenstående observasjoner ser det ut til at slippgrensen for kjøretøy A ved R=50 ligger rundt 55 km/t. Dette gjelder både ved kjøring med og uten ESP. Det kan legges til at kjøretøyet kjørte med 4-hjulstrekk ved alle kjøringene.

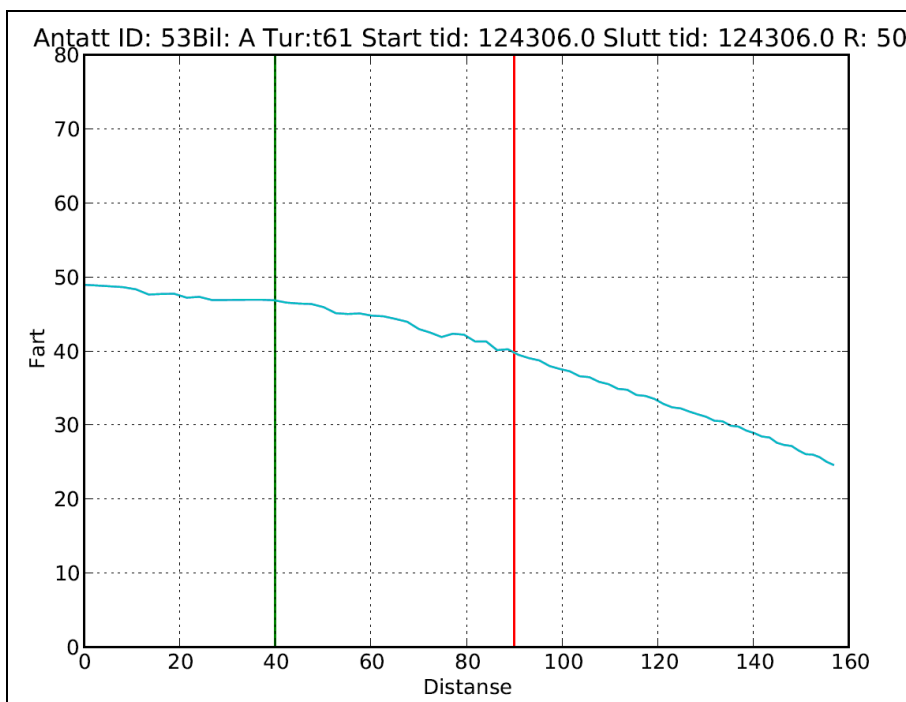


## Vedlegg 2 Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 50 m - Ettermiddag

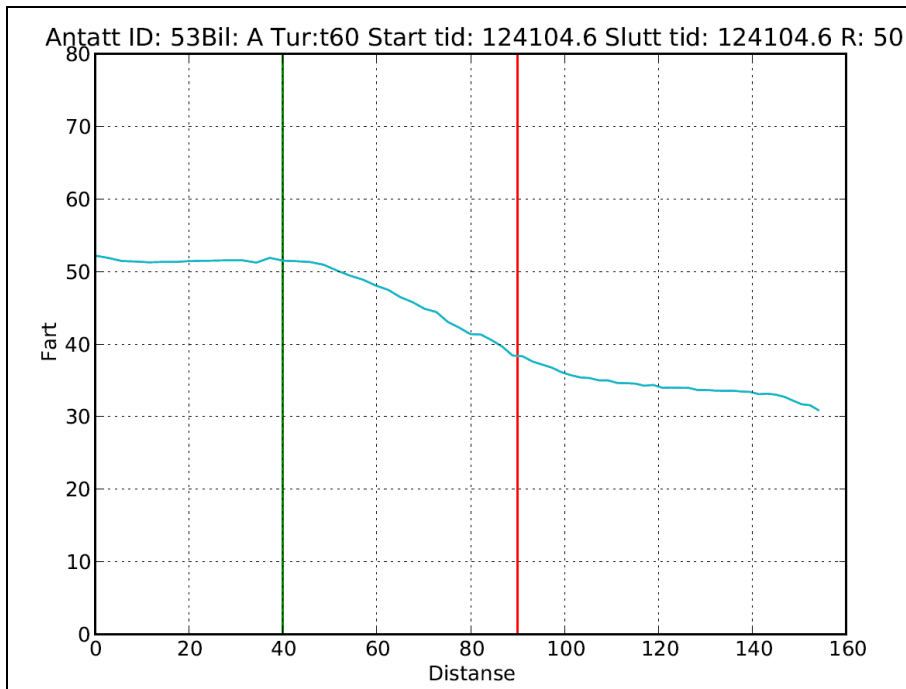
I dette avsnittet er fartsprofiler for kjøring på ettermiddagen (i tidsrommet kl 1330-1430) for kurveradius  $R=50$  m vist. De grønne og røde vertikale linjer i diagrammet markerer omtrentlig plassering av kurven langs kjørelinjen der radius er som angitt dersom det kjøres etter planlagt linje.



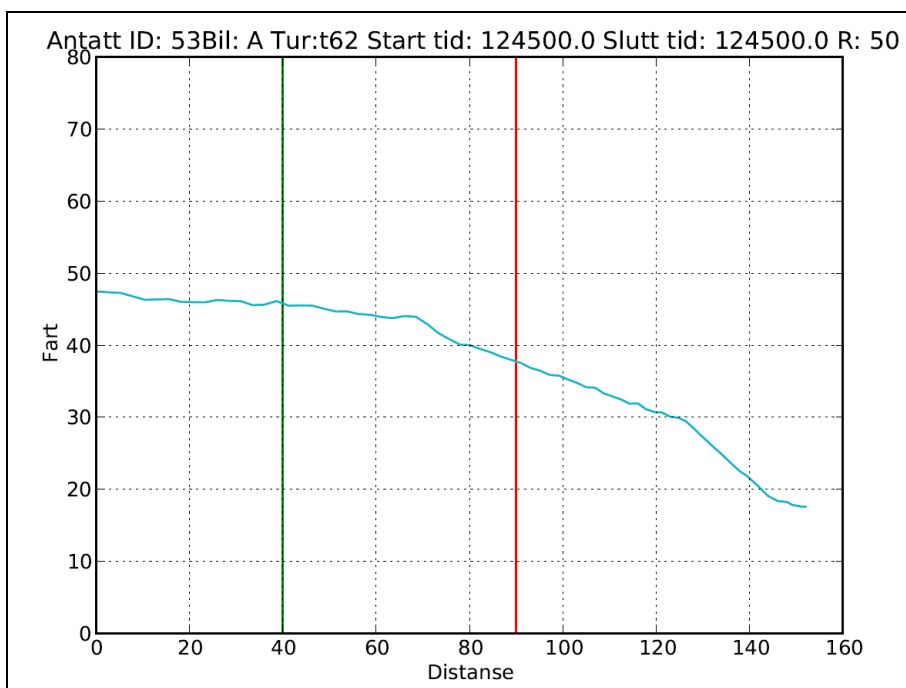
**Fartsprofil 13 Bil A med ESP, oppgitt fart 50 km/t,  $R=50$  m ( $R_b=60$ ), mulig slipp**



**Fartsprofil 14 Bil A uten ESP, oppgitt fart 50 km/t,  $R=50$  m ( $R_b=59$ ), sjåfør rapporterer slipp**



**Fartsprofil 15 Bil A med ESP, oppgitt fart 55 km/t, R=50 m ( $R_b=57$ ), sjåfør rapporterer slipp**

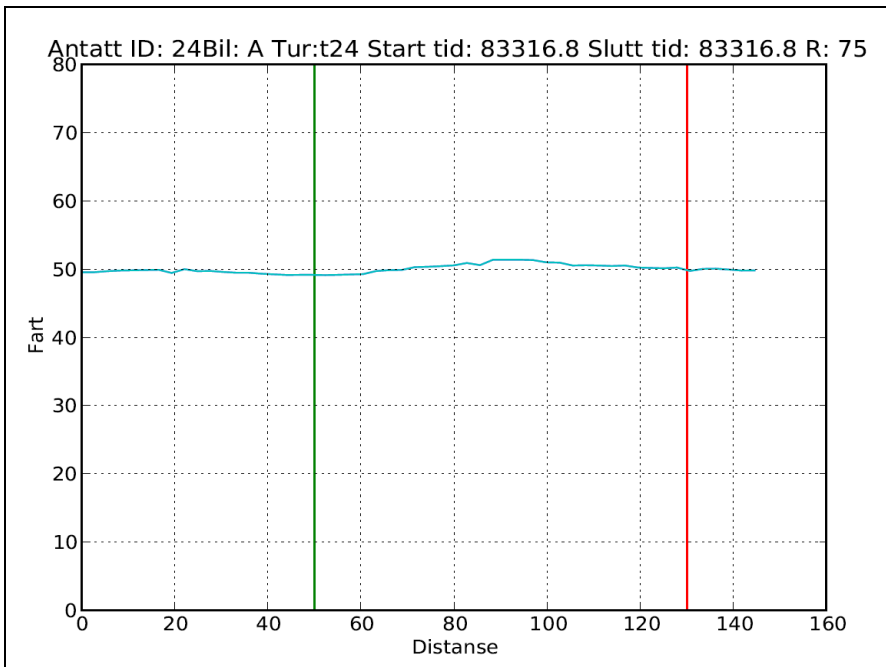


**Fartsprofil 16 Bil A med ESP, oppgitt fart 55 km/t, R=50 m ( $R_b=61$ ), sjåfør rapporterer slipp**

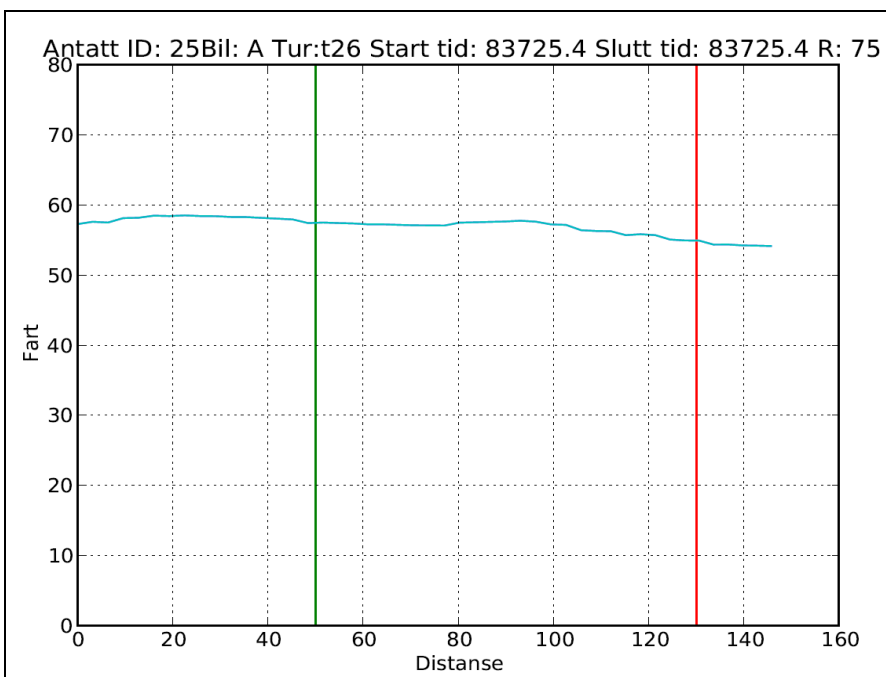
Ut fra fartsprofilene over kan det tyde på at slippshastigheten på ettermiddag er noe lavere enn formiddag, dvs et sted mellom 45 km/t og 50 km/t som inngangsfart.

### Vedlegg 3 Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 75 m - Formiddag

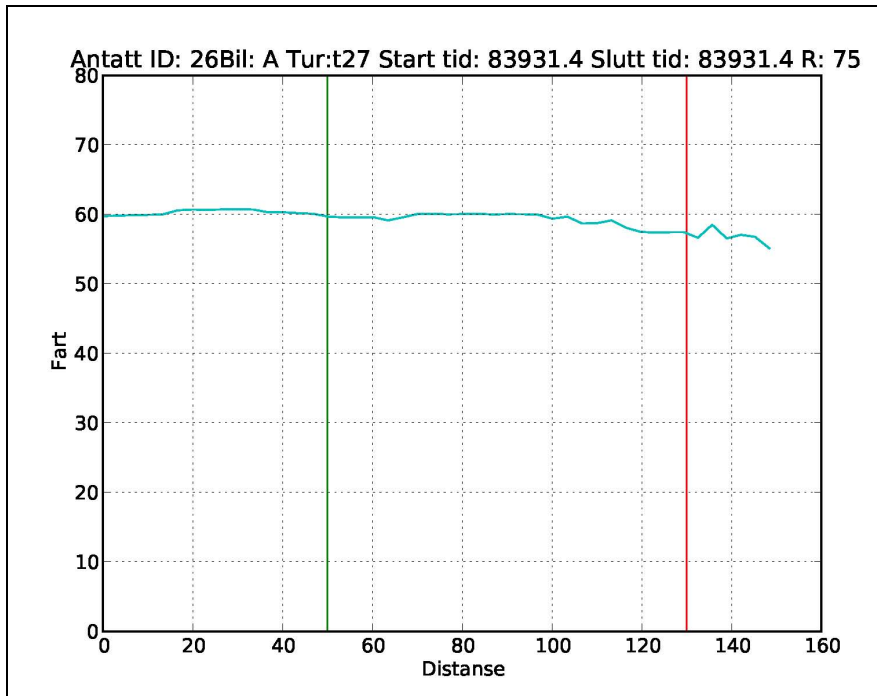
I dette avsnittet er fartsprofiler for kjøring på formiddagen (i tidsrommet kl 09-11) for kurveradius  $R=75$  m vist. I Fartsprofil 17, Fartsprofil 18 og Fartsprofil 19 nedenfor kjører kjøretøy A uten ESP i kurve med  $R=75$  m. Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes. De grønne og røde vertikale linjer i diagrammet markerer omtrentlig plassering av kurven langs kjørelinjen der radius er som angitt dersom det kjøres etter planlagt linje. Ved inngangsfart hhv 50 km/t, 58 km/t og 60 km/t får ikke kjøretøyet slipp.



**Fartsprofil 17 Bil A uten ESP, oppgitt fart 50 km/t,  $R=75$  m ( $R_b=95$ )**

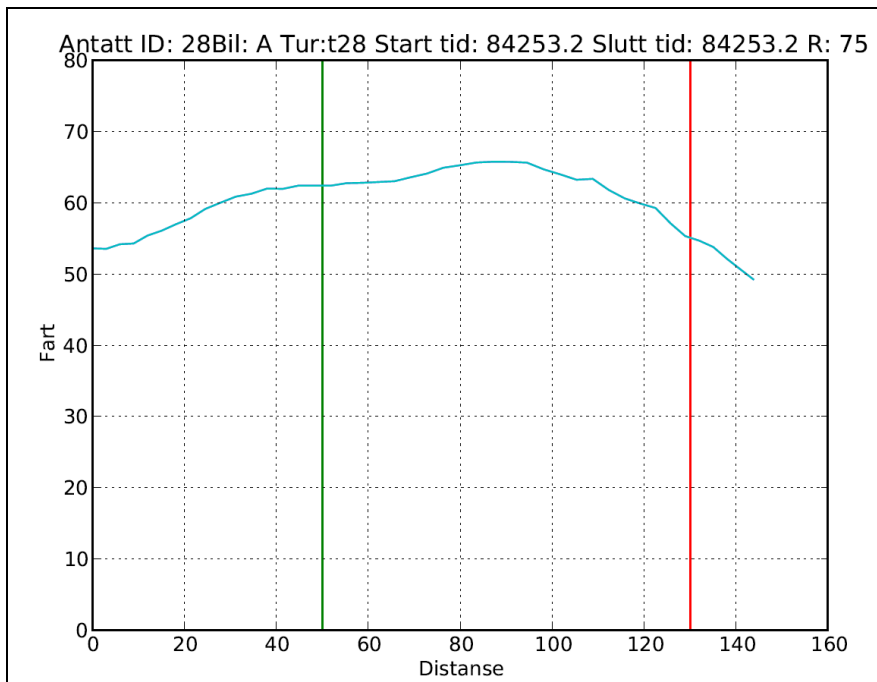


**Fartsprofil 18 Bil A uten ESP, oppgitt fart 60 km/t,  $R=75$  m ( $R_b=94$ )**

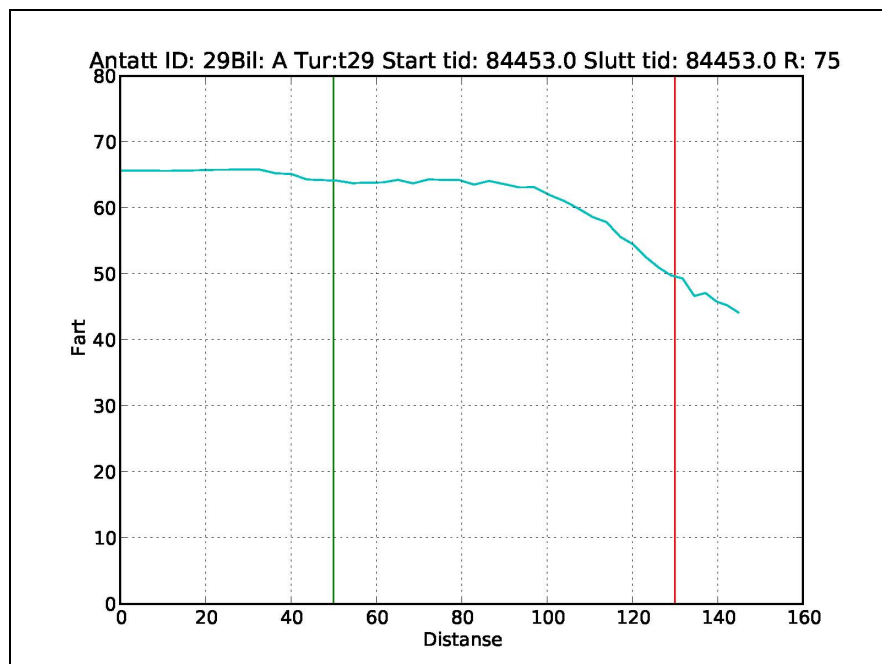


**Fartsprofil 19 Bil A uten ESP, oppgitt fart 65 km/t, R=75 m ( $R_b=93$ )**

I Fartsprofil 20 og Fartsprofil 21 nedenfor kjører kjøretøy A uten ESP i kurve med R=75 m. Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes. I begge disse kjøringene er det rapportert slipp. Slippgrensen ligger dermed et sted mellom 60 og 65 km/t.

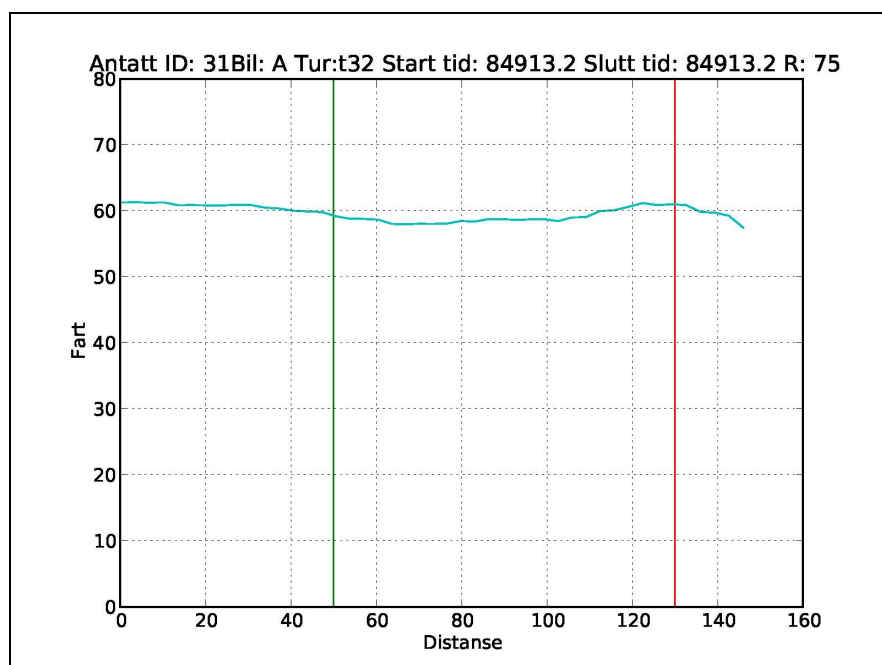


**Fartsprofil 20 Bil A uten ESP, oppgitt fart 65 km/t, R=75 m ( $R_b=95$ ). Sjøføren rapporterte slipp.**



**Fartsprofil 21 Bil A uten ESP, oppgitt fart 65 km/t, R=75 m ( $R_b=95$ ), sjåfør rapporterte slipp**

I Fartsprofil 22 kjører kjøretøy A med ESP innkoblet i kurve R=75 m. Ved fart 60 km/t får kjøretøyet ikke slipp. Sjåføren har rapportert en kjørtur med noe høyere fart (65 km/t) hvor kjøretøyet fikk slipp. Denne turen har vi ikke fått registrert.

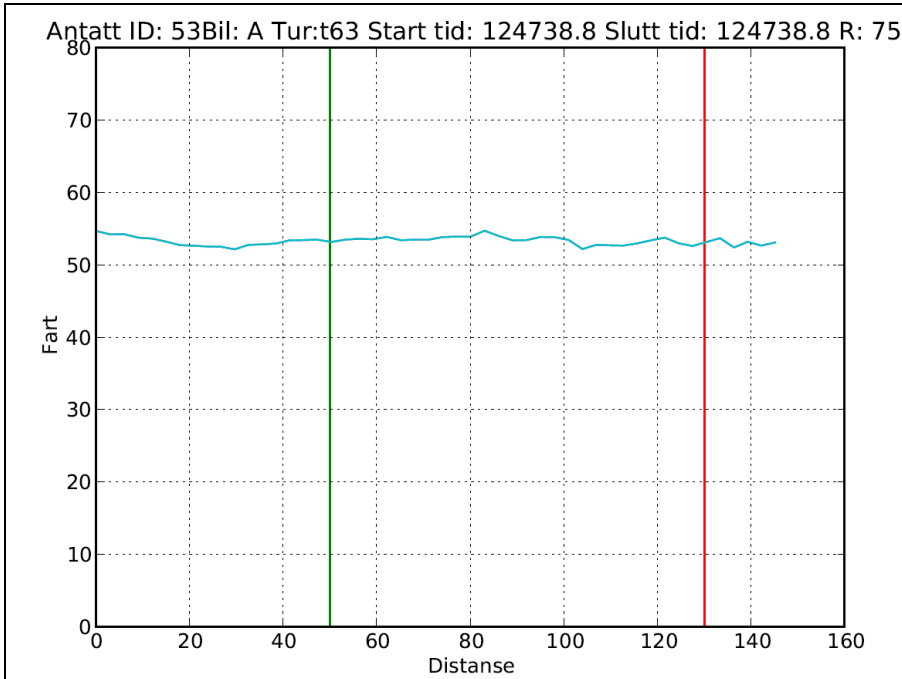


**Fartsprofil 22 Bil A med ESP, angitt fart 60 km/t, R=75 m ( $R_b=94$ )**

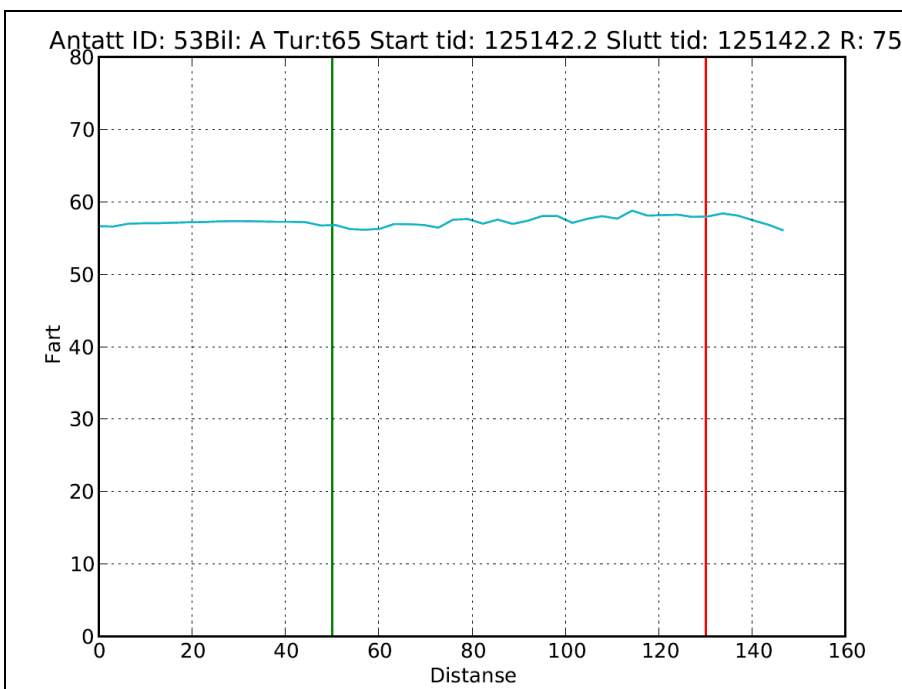
Ved R=75 ser det ut til at slippfarten ligger på et sted mellom 60 og 65 km/t, både ved bruk av ESP og uten ESP.

#### Vedlegg 4 Fartsprofil - kjøring med personbil - Kurveradius 75 m - Ettermiddag

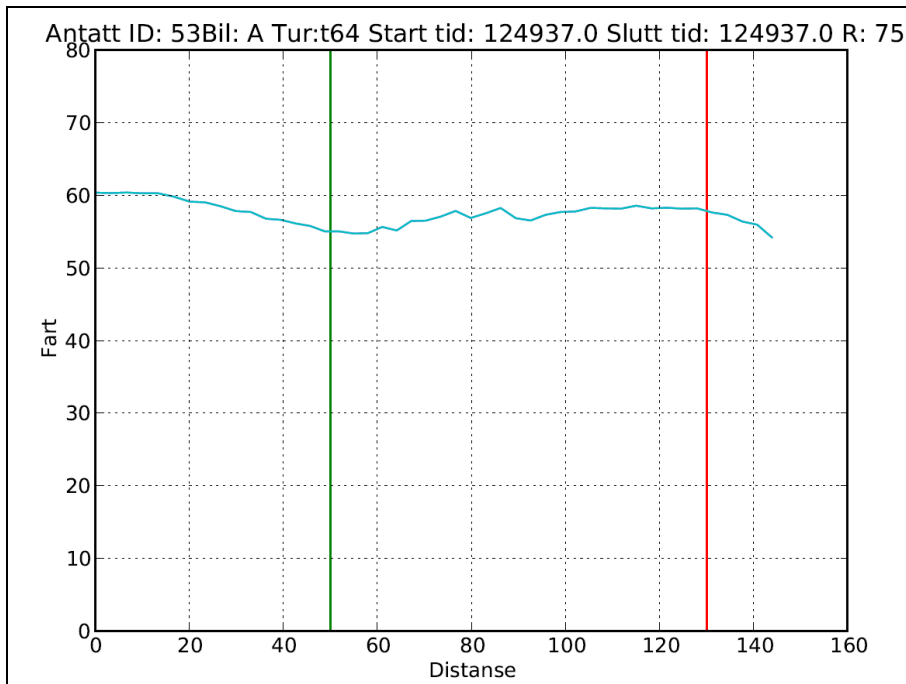
I dette avsnittet er fartsprofiler for kjøring på ettermiddagen (i tidsrommet kl 1330-1430) for kurveradius  $R=75$  m vist. De grønne og røde vertikale linjer i diagrammet markerer omtrentlig plassering av kurven langs kjørelinjen der radius er som angitt dersom det kjøres etter planlagt linje.



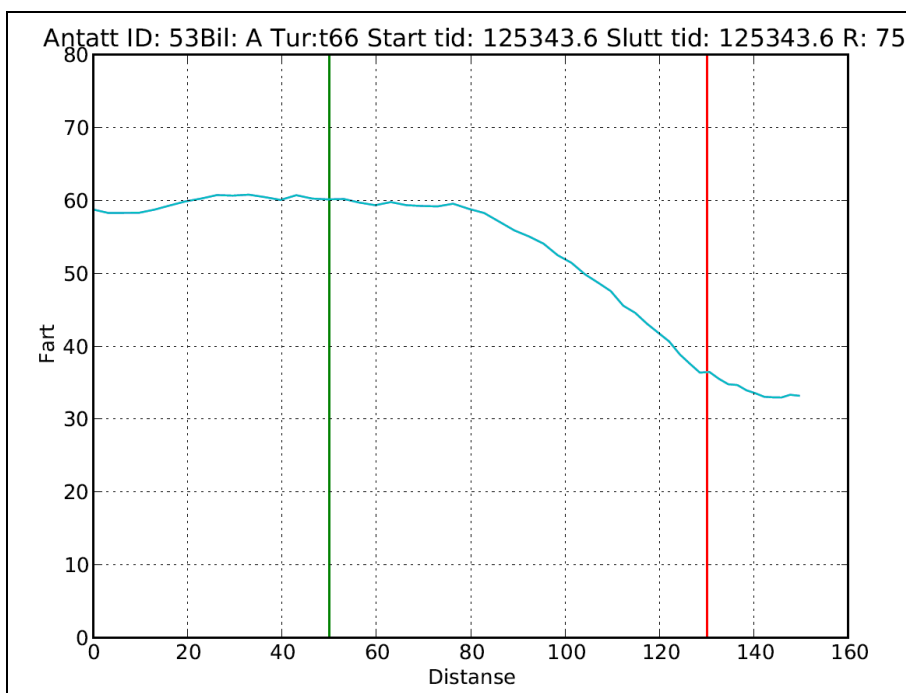
**Fartsprofil 23 Bil A med ESP, angitt fart 60 km/t,  $R=75$  m ( $R_b=92$ )**



**Fartsprofil 24 Bil A uten ESP, angitt fart 60 km/t,  $R=75$  m ( $R_b=93$ )**



**Fartsprofil 25 Bil A med ESP, angitt fart 65 km/t, R=75 m ( $R_b=91$ ), sjåføren rapporterer slipp**



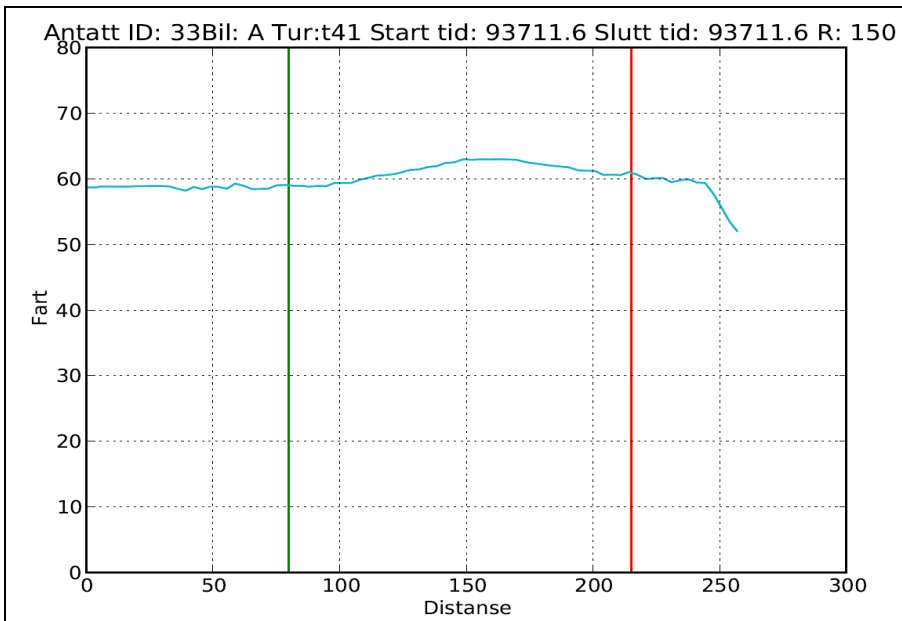
**Fartsprofil 26 Bil A med ESP, angitt fart 65 km/t, R=75 m ( $R_b=89$ ), sjåføren rapporterer slipp**

Ut fra fartsprofilene over kan det tyde på at slippfarten for R=75 for ettermiddagskjøringene ligger i området 57 - 60 km/t.

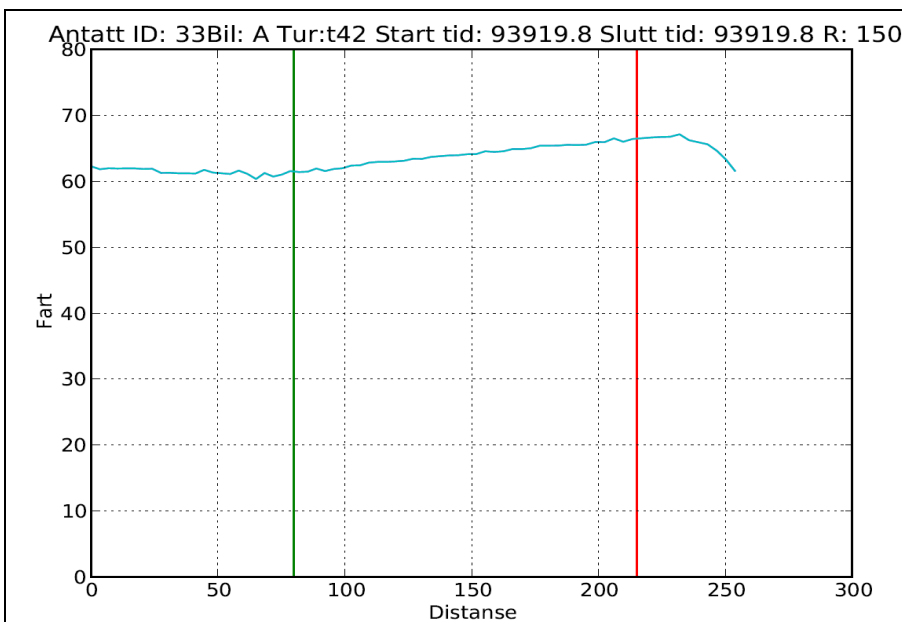


## Vedlegg 5 Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 150 m - Formiddag

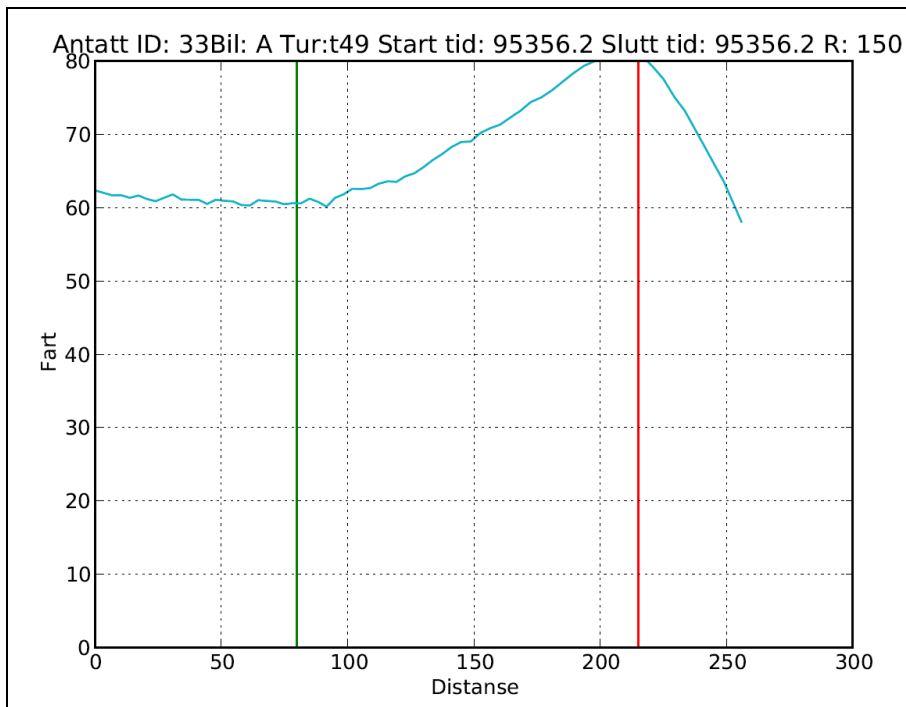
I dette avsnittet er fartsprofiler for kjøring på formiddagen (i tidsrommet kl 09-11) for kurveradius  $R=150$  m vist. I Fartsprofil 30 og Fartsprofil 31 nedenfor vises fartsprofil for kjøretøy A gjennom kurve med radius  $R=150$  m, uten ESP innkoblet. Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes. De grønne og røde vertikale linjer i diagrammet markerer omtrentlig plassering av kurven langs kjørelinjen der radius er som angitt dersom det kjøres etter planlagt linje. Kjøretøyet får ikke slipp ved fart 70 km/t, men ved 72-73 km/t får det slipp.



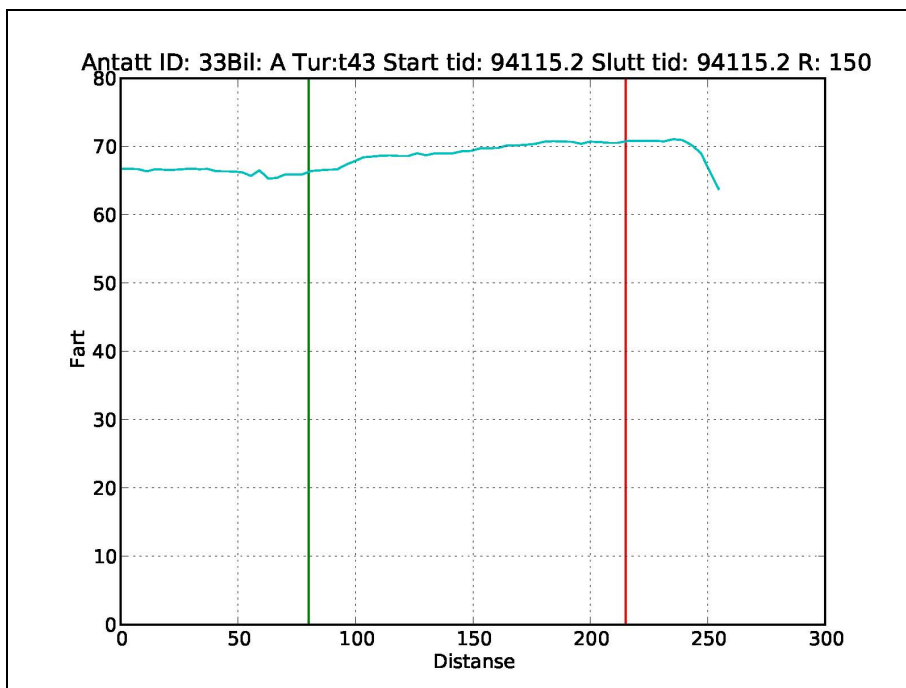
**Fartsprofil 27 Bil A uten ESP, angitt fart 60 km/t,  $R=150$  m ( $R_b=187$ )**



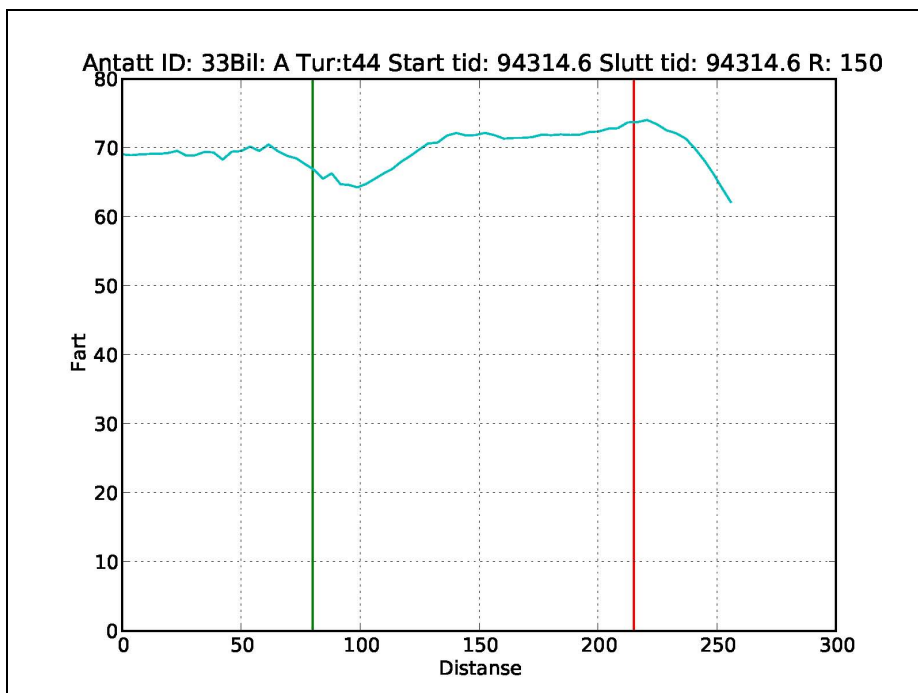
**Fartsprofil 28 Bil A uten ESP, angitt fart 65 km/t,  $R=150$  m ( $R_b=188$ )**



**Fartsprofil 29 Bil A uten ESP, angitt fart 65 km/t, R=150 m ( $R_b=192$ )**

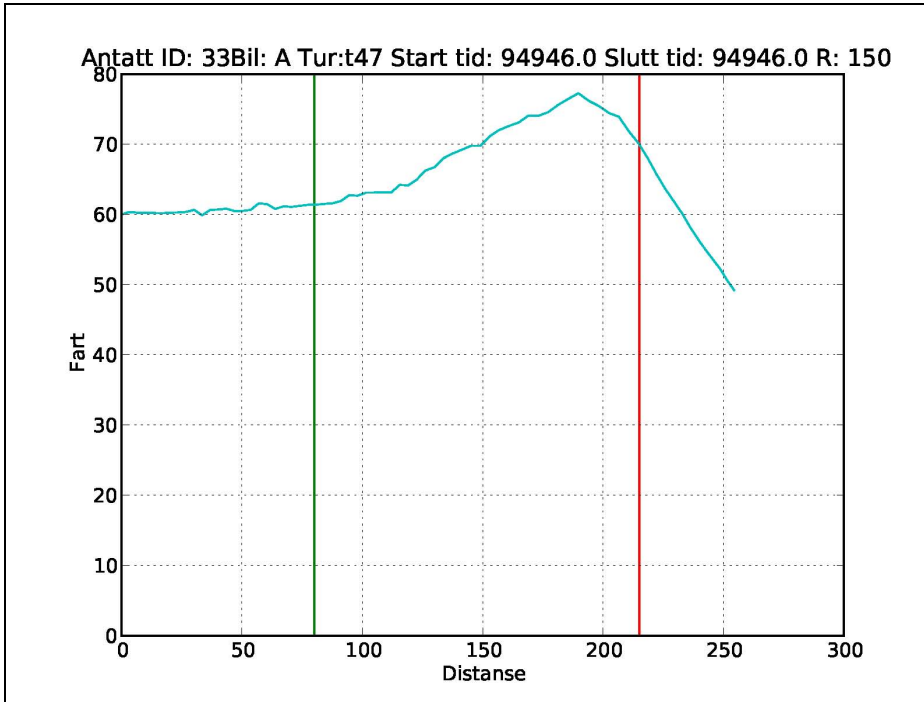


**Fartsprofil 30 Bil A uten ESP, angitt fart 70 km/t, R=150 m ( $R_b=185$ )**

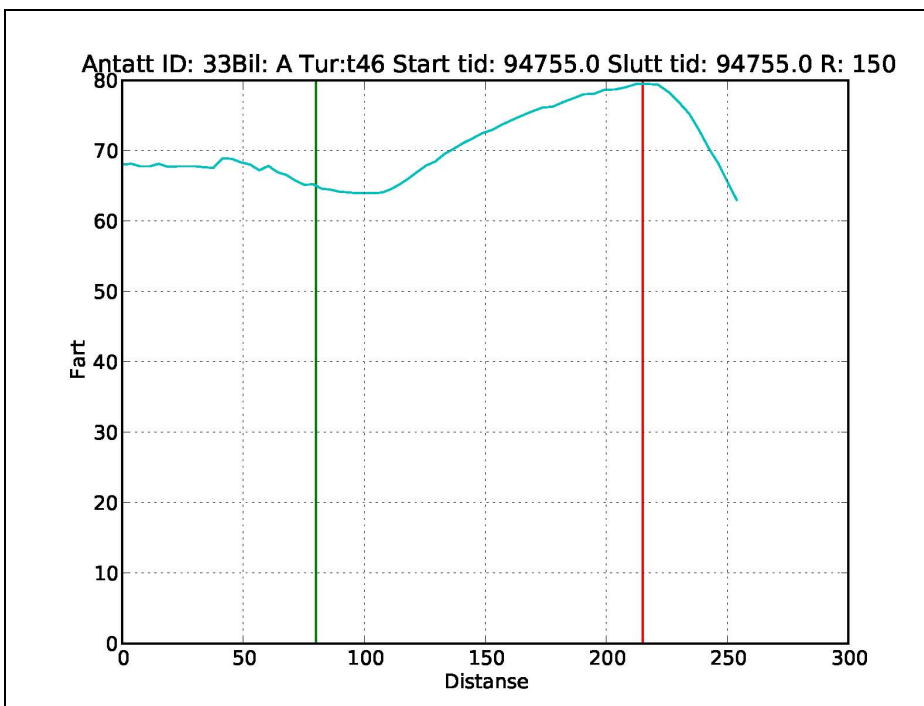


**Fartsprofil 31 Bil A uten ESP, angitt fart 75 km/t, R=150 m ( $R_b=183$ ), sjåfør rapporterer slipp**

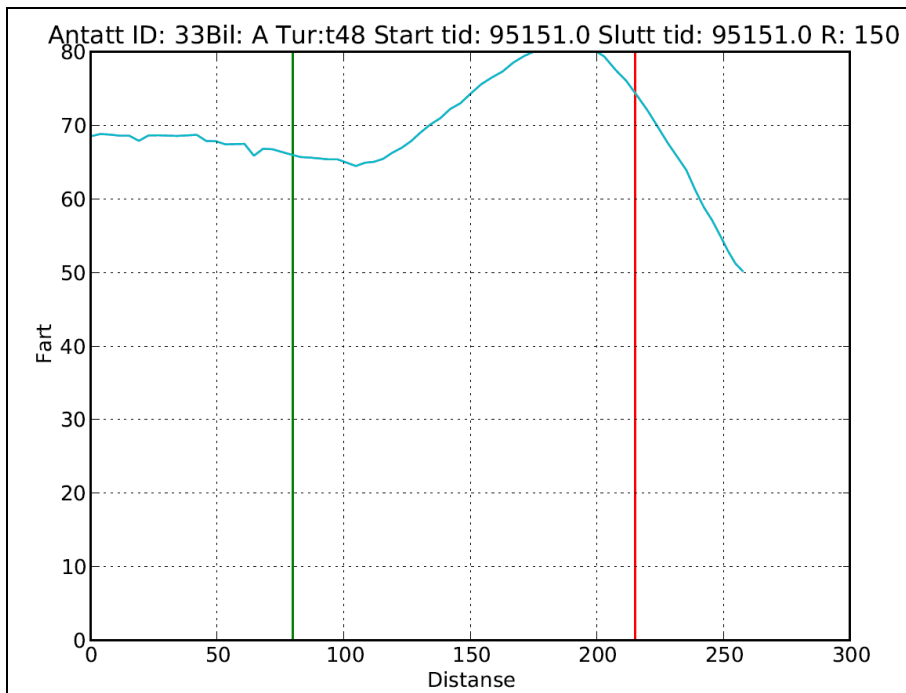
I Fartsprofil 32 og Fartsprofil 33 nedenfor er det vist to turer med kjøretøy A i kurve R=150 m med ESP innkoblet. Sjøføren rapporterte ikke slipp for turen i Fartsprofil 32, men for turen i Fartsprofil 33 ble det rapportert slipp. Figurene kan være noe vanskelig å tolke, men det kan se ut som om slippfarten ligger rundt 70-75 km/t.



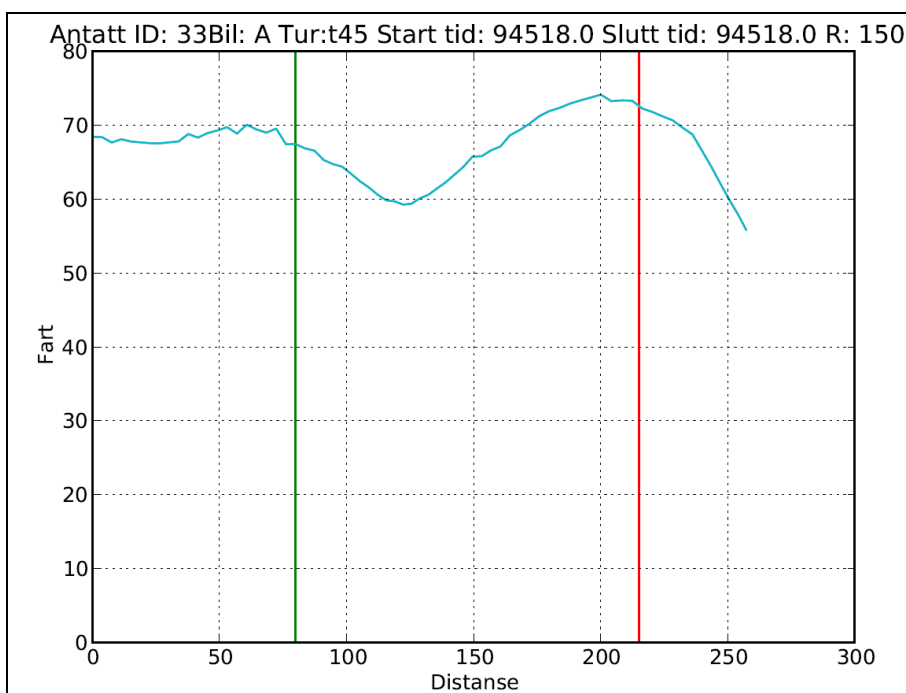
**Fartsprofil 32 Bil A med ESP, angitt fart 65 km/t, R=150 ( $R_b=194$ )**



**Fartsprofil 33 Bil A med ESP, angitt fart 70 km/t, R=150 m ( $R_b=178$ ), sjåfør rapporterte slipp**



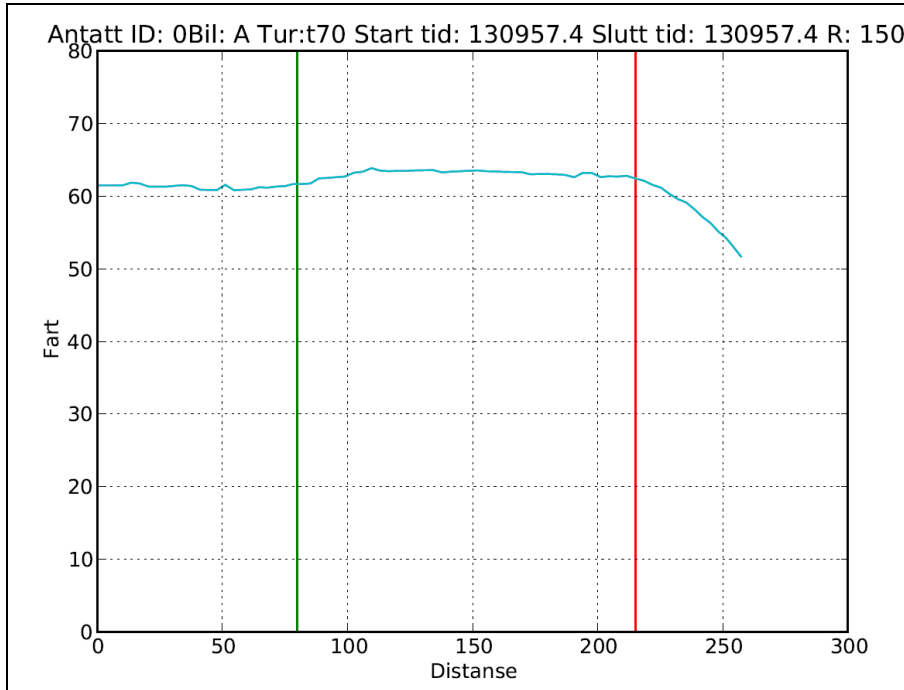
**Fartsprofil 34 Bil A med ESP, angitt fart 70 km/t, R=150 m ( $R_b=175$ ), sjåfør rapporterte slipp**



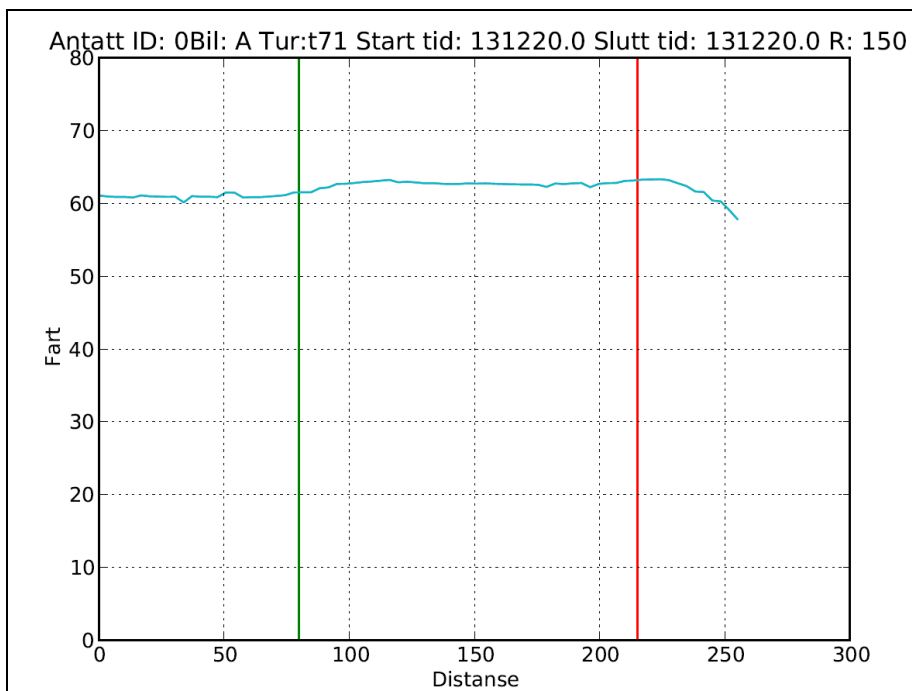
**Fartsprofil 35 Bil A med ESP, angitt fart 75 km/t, R=150 ( $R_b=177$ ), sjåfør rapporterte slipp**

## Vedlegg 6 Fartsprofil - kjøring med personbil – Kurveradius 150 m - Ettermiddag

I dette avsnittet er fartsprofiler for kjøring på ettermiddagen (i tidsrommet kl 1330-1430) for kurveradius  $R=150$  m vist. De grønne og røde vertikale linjer i diagrammet markerer omtrentlig plassering av kurven langs kjørelinjen der radius er som angitt dersom det kjøres etter planlagt linje.

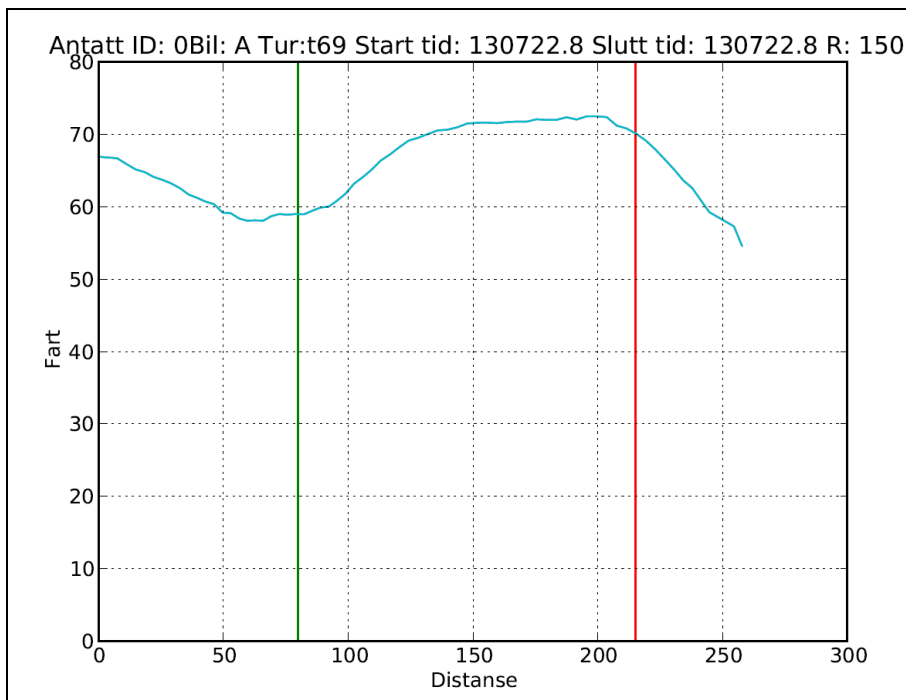


**Fartsprofil 36 Bil A med ESP, angitt fart 65 km/t,  $R=150$  ( $R_b=187$ )**

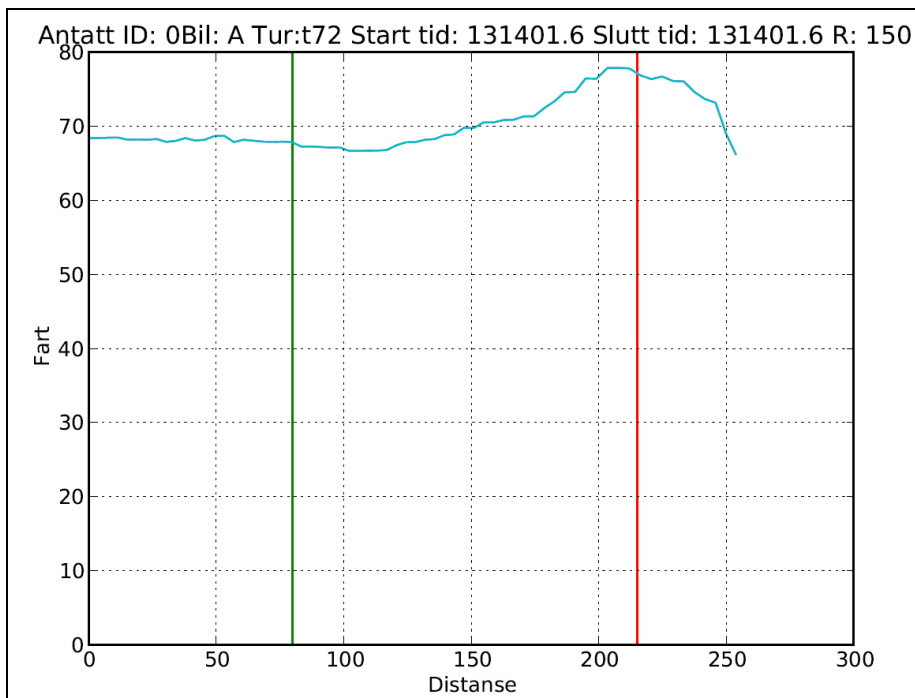


**Fartsprofil 37 Bil A uten ESP, angitt fart 65 km/t,  $R=150$  ( $R_b=182$ )**

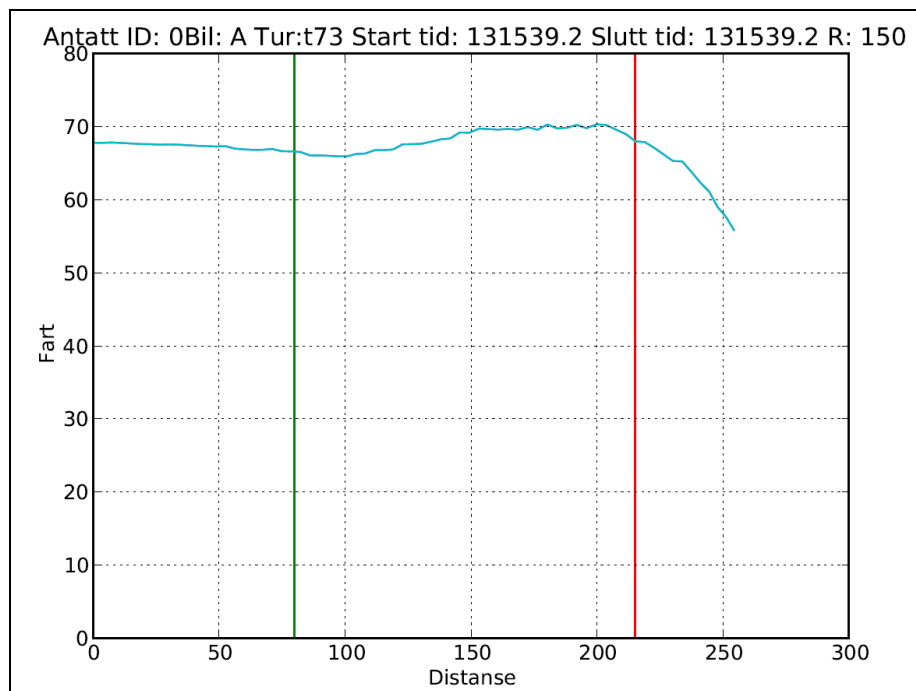




**Fartsprofil 38 Bil A uten ESP, angitt fart 70 km/t, R=150 ( $R_b=176$ ), sjåfør rapporterte slipp**



**Fartsprofil 39 Bil A uten ESP, angitt fart 70 km/t, R=150 ( $R_b=177$ ), sjåfør rapporterte slipp**

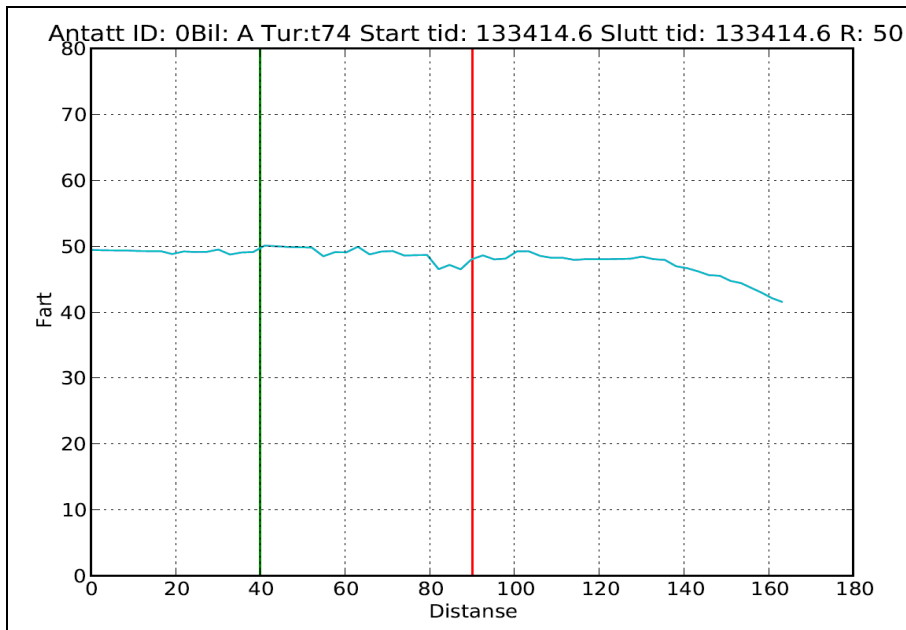


**Fartsprofil 40 Bil A med ESP, angitt fart 70 km/t, R=150 ( $R_b=179$ ), sjåfør rapporterte slipp**

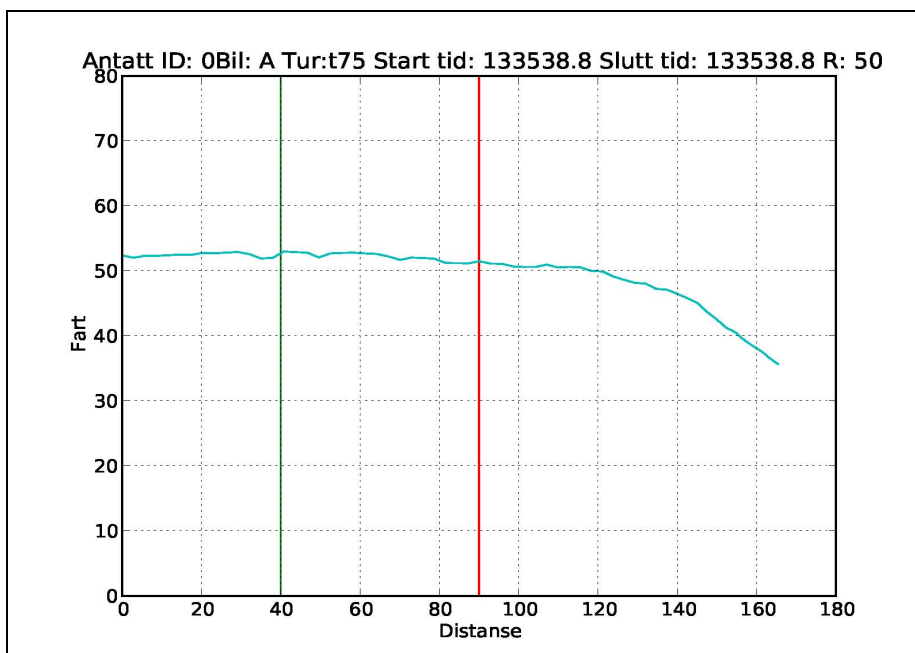
Ut fra fartsprofilene over kan det tyde på at slippfart for R=150 i ettermiddagskjøringene ligger noe lavere enn formiddagskjøringene, dvs mellom 65 og 70 km/t.

## Vedlegg 7 Fartsprofil - kjøring med personbil - Kurveradius 60 m sandet - Ettermiddag

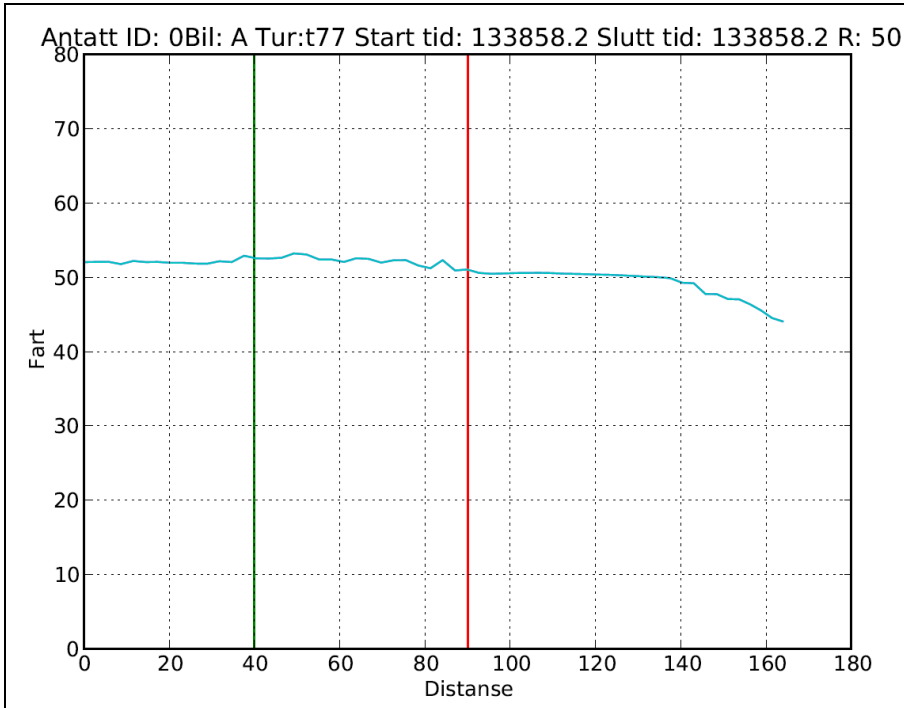
I dette avsnittet er fartsprofiler for kjøring på ettermiddagen (i tidsrommet kl 1330-1430) for kurveradius  $R=60$  m sandet vist. Det ble ikke kjørt på sandet område på formiddag. I Fartsprofil 42 og Fartsprofil 45 nedenfor er det vist to turer med kjøretøy A i kurve  $R=60$  m (sandet). Beregnet kjøreradius  $R_b$  fra GPS-data er vist i parentes. De grønne og røde vertikale linjer i diagrammet markerer omtrentlig plassering av kurven langs kjørelinjen der radius er som angitt dersom det kjøres etter planlagt linje. Det ble kjørt med ESP. Ut fra figurene kan det tolkes om slippfarten ligger i området 52-55 km/t.



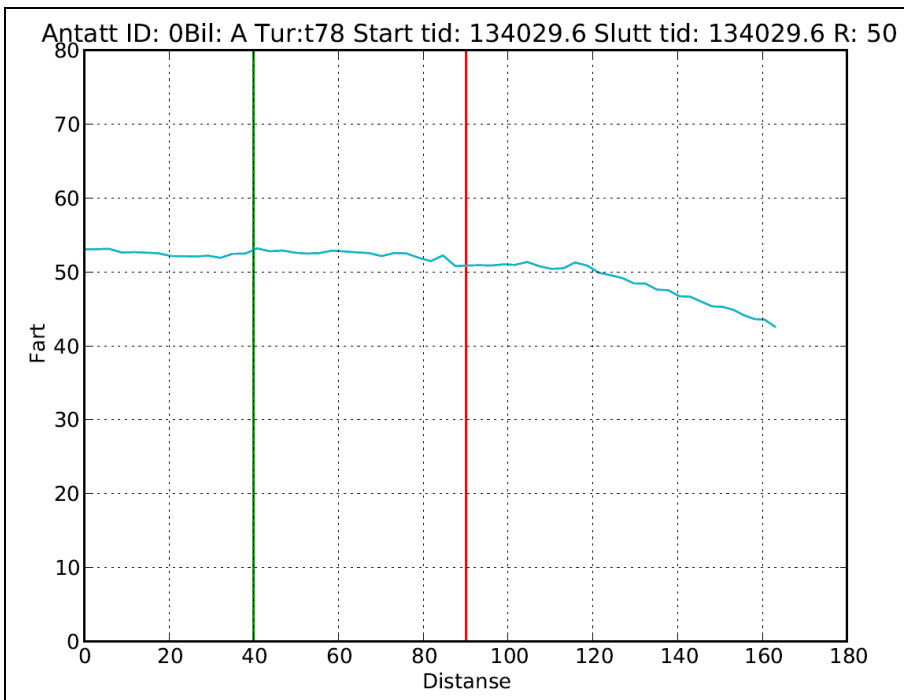
**Fartsprofil 41 Bil A med ESP, oppgitt fart 50 km/t,  $R=60$  m ( $R_b=64$ )**



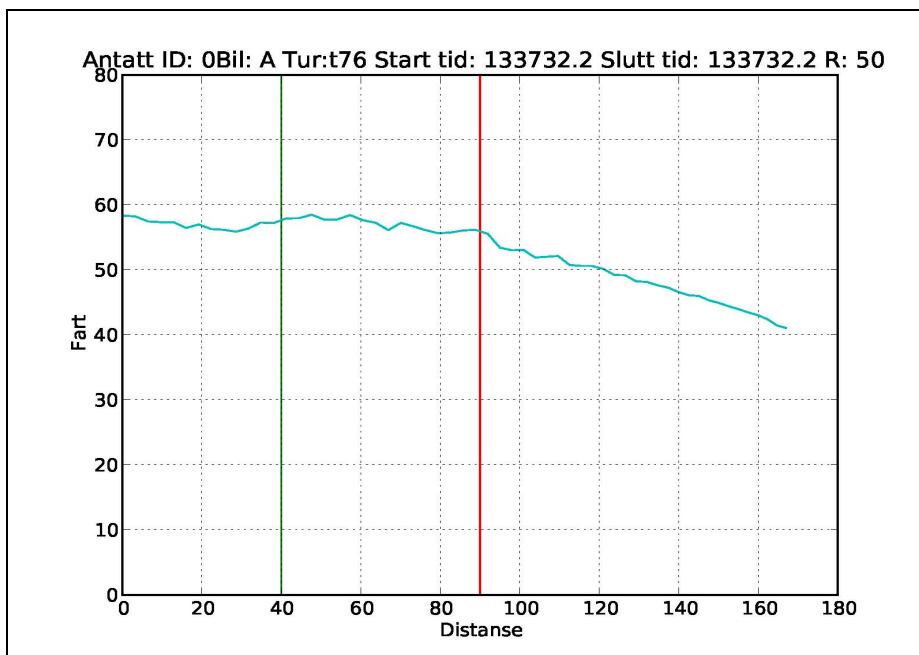
**Fartsprofil 42 Bil A med ESP, oppgitt fart 55 km/t,  $R=60$  m ( $R_b=62$ )**



**Fartsprofil 43 Bil A uten ESP, oppgitt fart 55 km/t, R=60 m ( $R_b=63$ ), sjåføren rapporterer slipp**



**Fartsprofil 44 Bil A med ESP, oppgitt fart 55 km/t, R=60 m ( $R_b=62$ ), sjåføren rapporterer slipp**



**Fartsprofil 45 Bil A med ESP, oppgitt fart 60 km/t, R=60 ( $R_b=63$ ), sjåfør rapporterte slipp**





Teknologi for et bedre samfunn  
[www.sintef.no](http://www.sintef.no)