



# Streknings-ATK i tunnel

Målt effekt på kjørefart  
Beregnet effekt på ulykker

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 142



**Tittel**

Streknings-ATK i tunnel

**Undertittel**

Målt effekt på kjørefart  
Beregnet effekt på ulykker

**Forfatter**

Arild Ragnøy

**Avdeling**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

**Seksjon**

Trafikksikkerhet

**Prosjektnummer**

602710

**Rapportnummer**

Nr. 142

**Prosjektleder**

Arild Ragnøy

**Godkjent av**

Marit Brandtsegg

**Emneord**

Streknings-ATK, Tunnel, Effekt på kjørefart, Ulykkesberegning

**Sammendrag**

Streknings-ATK er forsøkt i 4 vegtunneler med ulike karakteristika.

Effekten på kjørefart er målt. Resultatene viser at effekten er minst like god som for veg i dagen. Det er målt fartsreduksjoner mellom 3km/t og 10 km/t.

Størst reduksjon der farten var høyest før SATK.

Effekten på ulykker er beregnet med en nylig utviklet eksponentialmodell til mellom 11% og 20%.

**Title**

Automatic Section Speed Control in Tunnels

**Subtitle**

Effect on speed and accidents

**Author**

Arild Ragnøy

**Department**

Traffic Safety, Environment and Technology Department

**Section**

Traffic Safety Section

**Project number**

602710

**Report number**

No. 142

**Project manager**

Arild Ragnøy

**Approved by**

Marit Brandtsegg

**Key words**

Automatic Section Speed Control, Tunnels, Effects on speed, Accident reduction

**Summary**

Experiments on Automatic Section Speed Control has been carried out in 4 different tunnels in Norway. Effects on speed has been measured. The reduction is between 3km/h and 10km/h. The largest reduction where the speed are highest before ASSC.

Accident reduction between 11% and 20% are calculated using a new alternative to the power-model.



## Forord

Nasjonal Transportplan 2014-2023 presenterer ambisiøse mål for trafikksikkerhetsutviklingen i Norge, med maksimalt 500 drepte og hardt skadde inne 2024. For å kunne nå et slikt mål viser forskningen at det er avgjørende viktig å sette inn tiltak som ytterligere reduserer fartsnivået på vegnettet.

Streknings-ATK (SATK) er ett slikt tiltak.

I 2009 startet forsøkene med SATK i Norge. Først med 3 strekninger på veg i dagen. Resultatene fra disse forsøkene, som er presentert i en egen rapport (VD-rapport nr 1, januar 2011), viser meget gode resultater. Det oppnås betydelige og varige fartsreduksjoner over hele SATK-strekningen, med tilhørende store beregnede ulykkesreduksjoner.

Denne evalueringsrapporten dokumenterer virkningen på kjørefarten fra forsøk med SATK i tunneler. Forsøkene er gjennomført i fire vegtunneler; tre undersjøiske og en i innlandet. Alle med ulik utforming og forsøksdesign.

Erfaringsmessig kan fartsnivået være meget høyt i tunneler generelt og i undersjøiske tunneler spesielt. Dette, sammen med det betydelige katastrofepotensialet ved ulykker i tunneler, gjør at tiltak rettet mot kjørefart over fartsgrensen er nødvendig og ønskelig. Både HMS-hensyn, men også tidspunkt for fartsovertredelser, gjør tradisjonell politiinnsats vanskelig i tunneler og derfor er SATK et spesielt godt egnet tiltak her.

Måleresultatene er samlet inn gjennom et samarbeid mellom Region nord, Region midt, Region øst og Trafikksikkerhetsseksjonen i Vegdirektoratet. Her har spesielt overingeniør Bjørn Brændshøi og senioringeniør Svenn Fjeld Olsen deltatt i bearbeidingen av data. Sist nevnte har i betydelig grad også bidratt med utviklingen av nytt verktøy for beregning av relativ risiko i fartsintervaller.

Fagdirektør Finn Harald Amundsen har bidratt med gode råd og kommentarer undervegs i arbeidet.

Sjefingeniør Arild Ragnøy har hatt ansvaret for forsøkene og har skrevet rapporten.

Oslo, april 2013



Marit Brandtsegg

Direktør

Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen  
Vegdirektoratet



Guro Ranes

Avdelingsdirektør

Trafikksikkerhetsseksjonen  
Vegdirektoratet



# **Innhold**

## **Forord**

## **Innhold**

## **Sammendrag**

### **1. Introduksjon.**

### **2. SATK på veg i dagen.**

### **3. SATK i tunneler.**

- 3.1 Generelt om plassering av fotobokser i tunneler.
- 3.2 SATK i tunnel gir nye problemstillinger og utfordringer.
- 3.4 Steder for utprøving

### **4. Datainnsamling og metode**

### **5. Resultater fra før- etter målinger. Endring av kjørefart**

- 5.1 Hell
- 5.2 Eiksund
- 5.3 Hvaler
- 5.4 Tromsøsund

### **6. Fartens bidrag til risiko.**

- 6.1 Eksponentialmodellen - et hensiktsmessig begrepsapparat
- 6.2 Redusert risiko og redusert ulykkestall i fartsintervaller
- 6.3 Endring i risikoprofil-ulykkesreduksjonspotensiale

### **7. Beregnet ulykkesreduksjon som følge av SATK.**

- 7.1 Hell
- 7.2 Eiksund
- 7.3 Hvaler
- 7.4 Tromsøsund tunnelen

### **8. Beregninger av det totale ulykkesreduksjonspotensialet.**

- 8.1 Valderøytunnelen

### **9. Oppsummering og konklusjon**

### **10. Referanser**



## Sammendrag

ATK ble introdusert i Norge i 1988. Den gang som såkalt punkt-ATK (PATK) hvor en eller flere fotobokser ble plassert på en vegstrekning hvor skade- og ulykkestallene var høye og hvor i tillegg kjørefarten var høy. I 2013 finnes om lag 340 PATK bokser i Norge.

Da nullvisjonen ble introdusert på slutten av 1990-tallet ble det ytterligere fokus på reduksjon av trafikkulykkene i Norge. Et ennå sterkere virkemiddel basert på sanksjoner mot fart ble introdusert gjennom streknings-ATK (SATK) i 2009. SATK er basert på samme teknologi og fototeknikk som PATK, men for ytterligere å øke virkningen er fotoboksene i SATK koblet sammen på en slik måte at det muliggjør at den gjennomsnittlige kjørefarten mellom to fotobokser kan beregnes. Kjørefarten beregnes utfra strekningens lengde (km) og det målte tidsforbruket (t).

Effekten av SATK på kjørefart på veg i dagen ble evaluert og rapportert av Statens vegvesen i 2011 og ble funnet å være et ennå sterkere virkemiddel for å redusere trafikantenes kjørefart. Via kunnskap om sammenhengen mellom kjørefart og ulykker/skader ble det foretatt beregninger som viste at ulykkeseffektene av SATK kunne være opp mot 3 ganger så høye som ved konvensjonell PATK. Fra 2011 og fram til i dag er det etablert SATK på 14 steder i Norge. Dette utgjøres av 24 enkeltstrekninger på veg i dagen (SATK i to trafikketninger regnes som to strekninger).

Denne rapporten omhandler evalueringen som er foretatt av SATK i tunneler.

Erfaringsmessig kan fartsnivået være meget høyt i tunneler generelt og i undersjøiske tunneler spesielt. Dette sammen med det betydelige katastrofepotensialet ulykker i tunneler har, gjør at sanksjoner mot kjørefarter over fartsgrensen er nødvendig og ønskelig. Både HMS-hensyn, men også tidspunkt for fartsovertredelser gjør tradisjonell politiinnsats vanskelig i tunneler og at SATK derfor er et spesielt egnet tiltak her.

### Valg av tunneler

Ved valg av tunneler til utprøving av SATK er det, i tillegg til måling av effekten på kjørefart, lagt vekt på å innbefatte ulike typer tunneler med fokus på ulike problemstillinger. Tabell S1 viser hvilke tunneler som er valgt, samt hvilke problemstillinger som er forsøkt belyst hvor.

Tunnel navn	Fylke	Veg nr	Type tunnel	Lengde m	Ådt 2010 kjt/dag	Farts grense km/t	Problemstilling som søkes belyst spesielt	Antall SATK totalt (evaluert)
Hell	Sør /Nord Trøndelag	E6	Flat tovegs trafikk	3928	15000	80	Plassering av ATK stolper utenfor tunnelmunningene.	1 <i>1</i>
Eiksund	Møre og Romsdal	FV653	Undersjøisk tovegs trafikk	7840	2030	80	Ombygging fra PATK i bunnen til full SATK	3 <i>3</i>
Tromsøysund	Troms	E8	Undersjøisk toløp envegs trafikk	2021+2016	5030/4680	80	Toløpstunnel med trafikk i flere felt	2 <i>2</i>
Hvaler	Østfold	Fv108	Undersjøisk tovegs trafikk	3887/3874	2000	80	Undersjøisk anlegg med SATK mellom tunnelmunninger	3 <i>1</i>

Tabell S1 Informasjon om de valgte tunnelene, samt problemstillinger som er forsøkt belyst.

## Effekt på kjørefart

Tabell S2 viser de 4 valgte tunnelene bestående av til sammen 9 SATK anlegg hvorav 7 er med i vår evaluering. Resultatene fra hver tunnel er presentert i separate avsnitt i rapporten som hver innledes med en kartoversikt og en skisse som viser nøkkeltall for tunnelen, samt plassering av fartsmålepunkt/telleutstyr og fotobokser.

Tunnel navn	Fylke	Kjørefart km/t		
		Før SATK	Etter SATK	Redusjon km/t
Hell	Sør /Nord Trøndelag	77,9	75,3	2,6
Eiksund hele	Møre og Romsdal	81,1	74,5	6,6
S1		84,4	75,2	9,2
S2		77,9	74,3	3,6
S3		80,6	75,3	5,3
Tromsøysund T1	Troms	80,3	73,6	6,7
Tromsøysund T2		79,6	73,7	5,9
Hvaler retn 2	Østfold	77,8	68,8	9,0

Tabell S2: Fart før og etter SATK i de fire forsøktunnelene km/t. Reduksjon i fart km/t

Tabell S2 viser resultatene av fartsmålingene før og etter SATK er etablert. For Eiksund presenteres også et samleresultat fra første til siste målepunkt i to påfølgende SATK anlegg (Eiksund hele). De største reduksjonene i Eiksund ble målt i SATK ned mot bunnen.

Den største reduksjonen på 9,2km/t ble målt i Eiksund tunnelen, Fv 653, Møre og Romsdal. Her var også farten før SATK høyest med 84,4km/t i gjennomsnitt. Resultatene er basert på en punktmåling i nedløpet fra Eiksund (km1580), retning fra Ørsta i før-situasjonen og SATK S1 måling i samme retning med punktene A1 og M.

Minst endring av kjørefarten ble målt i Hell tunnelen, E6, Trøndelag med 2,6km/t. Her var farten før SATK blant de lavere som ble målt. I Helltunnelen var det tidligere PATK.

Gjennomgående er fartsreduksjonene relativt store varierende fra 2,6km/t til 9,2 km/t. I likhet med for veg i dagen er det en sammenheng mellom farten før SATK introduseres og den oppnådde fartsreduksjonen. Der hvor farten er høy før SATK oppnås den største reduksjonen. Evalueringen viser at minst 90 % av trafikantene holder fartsgrensen i situasjonen etter SATK, nesten uavhengig av farten i førsituasjonen.



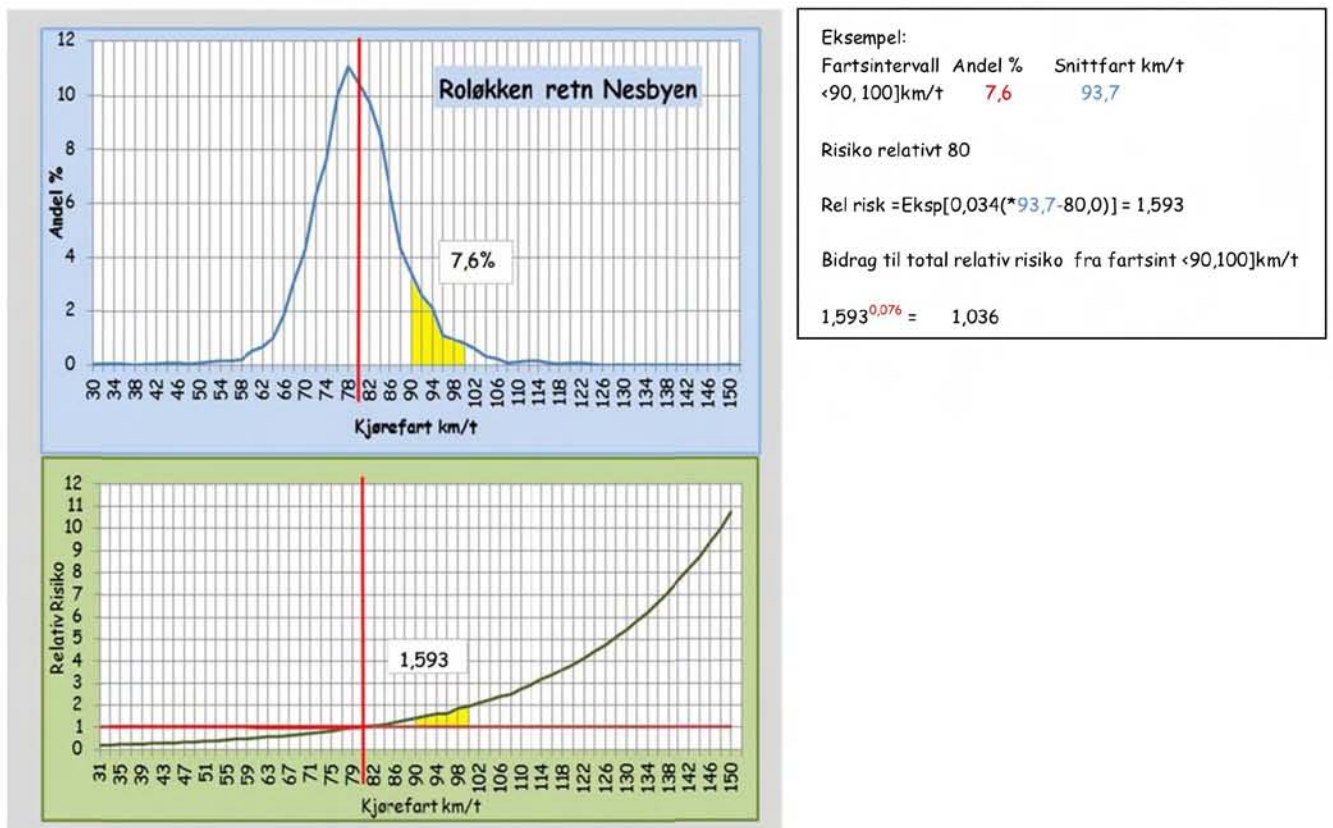
## Sammenheng fart og risiko

Tidligere er sammenhengen mellom kjørefart og risikoen for ulykker beskrevet ved den såkalte Powermodellen. Denne muliggjør å beregne endringer i risiko som funksjon av endringer av gjennomsnittlig fart i en fartsfordeling.

I en vitenskapelig artikkel i 2012 har denne modellen blitt re-estimert og foreslått erstattet av en eksponensialmodell. Eksponentialmodellen beskriver data bedre (har høyere forklaringsevne) enn powermodellen. Samtidig angir den at risikoen for ulykker øker betydelig raskere med eksponentialmodellen enn med Powermodellen. Eksempelvis er den relative risikoen (sett i forhold til en fart lik fartsgrensen (80km/t med relativ risiko =1)) for en fart  $v=140\text{km/t}$  beregnet med Powermodellen 3,4 (med eksponent 2,2), mens den med eksponentialmodellen er 7,7. Det vil si at dersom en person kjører i 140km/t er risikoen for ulykker 7,7 ganger høyere enn om man kjører i 80km/t i henhold til eksponentialmodellen. Tilsvarende i powermodellen er 3,4.

En annen egenskap ved eksponentialmodellen innebærer at det er mulig å beregne hvilken betydning et fartsintervall har for den totale risikoen i hele populasjonen. Det eneste man trenger er gjennomsnittsfarten og andelen kjøretøy i det aktuelle intervallet. Dette er belyst i en artikkel fra 2013. Her introduseres de multiplikative risikobidragene som danner grunnlaget for de beregninger som er gjort her.

Beregningen er vist som et eksempel i figur S1.



Figur S1: Fartsintervallenes bidrag til total relativ risiko beregnet med eksponentialmodellen.

Den gjennomsnittlige kjørefarten i fartsintervallet <90,100] km/t (merket med gult i figuren) er 93,7km/t. En trafikant med denne kjørefarten har en risiko for ulykker på 1,593 (=eksp 0,034(93,7-80,0)) relativt en trafikant som kjører i 80 km/t. Gruppen med denne gjennomsnittlige farten (93,7km/t) utgjør 7,6% av den totale fartsfordelingen og gruppens bidrag til den totale risikoen i fordelingen blir 1,036(=1,593<sup>0,076</sup> se forklarings boks). Dette kan tolkes slik at denne gruppens fartsvalg medfører en risikoøkning på 3,6% for hele gruppen, sammenliknet med om de alternativt hadde valgt en kjørefart lik 80km/t. Ulykkesreduksjonen ved å få denne gruppens kjørefart redusert til 80 km/t ville vært 3,4%. (=1-1/1,036).

### Beregnet ulykkesreduksjon.

Ved hjelp av beregningsverktøyet presentert foran kan den forventede ulykkesreduksjonen beregnes som endring i relativ risiko. Med relativ risiko menes risikoen relativt fartsgrensen (i dette tilfelle 80km/t) som er satt lik 1. Endringer i relativ risiko fra før til etter SATK kan videre benyttes til beregning av endringer i ulykkesantall (ulykkesreduksjon).

Tabell S3 viser en oversikt over fartsfordeling, relativ risiko og totalt bidrag til risikoendring for før og etter SATK i de fire tunnelene forsøkene omfatter. Det er skilt på fartsintervallene mindre enn lik fartsgrensen (<=80km/t), større enn fartsgrensen (>80km/t) og «alle» for hver av tunnelene.

Fartsintervall km/t	FØR				ETTER				ENDRING etter/før	Ulykkes reduksjon %
	Andel %	Snittfart km/t	Relativ risiko	Totalt risiko bidrag	Andel %	Snittfart km/t	Relativ risiko	Totalt risiko bidrag		
<b>Hell, E6, Trøndelag</b>										
<=80	67,8	74,9	0,840	0,889	91,4	73,5	0,802	0,817	0,920	<b>8,0</b>
>80	32,2	84,3	1,157	1,048	8,6	83,5	1,126	1,010	0,964	<b>3,6</b>
Alle (Hell)	100,0	77,9	0,931	0,931	100,0	74,3	0,825	0,825	0,886	<b>11,4</b>
<b>Eiksund, FV 653, Møre og Romsdal</b>										
<=80	50,2	74,2	0,821	0,906	88,7	74,3	0,824	0,842	0,930	<b>7,0</b>
>80	49,8	87,0	1,269	1,126	11,3	82,9	1,104	1,011	0,898	<b>10,2</b>
Alle (Eiksund)	100	80,6	1,021	1,021	100	75,3	0,852	0,852	0,835	<b>16,5</b>
<b>Hvaler, FV108, Østfold</b>										
<=80	62,9	71,4	0,748	0,833	93,8	70,6	0,727	0,741	0,890	<b>11,0</b>
>80	37,1	88,6	1,338	1,114	6,2	83,5	1,128	1,007	0,904	<b>9,6</b>
Alle (Hvaler)	100,0	77,8	0,928	0,928	100,0	71,4	0,747	0,747	0,805	<b>19,5</b>
<b>Tromsøysund, E8 Troms</b>										
Alle T1	100,0	80,3	1,010	1,010	100,0	73,6	0,804	0,804	0,796	<b>20,4</b>
Alle T2	100,0	79,6	0,986	0,986	100,0	73,7	0,807	0,807	0,818	<b>18,2</b>

Tabell S3. Gjennomsnittlig fart, andel trafikanter, relativ og totalt bidrag til risiko før og etter SATK fordelt i fartsintervall (>=80km/t og >80km/t) i de fire forsøktunnelene. Beregnet risikoendring etter/før SATK og endring i ulykkestall %.

For Helltunnelen sank snittfarten fra 77,9km/t til 74,3km/t som et resultat av SATK. Den relative risikoen sank dermed fra 0,931 til 0,825. Risikoendringen (etter/før) blir dermed 0,886 og den forventede ulykkesreduksjonen kan beregnes til 11,4% (1-0,886). Delt i de to fartsfraksjonene (<=80km/t og >80km/t) viser tabellen at det det største bidraget til total risikoreduksjon, med 8,0%, kommer fra gruppen med kjørefart <=80km/t. Her sank snittfarten fra 74,9km/t til 73,5km/t samtidig som gruppas andel av trafikantene økte fra 67,8% til 91,4%. Gruppen >80km/t bidrar på sin side med en forventet ulykkesreduksjon på 3,6%. Dette resultatet er med på å understreke og forklare hvorledes SATK som tiltak virker. De som

kjører med fart over fartsgrensen reduserer sin fart relativt mye. Etter SATK har opp mot 90% kjørefart under fartsgrensen. Men også andre, som i utgangspunktet kjører med fart under fartsgrensen, reduserer sin fart noe. Ved beregning av forventet reduksjon i ulykker blir dette å betrakte som en slags «bonus». Strengt tatt hadde den forventede ulykkesreduksjonen blitt 4,1% dersom alle med fart større enn fartsgrensen hadde redusert sin fart eksakt til fartsgrensen og alle andre hadde valgt samme fart som tidligere.

Den forventede ulykkesreduksjonen er direkte avhengig av størrelsen av fartsreduksjonen. Som det framgår av tabellen er det derfor størst forventet ulykkesreduksjon i Tromsø Sundtunnelen med total reduksjon på 20,4%. Her er fartsreduksjonen er størst med 6,7km/t fra 80,3km/t til 73,7km/t.

Alle de beregnede ulykkesreduksjonene er store, varierende fra 11,4% i Helltunnelen til 20,4% i T1 løpet i Tromsø Sund. Resultatene fra disse forsøkene er dermed entydig positive og er med på å understreke at SATK er et meget sterkt trafikksikkerhetstiltak i tunneler, på linje med de resultatene som tidligere er oppnådd for veg i dagen.

### **Ulykkesreduksjonspotensiale**

Den forventede ulykkesreduksjonen beregnet foran er basert på faktisk endring av fart målt før og etter SATK. Det presenterte beregningsverktøyet kan også benyttes til beregning av **ulykkesreduksjonspotensialer**. Disse er benyttet utelukkende på målinger av fart **før** SATK er montert og basert på en antakelse om at alle med kjørefart over fartsgrensen reduserer sin fart og tilpasser denne til fartsgrensen. I praksis betyr dette at den relative risikoen til gruppen med fart >80km/t antas å bli redusert til 1,0. Tabell S3 viste at den relative risikoen for denne gruppa målt etter SATK er svært nær 1. (Hell 1,010, Eiksund 1,011 og Hvaler 1,007).

Avslutningsvis i rapporten er det gjennomført en slik beregning og det er samtidig vist hvorledes ulykkesreduksjonspotensialet avhenger av om en fjerner alle farter (setter reaksjonsgrensen for sanksjoner) over hhv 80km/t, 90km/t eller 100km/t.

En slik beregning vil kunne benyttes i framtidig versjoner av kriterier for bruk av PATK eller SATK.

## 1. Introduksjon.

ATK ble introdusert i Norge i 1988. Den gang som såkalt punkt-ATK (PATK) hvor en eller flere fotobokser ble plassert på en vegstrekning hvor skade- og ulykkestallene var høye og hvor i tillegg kjørefarten var høy. I 2013 finnes om lag 340 PATK bokser i Norge.

PATK er evaluert ved flere anledninger, både med tanke på effekten på ulykker og på kjørefart. Det ble konkludert med at PATK var et sterkt og nødvendig virkemiddel i trafikksikkerhetsarbeidet i Norge. Gjennomsnittlig ulykkesreduksjon ble målt til ca 16%, og noe høyere for de alvorlige ulykkene.

Da nullvisjonen ble introdusert på slutten av 1990-tallet ble det ytterligere fokus på reduksjon av trafikkulykkene i Norge. Et ennå sterkere virkemiddel basert på sanksjoner mot fart ble introdusert gjennom streknings-ATK (SATK) i 2009. SATK er basert på samme teknologi og fototeknikk som PATK, men for ytterligere å øke virkningen er fotoboksene i SATK koblet sammen på en slik måte at det muliggjør at den gjennomsnittlige kjørefarten mellom to fotobokser kan beregnes. Kjørefarten beregnes ut fra strekningens lengde (km) og det målte tidsforbruket (t).

Effekten av SATK på kjørefart på veg i dagen ble evaluert og rapportert i 2011 og ble funnet å være et ennå sterkere virkemiddel for å redusere trafikantenes kjørefart. Via kunnskap om sammenhengen mellom kjørefart og ulykker/skader ble det foretatt beregninger som viste at ulykkeseffektene av SATK kunne være opp mot 3 ganger så høye som ved konvensjonell PATK. Fra 2011 og fram til i dag er det etablert SATK på 14 steder i Norge. Dette utgjøres av 24 enkeltstrekninger på veg i dagen.

Parallelt med denne etableringen er det i regi av Statens vegvesen, Vegdirektoratet foretatt eksperimenter med bruk av SATK i tunneler i Norge. Dette betyr nye utfordringer og problemstillinger både av rent teknisk karakter, men også hva gjelder trafikantenes tilpasninger til systemet.

Denne rapporten omhandler evalueringen som er foretatt av SATK i tunneler.

## 2. SATK på veg i dagen.

Effekten av SATK på kjørefart ble evaluert i 2011 (Ragnøy 2011). Resultatene fra denne evalueringen er vist i tabell 1, komplettert med data fra SATK etablert på RV7 mellom Bromma og Nesbyen i Hallingdal sommeren 2011. Som en referanse og sammenlikningsgrunnlag presenteres hovedresultatet i tabell 1

Sted	Fylke	Veg nr	Lengde m	Ådt 2009 kjt/dag	Fartsgrense km/t	Kjørefart km/t		Redusjon %
						Før SATK	Etter SATK	
Bakkevann	Telemark	E18	8600	6500	80	76,7	74,0	2,7
Dovreskogen	Oppland	E6	5059	3425	80	89,4	80,6	8,8
Alvdal	Hedmark	RV3	9530	2125	80	88,5	78,3	10,2
Nesbyen	Buskerud	RV7	6700	5000	80	77,5	72,6	4,9

Tabell 1. Resultater fra evaluering av SATK. Stedsident, lengde, ÅDT, fartsgrense og målt kjørefart før- og etter SATK.

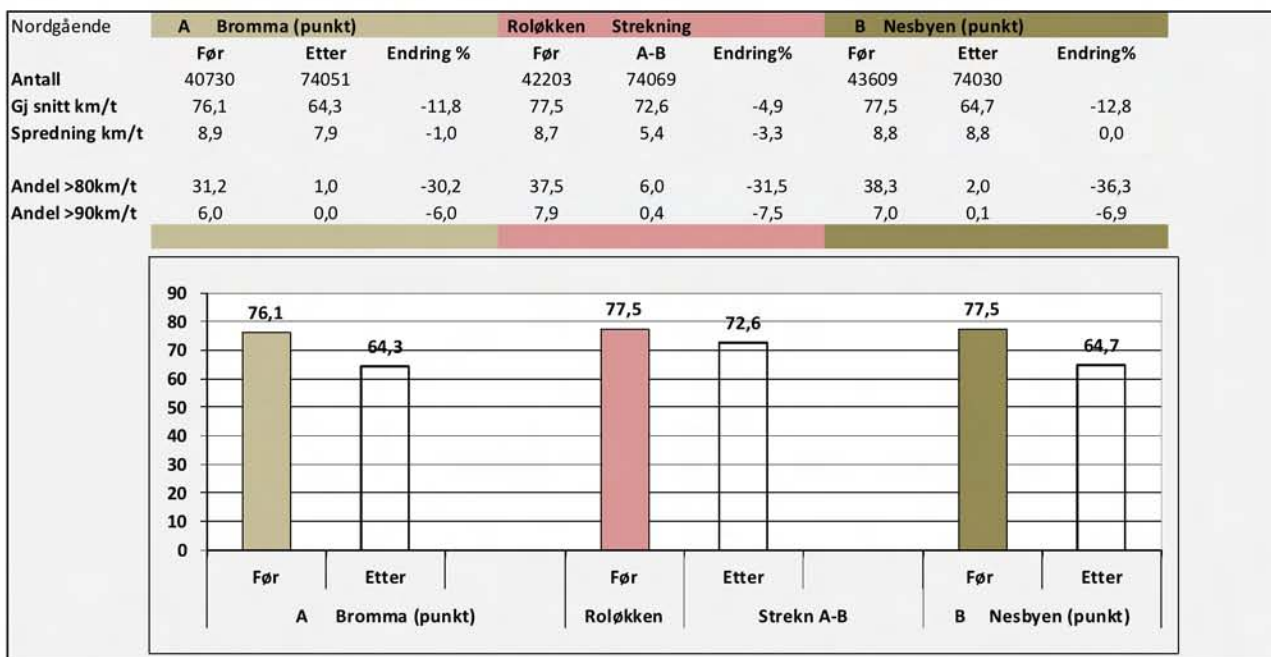
Som det framgår av tabellen er det målt til dels store effekter på kjørefarten. Størst er effekten på Alvdal, RV3, Hedmark hvor det er målt en fartsreduksjon på 10,2 km/t, fra 88,5km/t i før-situasjonen til 78,3km/t i etter-situasjonen. Tilsvarende reduksjon er på E6, Dovreskogen målt til 8,8km/t. På E18, Bakkevann er reduksjonen målt til 2,7km/t, fra 76,7km/t til 74,0km/t. Det er verd å merke seg at farten i førsituasjonen her er lavere enn på de andre stedene. Gjennomsnittsfarten er her 76,7km/t før SATK, hvilket er noe lavere enn fartsgrensen. Med den spredningen av farten (målt i km/t) som finnes her, innebærer dette likevel at 36,8% kjører fortere enn fartsgrensen.

Den oppnådde fartsreduksjonen viser en klar sammenheng med den målte farten før SATK er etablert.

På Nesbyen, Rv7 i Hallingdal, reduseres kjørefarten på den 6700m lange strekningen fra A(Bromma) til B(Nesbyen) ved introduksjon av SATK med 4,9km/t fra 77,5km/t i før-situasjonen til 72,6km/t i etter-situasjonen. Spredningen reduseres fra 8,7km/t til 5,4km/t. Andelen med kjørefart over fartsgrensen, 80km/t, reduseres fra 37,7% til 6,0%. Andelen med kjørefart over 90km/t er i situasjonen etter SATK redusert fra 7,9% til 0,4%

Dette er vist i figur 1

Figuren viser videre at kjørefarten målt i fotoboksene A og B reduseres mer enn på strekningen. I punkt A(Bromma) reduseres farten med 11,8km/t og i punkt B (Nesbyen) med 12,8km/t. Dette er helt i tråd med resultatene fra de andre SATK på veg i dagen som er evaluert. Reduksjonen er gjennomgående større i punkt B enn i punkt A og større i punktene enn på strekningen.



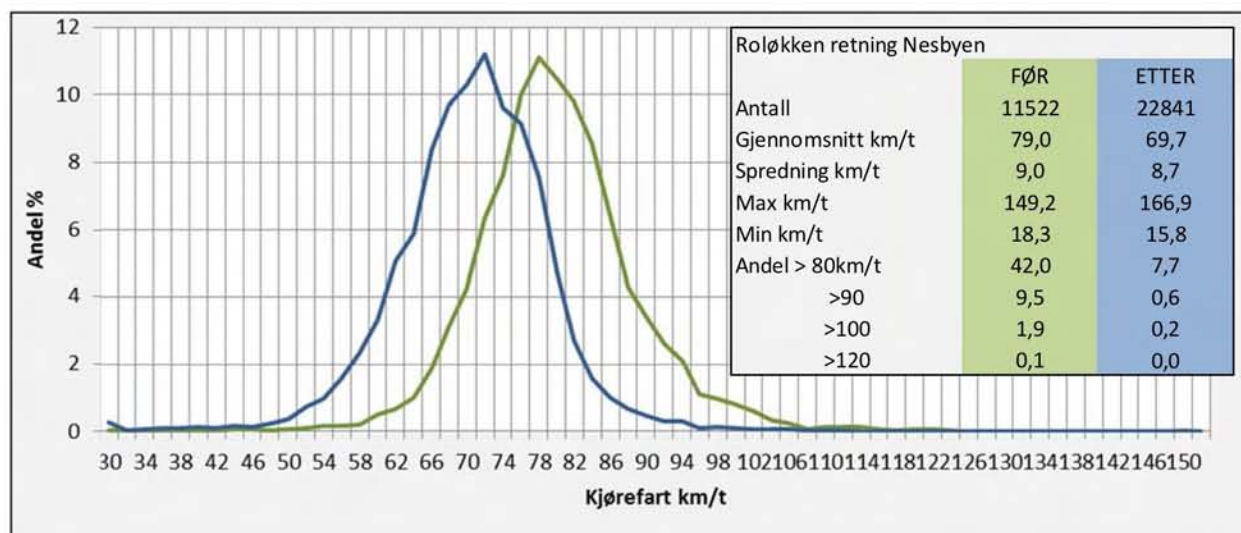
Figur 1: Før- og etter SATK på Nesbyen, RV7, Hallingdal.

Antall kjøretøyer, gjennomsnittsfart, spredning og andel over hhv 80 og 90 km/t. I fotoboks A på Bromma, på strekningen AB og i fotoboks B på Nesbyen.

Det er verd å merke seg en relativt lav kjørefart i punktene A og B i situasjonen etter SATK, hensyn tatt til fartsgrensen som er 80km/t.

For på en bedre måte å kunne observere trafikantenes reaksjoner og tilpasninger, er det også foretatt nærmere analyser av målinger av enkeltkjøretøyer på strekningen i Hallingdal

Dette er vist i figur 2.



Figur 2: Fartsfordeling før- og etter SATK på Nesbyen, Rv7, Hallingdal. Enkeltkjøretøyer ved Roløkken. Antall kjøretøy, gjennomsnitt og - spredning (km/t). Andel trafikanter over hhv 80, 90, 100 og 120 km/t

Figuren er laget på bakgrunn av enkeltkjøretøyobservasjoner i tellepunktet Roløkken om lag midt på SATK-strekningen. Totalt omfatter figuren ca33000 kjøretøyer. 11000 kjøretøyer i før-situasjonen i mars 2011 og 22000 i etter-situasjonen i juli samme år.

Gjennomsnittsfarten synker fra 79,0km/t til 69,7km/t, hvilket tilsvarer en reduksjon på 9,3 km/t eller 11,8%. (Det er denne reduksjonen som kan benyttes til beregninger av effekten på skader og ulykker)

Spredning av farten synker marginalt fra 9,0km/t til 8,7km/t. Dette er et tegn på at reduksjonen i hastighet er nokså jevnt fordelt over hele fartsfordelingen. Det vil alltid være større spredning i enkeltpunkter enn i strekningsmålinger.

Andelen med kjørefart over fartsgrensen reduseres kraftig fra 42,0% til 7,7%. Andelen med kjørefarter over 90km/t synker fra 9,5% i før-situasjonen til 0,6% i etter-situasjonen.

Tilsvarende andel over 100km/t synker fra 1,9% til 0,2%.

Figuren viser trafikantenes tilpasninger til SATK skjer på to måter:

Sanksjonsvirkemidlet SATK gjør at trafikantene med kjørefarter over fartsgrensen reduserer sin fart til dels betydelig. Andelen med kjørefart >80km/t synker fra 42,0% til 7,7%.

Samtidig flyttes hele fartsfordelingen til venstre i figuren. Dette innebærer at den andelen som kjører med fart under fartsgrensen også har en tendens til å redusere sin kjørefart.

Tabell 2 viser hvorledes de to gruppene (kjørefart >80km/t og <=80km/t) isolert reduserer sin kjørefart.

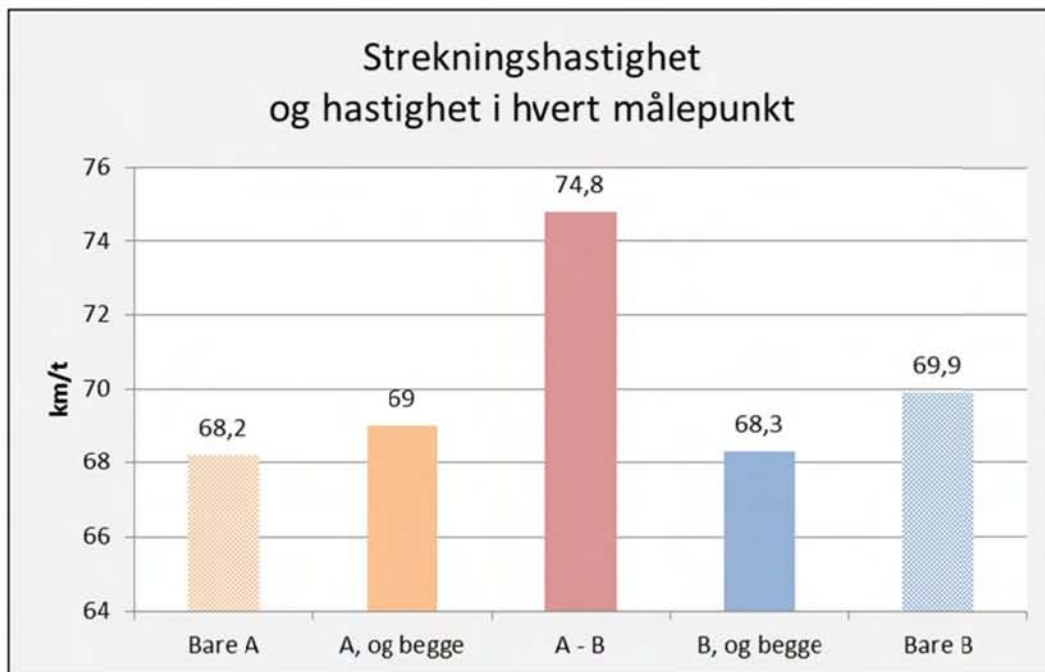
Fartsintervall km/t	FØR		ETTER		Endring	
	Antall /andel kjt	Fart km/t	Antall/andel kjt	Fart km/t	Fart km/t	%
>80	4839 42,0	87,2	1766 7,7	86,1	1,1	1,3
<=80	6683 58,0	73,8	21074 92,3	68,8	5,0	6,8
ALLE	11522	79,4	22840	69,70	9,7	12,2

Tabell 2. Kjørefart før- og etter SATK målt ved Roløkken, Rv7, Hallingdal. Trafikanter med kjørefart hhv >80km/t og <=80km/t. Andeler og gjennomsnittsfart

Tabellen viser at gruppen som i før-situasjonen har kjørefart >80km/t reduserer sin gjennomsnittsfart med 1,1km/t eller 1,3% fra 87,2km/t til 86,1km/t. Tilsvarende reduserer de med kjørefart <=80km/t i før-situasjonen var en reduksjon på 5,0km/t eller 6,8%. Selv om fartsendringen i gruppen med kjørefart >80km/t synes relativt liten, må dette i den totale sammenhengen forstås sammen med det faktum at denne gruppen omfang reduseres betydelig. Andelen med kjørefart over 80km/t ble redusert fra 42,0% i før-situasjonen til 7,7% i etter situasjonen.

Figur 1 viste relativt lav kjørefart i punktene A og B etter SATK på hhv 64,3km/t og 64,7km/t. Dette kan tyde på at trafikantene ikke fullt ut har forstått virkemåten til SATK, hvor det ikke skjer sanksjons-reaksjoner i målepunktene. For om mulig å påvise at denne tilpasningen ville endres over tid er det foretatt tilsvarende målinger i etter-situasjonen over lengre tid.

Senere målinger fra SATK, foretatt i hhv oktober 2011, desember 2011 og mars 2012 tyder imidlertid ikke på at den målte gjennomsnittsfarten endres vesentlig over tid. Ved de nevnte tidspunkt er den gjennomsnittlige kjørefarten målt til 73,8km/t, 73,0km/t og 74,8km/t. Målingen fra mars 2012 er vist i figur 3.



Figur 3: Etter måling SATK Nesbyen, Rv7, Hallingdal, mars 2012. Kjørefart i punktene A og B etter hvorvidt trafikantene er registret i ett (bare A eller bare B) eller begge punktene (A, og begge, B, og begge). Strekningsfart AB(A-B)

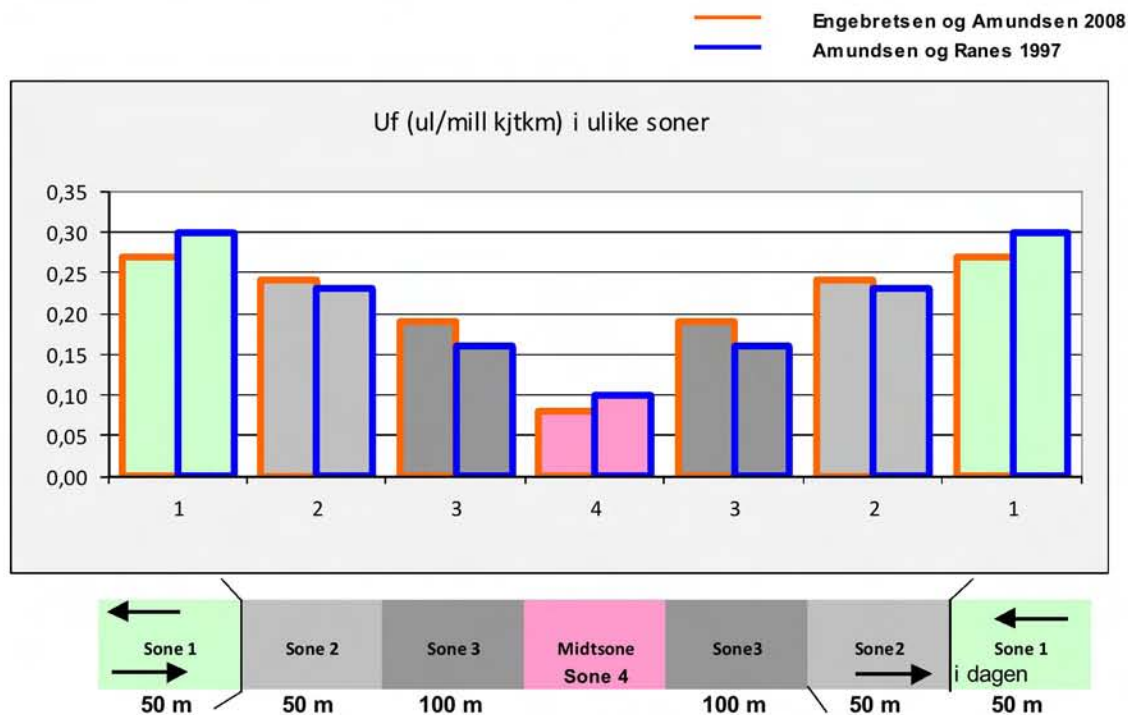
Som det framgår er strekningsfarten mellom punktene målt til 74,8km/t. I hvert av målepunktene (fotoboksene) er farten målt til hhv 69,0km/t i boks A og 68,3km/t i boks B. Dette innebærer at den relativt lave kjørefarten ved fotoboksene også består over tid. Forholdet mellom kjørefart for trafikanter som er gjenkjent i ett eller begge målepunkter har heller ikke endret seg.



### 3 SATK i tunneler.

#### 3.1 Generelt om plassering av fotobokser i tunneler.

En tunnel (hele tunnelen) er å betrakte som et vegelement hvor risikoen for ulykker (ul/mill kjtkm) er lavere enn for veg i dagen, men hvor konsekvensene av eventuelle ulykker normalt vil være høyere enn på veg i dagen.



Figur 4: Risiko (ul/mill kjtkm) i ulike tunnelsoner etter Engebretsen og Amundsen 2008 og Amundsen og Raner 1997. Ettløpstunnel med tovegs trafikk.

Siden figuren viser tunneler med tovegs trafikk er sonene symmetrisk om midtsonen. Som det framgår er risikoen synkende fra om lag 0,25-0,30 ul/mill kjtkm i inngangssonene til om lag 0,07-0,10 ul/mill kjtkm i midtsonen. Dette innebærer at ulykkesrisikoen i sone 1 og sone 2 er høyere enn risikoen på veg i dagen. Av trafikksikkerhetsmessige hensyn med tanke på distraksjoner etc. vil det derfor ikke være ønskelig å plassere fotobokser i disse sonene.

Med dette menes at eventuelle fotobokser bør plasseres enten ca. 50-100m utenfor tunnelmunningen eller trekkes tilsvarende inn i tunnelen (begge regnet i fartsretningen). Det er ikke samme risikoøkning knyttet til utkjøringen av tunnelen, men også her er risikoen noe høyere enn for veg i dagen, slik at plassering av fotobokser bør unngås. Dette har liten konsekvens for tunneler med tovegs trafikk.

### 3.2 SATK i tunnel gir nye problemstillinger og utfordringer.

Selv om risikoen totalt sett er lavere for tunneler enn for veg i dagen, rapporteres det stadig om enkelte trafikanter som velger svært høy kjørefart gjennom tunneler. Tunnelen som element er, i en slik sammenheng meget spesiell idet katastrofepotensialet er stort. En eventuell ulykke i stor fart vil kunne ha katastrofale følger både for trafikantene i det aktuelle kjøretøyet, men også for andre vegfarende i tunnelen.

Samtidig er det vanskelig for politiet å gjennomføre ordinære fartskontroller i tunneler. Dette har dels med tekniske forhold å gjøre, men også det faktum at det kan være vanskelig /lite hensiktsmessig for politimennene fysisk å gjennomføre kontrollene i tunnel (HMS).

Det er derfor flere grunner til at det er gjennomført forsøk med SATK i tunneler.

### 3.3 Aktuelle problemstillinger

Det har vært ønskelig å foreta forsøk i flere ulike typer tunneler med til dels ulike problemstillinger.

Følgende beskrivelser ble forelagt Statens vegvesens regioner med tanke om å foreslå aktuelle tunneler:

#### **Flate tunneler (med relativt neglisjerbar vertikalkurvatur)**

Disse har ikke stor høydeforskjell slik at kjørefarten vil være relativt jevn og uavhengig av geometrien. En ønsker her å etablere SATK på en strekning som starter og stopper utenfor begge tunnelmunningene og således dekker hele tunnelen, dvs anslagsvis 100-200 m utenfor tunnelmunningen. Tunnelen kan gjerne ha PATK fra tidligere.

#### **Undersjøiske ettløpstunneler (med trafikk i begge retninger)**

Erfaring viser at det kjøres meget fort i slike tunneler. Det har vært dødsulykker med flere drepte, hvor hastighetene har vært svært høye (over 150 km/t). Vi mener at det nok ikke vil være aktuelt å benytte SATK fra munning til munning grunnet høydeforskjellen og stigningen som normalt er i undersjøiske tunneler. Det kan også være ønskelig å prøve SATK kun i nedoverkjøringen (halve tunnelen). Dagens kjøretøyer har store kraftressurser og det er derfor mulig å kompensere for eventuelt SATK nedover, med en økt kjørefart oppover. I tunnel med erfaringsmessig meget høyt fartsnivå vil vi derfor foreslå 2 påfølgende SATK anlegg. Ett nedover og ett oppover. Dette innebærer at et ATK punkt i bunnen må fungere dels som et slutt punkt i det ene SATK anlegget og som startpunkt i det neste.

I undersjøisk tunnel hvor det allerede er etablert PATK i bunnen ønsker vi å teste ut sammenkoblingen av disse til en SATK. Dette sikrer gode før-data, og vil kunne demonstrere muligheten for sammenkobling av eksisterende punkt, samt at vi får muligheten til å se på effekten av kjørefarten ved å gå over fra PATK til SATK.

## Undersjøiske toløpstunneler

Med dette menes undersjøiske tunneler hvor trafikken er så stor at de består av to tunnellop med ensrettet trafikk, gjerne med flere felt i hvert løp.

Også her er erfaring at kjørefarten er svært høy, og SATK bør utprøves i tunneler med kun en trafikketretning, men med flere kjørefelt. Plasseringen av SATK vurderes på det enkelte stedet.

### 3.4 Steder for utprøving

Siden SATK i tunnel er å betrakte som et sett med forsøk hvor ulike problemstillinger ønskes belyst, er ikke dagens kriterier for ATK helt relevante. Som for konvensjonell PATK og for SATK i dagen er virkningsmekanismen den samme. Gjennom å få trafikantene til å senke kjørefarten reduseres både ulykkesantallet og alvorligheten av skadene i den enkelte ulykken. En forutsetning for PATK eller SATK på veg i dagen er derfor basert på både høye ulykkestall og høy fart.

For SATK brukt i tunnel, kan spesielt ulykkeskravet lempes noe i forhold til PATK. Dette ut fra risikoen for ulykker med stort katastrofepotensiale, men også ut fra et generelt ønske om å være noe mer proaktiv ved bruk av SATK i tunnel.

Ved valg av steder for utprøving er det likevel forsøkt å legge til grunn en kombinasjon av ulykkessituasjonen og kjørefarten i en situasjon før SATK blir introdusert.

Tabell 3 viser de stedene som er valgt for utprøving og evaluering av SATK i tunnel.

Tunnel navn	Fylke	Veg nr	Type tunnel	Lengde m	Ådt 2010 kjt/døgn	Fartsgrense km/t
Hell	Sør /Nord Trøndelag	E6	Flat tovegs trafikk	3928	15000	80
Eiksund	Møre og Romsdal	FV653	Undersjøisk tovegs trafikk	7840	2030	80
Tromsøysund	Troms	E8	Undersjøisk toløp envegs trafikk (i hvertløp)	2021+2016	5030/4680	80
Hvaler	Østfold	Fv108	Undersjøisk tovegs trafikk	3887/3874	2000	80

Tabell 3: Opplysninger om tunneler valgt for utprøving av SATK. Tunnelnavn, Fylke, veg nummer, type tunnel, lengde, ÅDT 2010 og fartsgrense.

Av tabellen framgår tunnelens navn, fylke, veg nummer, type tunnel, samt lengde, ÅDT og fartsgrense.

## 4 Datainnsamling og metode.

Hensikten med denne evalueringen er, i likhet med det som tidligere er gjort for SATK på veg i dagen, å undersøke effekten av SATK brukt i tunneler.

Reduksjon av ulykker og skadeomfang er hovedhensikten med SATK bruk generelt og i tunneler spesielt. Evaluering av effekten på ulykker krever imidlertid relativt lange tidsserier. Siden sammenhengen mellom kjørefart og ulykker /skader er vel kjent fokuseres den mellomliggende variabelen fart også i denne studien.

Ved evalueringene av SATK på veg i dagen ble flere målemetoder for fart benyttet. Med dette menes fartsmålinger basert på nedfreste sløyfer i vegbanen og på radar. Deler av måleopplegget var basert på timemålinger og aggregerte fartsmålinger. I kapittel 2 vises resultater basert på timemålinger av fart. Men det vises også hvorledes mer omfattende analyser krever enkeltkjøretøydata. Med dette menes at fartsdata fra hvert enkelt kjøretøy lagres. Dette sikrer fleksibilitet og mulighet til i etterkant å «produsere» det datamaterialet som er ønsket. Det begrepsapparatet som er utviklet i kapittel 6 om fartens bidrag til risiko understreker også dette behovet.

Fartsmålingene i dette prosjektet er foretatt utelukkende med sløyfer i vegbanen. Før-målingene er gjort med egne målepunkter / tellepunkter, mens ettermålingene i de fleste tilfelle også er gjort ved hjelp av nedfreste sløyfer eller kabler, men da sløyfer/kabler tilknyttet selve fotoboksene. I noen tilfelle har det vært nødvendig (som f eks i Hvalertunnelen) å anlegge egne tellepunkt uavhengig av ATK boksene for å foreta både før- og etter målinger.

Effektene er målt ved hjelp av før- og etteranalyser basert på en direkte sammenlikning av målt kjørefart før SATK er montert med kjørefart etter SATK er montert. Dette er gjort uten kontrollgruppe. Dersom farten i en tunnel lik tunnelen som har fått SATK, hadde endret seg i samme periode som før- og etter-målinger er gjennomført, burde det vært korrigert for en slik endring. Dette er spesielt aktuelt dersom før- og etter perioden strekker seg over lengre tid og det er grunn til å anta at andre forhold enn SATK har medvirket til å endre farten mellom de to periodene. Slik korreksjon er ikke gjort.

Det kan derfor ikke utelukkes at dette kan være en feilkilde.

Vi har imidlertid, utfra kunnskap om endring av kjørefart på vegnettet generelt over tid, vurdert dette til å være en svært begrenset feilkilde. Vi vil dessuten legge vekt på å trekke eventuelle konklusjoner om fartsendringer på et konservativt grunnlag, selv om endringene strengt tatt kan være statistisk holdbare. I praksis betyr dette av vi uansett omfang av målinger ikke vil tillegge endringer på mindre enn 1-2km/t noen vekt, selv om antallet målinger er så stort at de strengt tatt er signifikante. Dette er i tråd med tidligere praksis.

Alle målinger har skjedd i nært samarbeid med ansvarlige ATK-kontakter i den enkelte region.

## 5. Resultater fra før- etter målinger. Endring av kjørefart.

I de følgende gjennomgås resultater av de før- og etter-målingene som er gjennomført i tunnelene vist i tabell 3. Framstillingen er forsøkt gjort mest mulig enhetlig og hvert målested er gjengitt i separate avsnitt.

### 5.1 Hell tunnelen.

Hell er en ettløps, relativt flat tunnel plassert på E6 over fylkesgrensen mellom Sør- og Nord Trøndelag, på vegen mellom Trondheim sentrum og Værnes flyplass. Tunnelen har hatt PATK plassert om lag midt i tunnelen. Dette ble demontert en viss tid før SATK ble etablert.

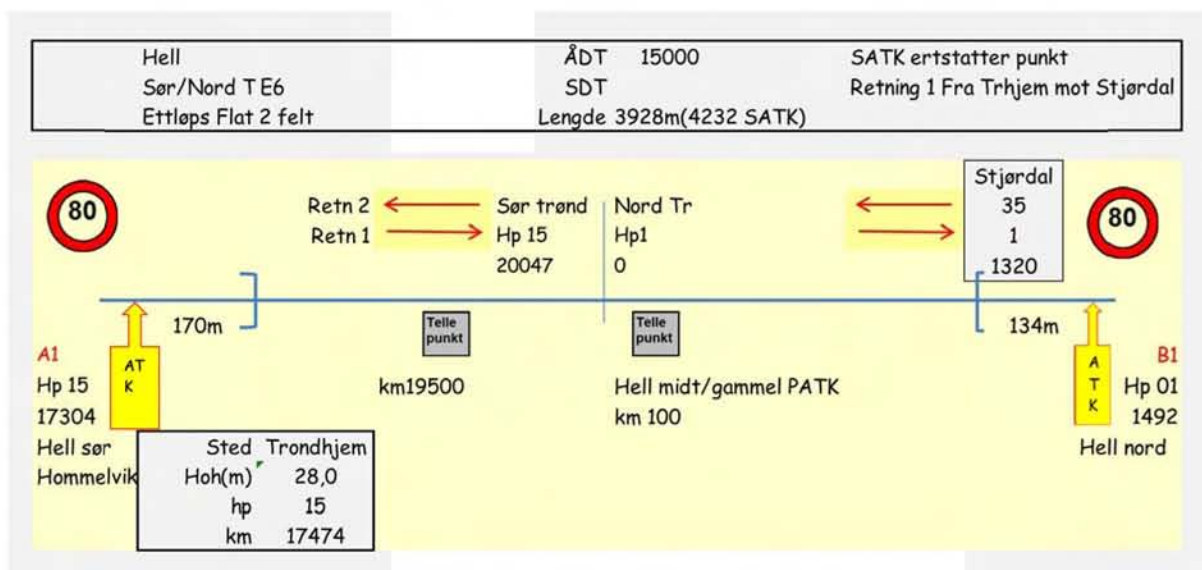
Figur 5 viser kartskisse og bilde fra Helltunnelen.



*Figur5: Hell tunnelen, E6,Sør-/nord Trøndelag. Kart og bilde*

Det er etablert to målepunkter for fart basert på sløyfer i kjørebanelen inne i tunnelen (nivå 1 tellepunkt og det gamle PATK ble benyttet), samt at det er målt fart i SATK-punktene før stolpe med fotoboks ble montert. SATK er aktiv i nordgående retning fra Trondheim mot Stjørdal.

Figur 6 viser en skisse av tunnelen med enkelte nøkkelopplysninger



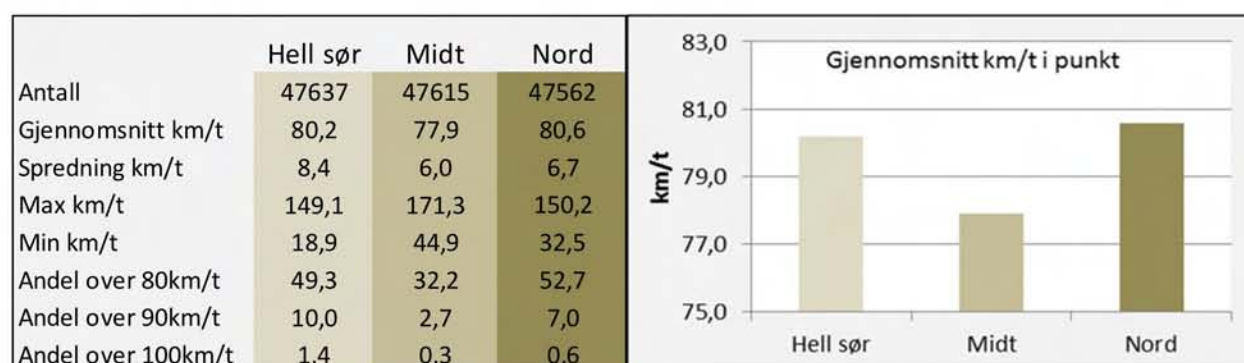
Figur 6: Hell tunnelen, E6, Sør/Nord- Trøndelag. Skisse med nøkkeldata og plassering av tellepunkter og ATK bokser.

Det er verd å merke seg at begge SATK punktene er plassert utenfor tunnelen. Henholdsvis 170m før tunnelen og 134m etter. Dette innebærer at SATK-strekningen blir  $170+134=304\text{m}$  lenger enn selve tunnelen. SATK strekningen er 4232m, mens selve tunnelen er 3928m. Fylkesgrensen mellom Sør- og Nord-Trøndelag går midt inne i tunnelen.

Det er foretatt før- målinger i tre punkter i tunnelen.

Hell sør/Hommelvik (Hp15 km17304) - det framtidige ATK punkt A1  
 Hell midt (Hp1 km100) det «gamle» PATK-punktet som er demontert  
 Hell nord (Hp1 km1492) - det framtidige ATK punkt B1

Resultatene fra før-målingen er vist i figur 7.



Figur 7: Før målinger i tre punkt i Hell tunnelen, E6, Sør/Nord- Trøndelag. Antall kjøretøy, gjennomsnitt kjørefart, spredning, samt andeler over hhv 80, 90 og 100km/t

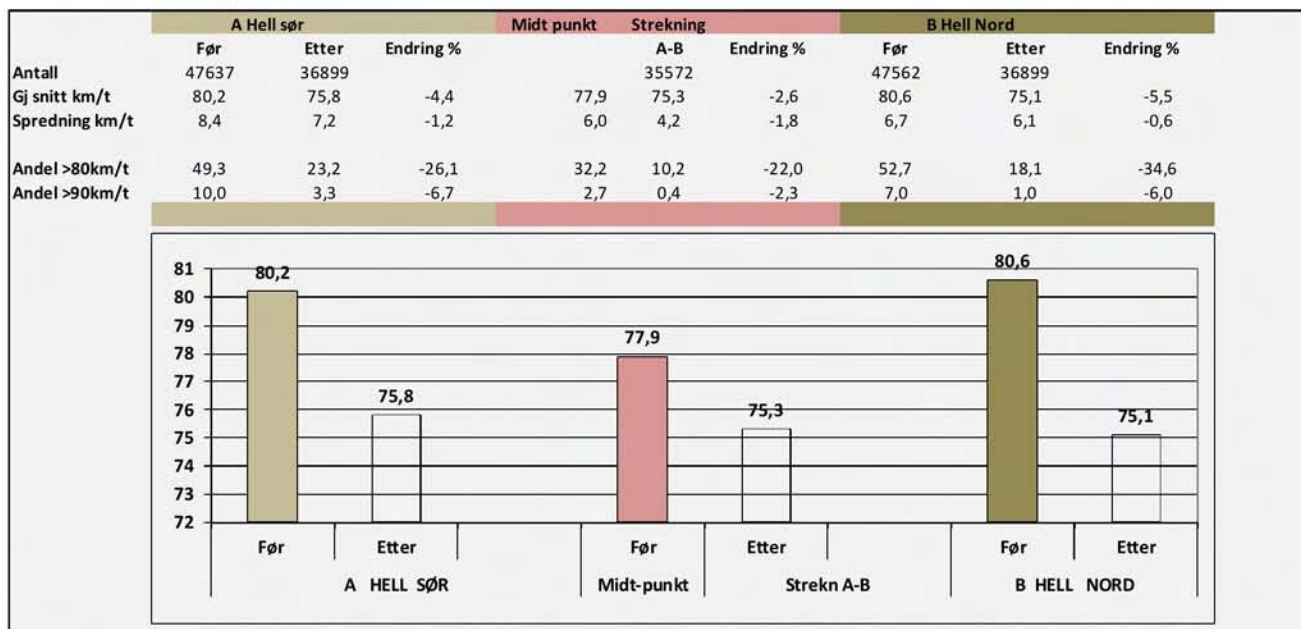
Kjørefarten er relativt lik i de to punktene sør og nord. Gjennomsnittet er hhv 80,2km/t og 80,6km/t. Målingene er foretatt i uke 8 i 2012.

I målepunktet Hell midt er farten noe lavere enn i de to andre punktene. Dette kan ha sin årsak i «arven» fra den tidligere PATK punktet, men det kan også ha sin forklaring i at dette punktet ligger inne i tunnelen, og at denne har såkalte Fleximarks som midtmarkering, hvilket gjør følelsen av kjørefeltene noe smalere. Dette kan bidra til redusert fart.

Andelene over 80km/t er henholdsvis 49,3%, 32,2% og 52,7% i de tre punktene.

Fartsnivået for Hell tunnelen er litt høyere enn enkeltkjøretøymålingene fra Roløkken viser i figur 2(1-1,5 km/t), mens farten i midten er litt lavere (1 km/t). Tidspunkt på året er uke 11 for Roløkken og uke 8 for Hell. Fartsnivå og fartsfordeling i punkt Sør, rett før tunnelen starter, likner (naturlig nok) mest på målingene fra Roløkken.

Etter-målingene i Hell tunnelen er foretatt i uke 16 og de samlede resultatene før- og etter SATK er vist i figur 8.



Figur 8: Før og etter SATK, Helltunnelen, E6, Trøndelag.

Antall kjøretøy, gjennomsnittsfart, spredning og andel over hhv 80 og 90 km/t. I fotoboks A (Hell sør), på strekningen AB og i fotoboks B (Hell nord)

Før- situasjonen i midtpunktet er her sammenliknet med etter-situasjonen fra SATK-målingene, mens punktene A (Hell Sør) og B(Hell Nord) er identiske punkter. Målingene er her foretatt i selve SATK-punktene.

Figuren viser at installasjonen av SATK reduserer farten med 2,6km/t fra 77,9km/t til 75,3km/t. Før-målingen er her gjort i midtpunktet (HP1 km100) og sammenliknet med en strekningsmåling i etter-situasjonen. Siden punkthastigheter vil kunne variere noe kan det derfor ikke utelukkes at fartsreduksjonen har vært noe større.

Resultatene viser videre en reduksjon på 4,4km/t i punkt A og 5,5km/t i punkt B. Dette mønsteret er i tråd med tidligere resultater for SATK i dagen gjengitt foran. Også for veg i

dagen finner en at reduksjonen i punkt A er større enn på hele strekningen og at reduksjonen er størst i punkt B.

Andelen med kjørefart over fartsgrensen er 32,1% i midtpunktet i før-situasjonen. Dette reduseres til 6,0% i situasjonen etter SATK er innført. I punkt A er andelen over 80km/t i førsituasjonen 49,3%. Denne reduseres til 23,2%. Tilsvarende i punkt B er 52,7% i før-situasjonen som reduseres til 18,1%. De relativt høye andelene med kjørefart over fartsgrensen i punktene A og B og ikke på strekningen, kan tyde på at trafikantene har forstått virkemåten til SATK i Hell tunnelen bedre enn tilfellet var ved Nesbyen i Hallingdal.

Det er videre verd å merkes seg den svært jevne kjørefarten gjennom hele tunnelen i etter-situasjonen. Kjørefarten i punkt A og B samt gjennomsnittet for hele strekningen viser i praksis ingen variasjon. De målte fartene er hhv 75,8km/t, 75,3km/t og 75,1km/t i de tre punktene. En mulig forklaring på dette kan være at trafikkmengden om dagen (som utgjør mesteparten av gjennomsnittet) er så stor at dette i seg selv forklarer den svært jevne farten.

Tabell 4 viser fartsfordelingen i målepunkt Hell sør (Hommelvik) for natt (kl 00-06) og dag.

Fartsfordeling punkt Hell sør. Natt/Dag		
Andel i %	Natt	Dag
kjøretøy totalt	4,9	95,1
over 105 km/t	1,7	0,5
<100, 105]	1,8	0,8
<95, 100]	4,6	2,4
<90, 95]	8,5	6
<85, 90]	17,3	14,5
<80, 85]	22,5	24,8
over 80 km/t	56,4	49
Gjennomsnitt km/t	81,3 km/t	80,1 km/t

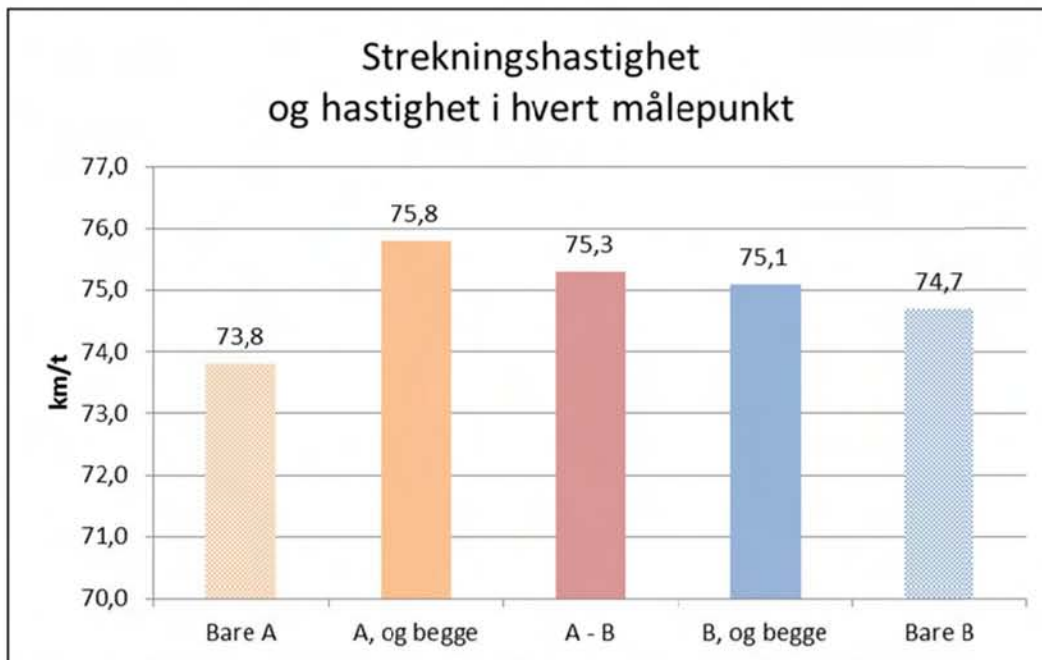
Tabell 4: Fartsfordeling i førsituasjonen i tellepunkt Hell sør (Hommelvik), E6, Trøndelag. Inndelt etter natt og dag. Antall kjøretøy totalt og andeler i ulike farts-fraksjoner<sup>o</sup>.

95,1% av trafikken avvikles på dagen. Det kjøres i gjennomsnitt 1,2km/t raskere på natten sammenliknet med dagen. På natten er det dessuten en noe høyere andel med kjørefarter over 85km/t. Forskjellene mellom natt og dag er imidlertid ikke så stor at dette alene kan forklare de «jevne» fartsmålingene gjennom tunnelen.

I likhet med for veg i dagen er det foretatt beregninger som viser gjennomsnittlig kjørefart for trafikanter som gjenkjennes i en eller begge fotobokser. (se også figur 3). Bakgrunnen er virkningsmåten for SATK, hvor det er strekningsfarten fra A til B som måles og eventuelt sanksjoneres. I prinsippet kan derfor boks A (eller B) passeres i en vilkårlig kjørefart uten at det iverksettes noen sanksjon. Trafikanten kan f eks stanse på en havarilomme i tunnelen. For å undersøke dette er kjørefarten i situasjonen etter SATK målt for de som er gjenkjent i begge fotoboksene (A og begge eller B og begge) og for de som bare er gjenkjent i en av dem (enten A eller B).



Resultatet er vist i figur 9.



Figur 9: Etter-målinger i Helltunnelen, E6, Trøndelag. Kjørefart i punktene A og B etter hvorvidt trafikantene er registrert i ett (bare A eller bare B) eller begge punktene. Strekningsfart AB.

Figuren omfatter ca 50000 kjøretøy. Den viser en differanse på 2,0 km/t i punkt A mellom de som er registrert i begge punkt og de som kun er registrert i punkt A. Tilsvarende i punkt B er en differanse på 0,4 km/t. Disse differansene betraktes som så beskjedne at det er grunn til å hevde at den beskrevne problemstilling ikke er nevneverdig stor.

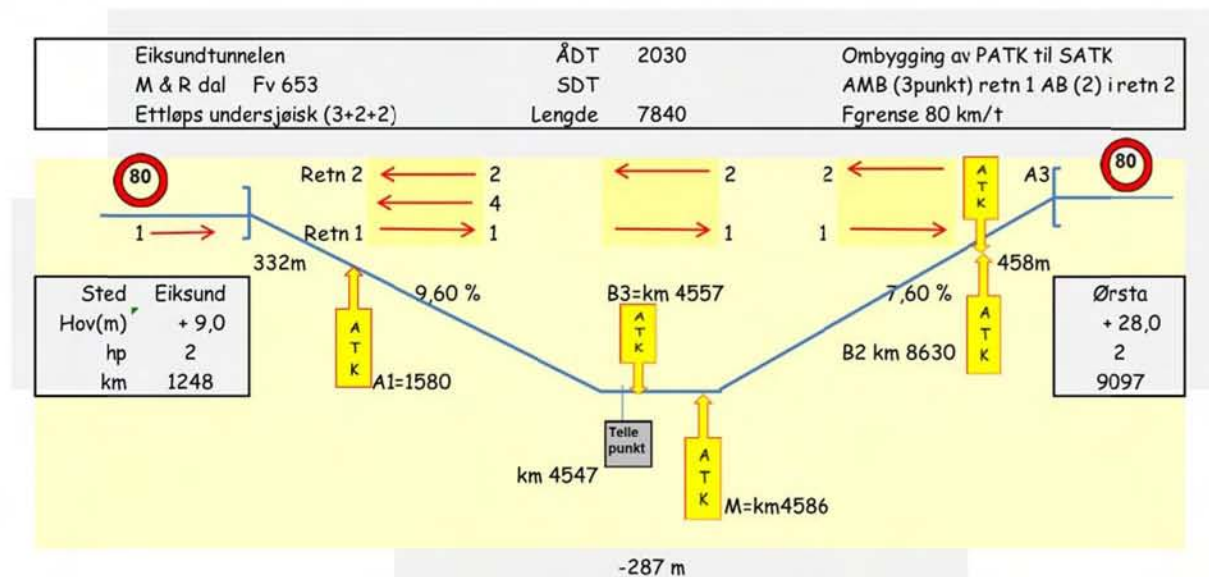
## 5.2 Eiksundtunnelen.

Eiksund er en ettløps undersjøisk tunnel på FV 653 i Møre og Romsdal som knytter Hareidlandet til fastlandet ved Ørsta. Total lengde er 7840m og tunnelen er 287 m på sitt dypeste. Tunnelen ble åpnet i februar 2008 og har gjennomgående ett felt i hver retning, samt et ekstra felt i oppstigningen i retning fra Ørsta. Figur 10 viser en kartskisse og et bilde fra



Figur 10: Eiksundtunnelen, Fv653, Møre og Romsdal. Kart og bilde

Tunnelen fikk, i 2009 etablert PATK i begge retninger i bunnen av tunnelen. Bl a grunnet en alvorlig dødsulykke i juni 2009 ble det vurdert å etablere ytterligere overvåking i tunnelen. Figur 11 viser en skisse av tunnelen med enkelte nøkkelopplysninger.



Figur 11: Eiksundtunnelen, Fv653, Møre og Romsdal. Skisse med nøkkeldata og plassering av tellepunkter og ATK-bokser.

Geometrien i tunnelen er som det framgår av figuren ganske krevende med 9,6% stigning i den ene halvdel og 7,6% i den andre. Tunnelen har ingen horisontalkurver som vil kunne påvirke eller begrense kjørefarten.

Før PATK ble etablert var det etablert et målepunkt (km4547) i bunnen av tunnelen. I 2009 ble det etablert et dobbelt PATK i bunnen av tunnelen. (km 4557 og km4586). Når SATK skulle etableres var det et mål i seg selv å beholde disse punktene og installere nye punkt i nedkjøringene og koble disse sammen til SATK. I retning fra Ørsta til Eiksund finnes to fotobokser (A3 og B3) som sammen utgjør et SATK benevnt S3. Avstanden mellom disse boksene er 3997m.

I retning fra Eiksund til Ørsta finnes tre fotobokser (A1, M og B2). Sammen utgjør disse to anlegg med SATK benevnt S1 og S2. S1 har en lengde på 2917m og består at fotoboks A1 og M. Punktet M utgjør også første punkt i S2, som har en lengde på 4024m. Siste punktet i S2, benevnt B2, befinner seg 458m fra tunnel munningen på Ørsta-siden. Fotoboksen M, ett av de «gamle» bunnpunktene får altså en utfordrende dobbeltfunksjon.

Evalueringen i Eiksund består av fire perioder:

- 1) Før-målinger fra perioden før PATK ble etablert i bunnen (før 25/11 2009).
- 2) Målinger av fart i PATK i bunnen
- 3) Før-målinger i «kommende» SATK punkter i nedløpene.
- 4) Etter-målinger med alle tre SATK installert.

### Periode 1 (før 25/11 2009).

Tabell 5 viser resultatene av fartsmålinger i målepunktet (km4547) i perioden før PATK ble montert i bunnen av tunnelen. Tabellen er basert på sammenhengende timemålinger fra 6. mars til 3.april 2008, 612 timer den ene vegen og 616 timer den andre vegen.

Retning	Antall	Gjennomsnitt km/t	Spredning km/t	> 80 km/t %	% over 90km %	85% fraktil km/t	95% fraktil km/t
mot Ørsta	21062	81,18	11,95	55,0	18,2	92,0	101,0
mot Eiksund	20993	80,08	11,63	49,0	15,4	90,0	100,0

Tabell 5: Målinger før ATK i Eiksund tunnelen, FV653, Møre og Romsdal. Timemålinger. Antall kjøretøyer, gjennomsnittsfart(km/t), spredning og fartsintervaller. Periode 1

Gjennomsnittsfarten ligger omtrent på fartsgrensen. Dette betyr at det er ca. halvparten som kjører fortete enn fartsgrensen. Andelen over 90km/t er hhv 15,4% og 18,2% i de to retningene. De to fraktilene, 85% og 95%, er ganske like i de to retningene. 95%-faktilen antyder at ca5% kjører med fart >100km/t. Totalt over de 25 dagene målingen pågikk ble det registrert 53 timesmålinger med 95% fraktil over 125 km/t, omtrent like mange i hver retning.

### Periode 2 (26/11 2009-5/10 2011).

Tabell 6 viser målinger fra samme tellepunkt i bunnen av tunnelen, i perioden 9-15/8 2010 dvs ca 1 år etter PATK er introdusert i bunnen av tunnelen. Tallene gjelder **samlet** for begge trafikketninger.

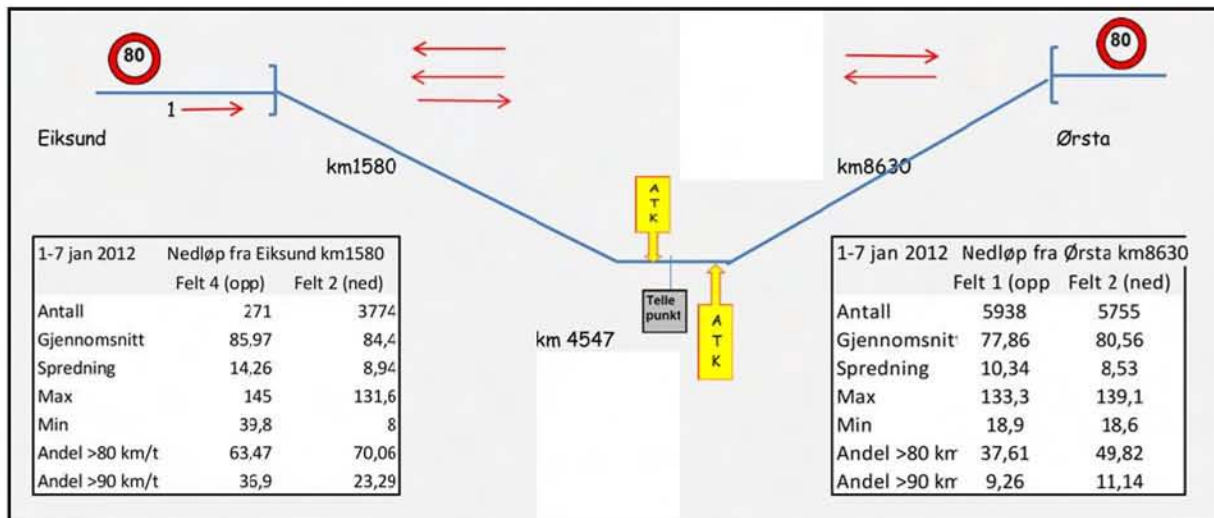
Eiksund m4547	
I ATK-periode. 9-15/8 2010	
Antall	13425
Gjennomsnitt	71,1
Spredning	7,2
Max	147,6
Min	17,3
Andel > 80 km/t	5,9
Andel > 90 km/t	0,73

Tabell 6: Fartsmåling etter PATK fra tellepunkt km4545 i Eiksundtunnelen, FV 653, Møre og Romsdal. Antall kjøretøyer, Gjennomsnitt, spredning andel med fart over hhv 80 og 90 km/t. Periode 2.

Som det framgår er gjennomsnittsfarten 71,1km/t, hvilket er 10,2km/t lavere enn målingene fra før-situasjonen. Spredningen reduseres med ca4km/t fra ca11km/t i før-situasjonen til 7km/t. Andelen med kjørefart >80km/t er betydelig redusert fra ca50% i før-situasjonen til 5,9% i gjennomsnitt for begge retninger. Andelen >90km/t er redusert fra hhv 18,2% og 15,4% i hver trafikkdiring til under 1% i de to trafikkdiringene samlet.

### Periode3 (6/10 2011-12/4 2012)

Den neste figuren (12) viser resultater fra fartsmålinger i de to nedløpene i hhv km 1580 (fra Eiksund) og km 8630 (fra Ørsta) i periode 3 hvor PATK finnes i bunnen.



Figur 12: Fartsmåling i nedløpene, km1580 og km8630, med PATK i bunnen. Eiksundtunnelen, Fv653, Møre og Romsdal. Periode 3 med PATK i bunnen.

I nedløpet fra Ørsta (til høyre i figuren) er fartsnivået høyere enn i bunnen, og det kjøres gjennomgående noe fortere ned enn det gjøres opp. Gjennomsnittet er 77,9 km/t oppover og 80,6 km/t nedover. Spredningen er typisk mye større enn i og ved PATK-punktene i bunnen. Andel over 80 km/t er 37,6% opp og 49,8% ned. Andel over 105 km/t er hhv 0,9 og 1,0 prosent. I de to retningene.

I nedløpet fra Eiksund kjøres det fortere enn i nedløpet fra Ørsta. I 9,6 % fall kjøres det nedover i 84,4km/t mot 80,6km/t i 7,6% fall i det andre nedløpet.

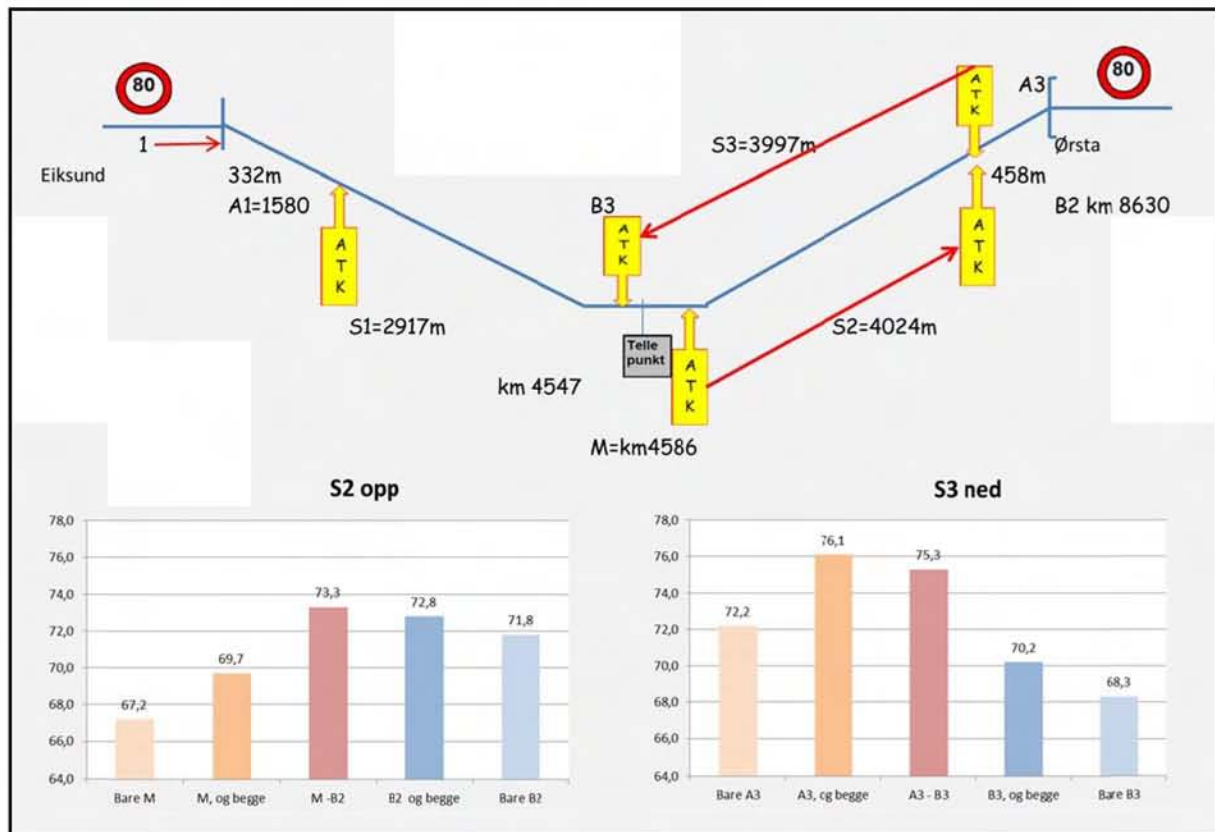
Andelen over 80km/t er her over 70% nedover og 23,3% kjører fortere enn 90km/t i felt 2.

I felt 4 (venstre opp) kjøres det også fort med et gjennomsnitt på 86,0km/t og 63,5 % med fart over 80km/t. 36,9% kjører fortere enn 90km/t. Det er verd å presisere at dette feltet er forbikjøringsfeltet, hvor trafikken utgjør om lag 10% av den samlede trafikken i denne retningen.

Spredningen er gjennomgående høyere i disse to målepunktene(i begge retninger) enn de er på ATK-punktene i bunnen.

#### Periode 4 (13/4 2012 - -)

Figur 13 viser fartsmålinger foretatt etter at SATK er operativ i Eiksund tunnelen. De to SATK-anleggene er benevnt S2 (fra bunnen og opp mellom punktene M og B2) og S3 fra toppen på Ørsta-siden og ned til bunnen (mellom punktene A3 og B3). Figuren viser både strekningsfarter og farter i de angitte punktene.



Figur 13: SATK S2 og S3 i Eiksundtunnelen, FV653, Møre og Romsdal. Fart i ATK punkt og på strekning i km/t. Periode 4 med SATK. Trafikanter registrert i ett eller to punkt.

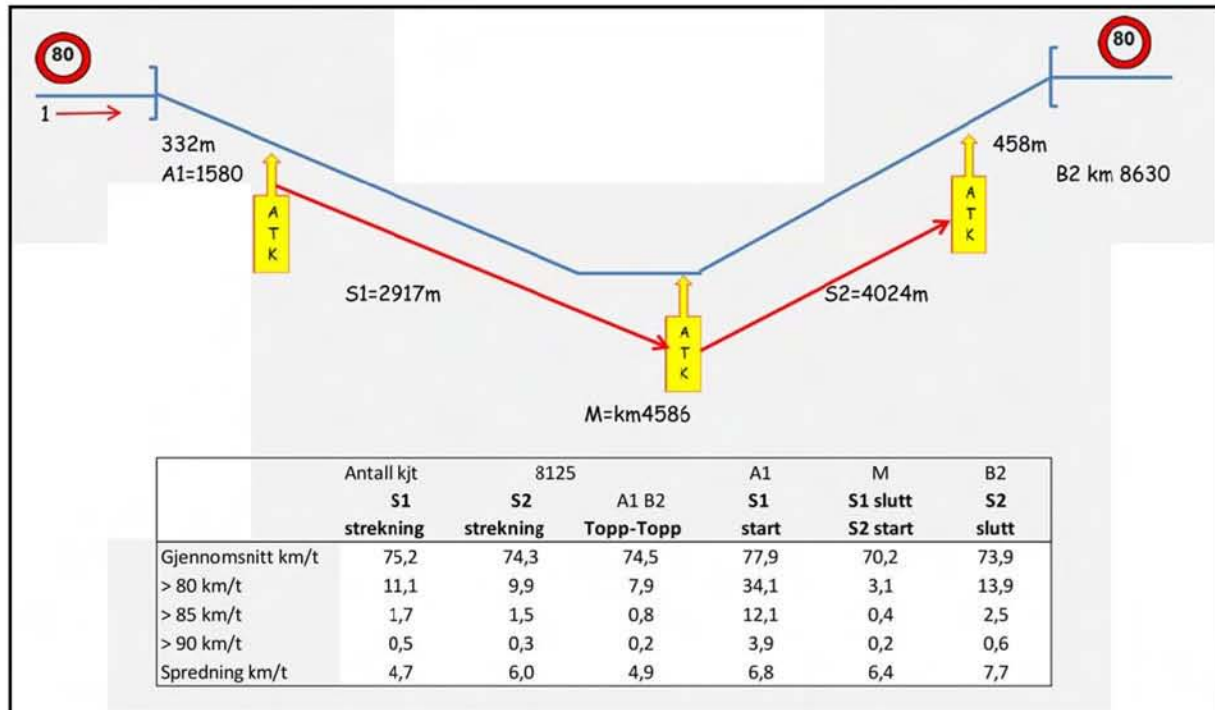
Strekningsfartene er hhv 75,3km/t ned i S3 og 73,3km/t opp i S2. Fartsmønsteret i S3 er det samme som for veg i dagen. Størst er farten i det første punktet A3 hvor farten er 76,1km/t. Minst er farten i det siste punktet B3 hvor den er 70,2 km/t.

Fartsmønsteret i S2 er preget av at startpunktet M også er sluttpunktet i S1. Farten i M er 69,7km/t. I B2 er farten 72,8km/t. I begge bunnpunktene er farten dermed om lag det samme som da disse punktene ble benyttet som PATK i periode 2 og 3.

I likhet med figur 3 fra Hallingdal og figur 9 fra Hell, er det ingen tegn i figuren til at de som kun er registrert i bare ett av målepunktene på en strekning har høyere kjørefart enn de som er registrert i begge målepunktene på strekningen.

Andelen som kjører over 80km/t er 7,7% på S2(opp) og 11,3% på S3(ned). De tilsvarende tallene over 90km/t er hhv 0,2% på S2 og 0,5% på S3.

Figur 14 viser samtidige målinger av 8125 kjøretøyer som passerer S1 og S2 og dermed punktene A1, M og B2. Figuren viser også målt strekningsfart fra A1 til B2 (Topp topp). Dette er gjort ved nummeregjenkjenning.



Figur 14: Samtidig fartsmåling på SATK strekningene S1 og S2, Eiksundtunnelen Fv653, Møre og Romsdal.

Gjennomsnittsfarten i startpunktet A1 er 77,9 km/t med en andel over fartsgrensen på 34,1%. Gjennomsnittsfarten i sluttpunktet for S1, punktet M, er 70,2 km/t og med en andel over fartsgrensen på bare 3,1%. Ettersom vi kan følge hvert enkelt kjøretøy, finner vi at 85,1% har senket farten sin fra punktet A1 til punktet M. 59,6% senket farten sin med mer enn 5 km/t. Gjennomsnittsfarten på strekningen S1 er 75,2 km/t, som er 2,7 km/t lavere enn inngangshastigheten. Trafikantene senker farten sin unødvendig mye i punkt M.

På veg opp fra bunnen starter trafikantene med en gjennomsnittsfart på 70,2 km/t. Gjennomsnittsfarten i sluttpunktet, B2, har økt til 73,9 km/t med en andel over fartsgrensen på 13,9%. Igjen kan vi følge enkeltkjøretøyene, og tallene viser at 76,0% øker farten sin fra punkt M til punkt B. Videre har 43,1% økt farten sin med mer enn 5 km/t. Gjennomsnittsfarten på strekningen S2 er 74,3 km/t, som er 0,4 km/t høyere enn sluthastigheten.

På enkeltkjøretøynivå så har nøyaktig halvparten av trafikantene høyere strekningsfart på S1 enn på S2. Det er altså ingen tendens til at trafikantene velger høyere fart på den ene av de to strekningene. Gjennomsnittsfarten er 0,9 km/t høyere på S1, mens spredningen er høyere på S2.

Målinger fra topp til topp, fra A1 til B2 viser at strekningsfarten er 74,5 km/t, og den ligger som den nødvendigvis må, mellom strekningshastighetene på S1 og S2.

Den neste tabellen er ment som en oppsummering av hovedresultatene fra de fire periodene i Eiksundtunnelen.

	FØR	mellomperiode med PATK i bunnen			Etter SATK		
	periode 1 bunn	periode 2 bunn	periode 3 (Ørsta)		periode 4		
			Opp	Ned	S1 ned	S2 opp	S3 ned
Gj nitt km/t	80,5	71,1	77,9	80,5	75,2	73,3	75,3
Spredning km/t	11,9	7,2	10,3	8,5	4,7	6,3	4,9
Andel > 80	50,0	5,9	37,6	49,8	11,1	7,7	11,3
> 90	16,5	0,7	9,3	11,4	0,5	0,2	0,5
>100		0,2	2,0	1,9			

Tabell 7: Før- og etteranalyse av PATK og SATK i de fire periodene i Eiksund tunnelen, Fv653, Møre og Romsdal. Oppsummering av resultater.

I periode 1 før ATK etableres er farten i gjennomsnitt 80,5km/t i begge retninger samlet. Mer enn 50% kjører med fart over 80km/t og ca 16% har kjørefart over 90km/t. Ved å etablere dobbelt PATK i bunnen faller kjørefarten med 9,4km/t fra 80,5km/t til 71,1km/t.

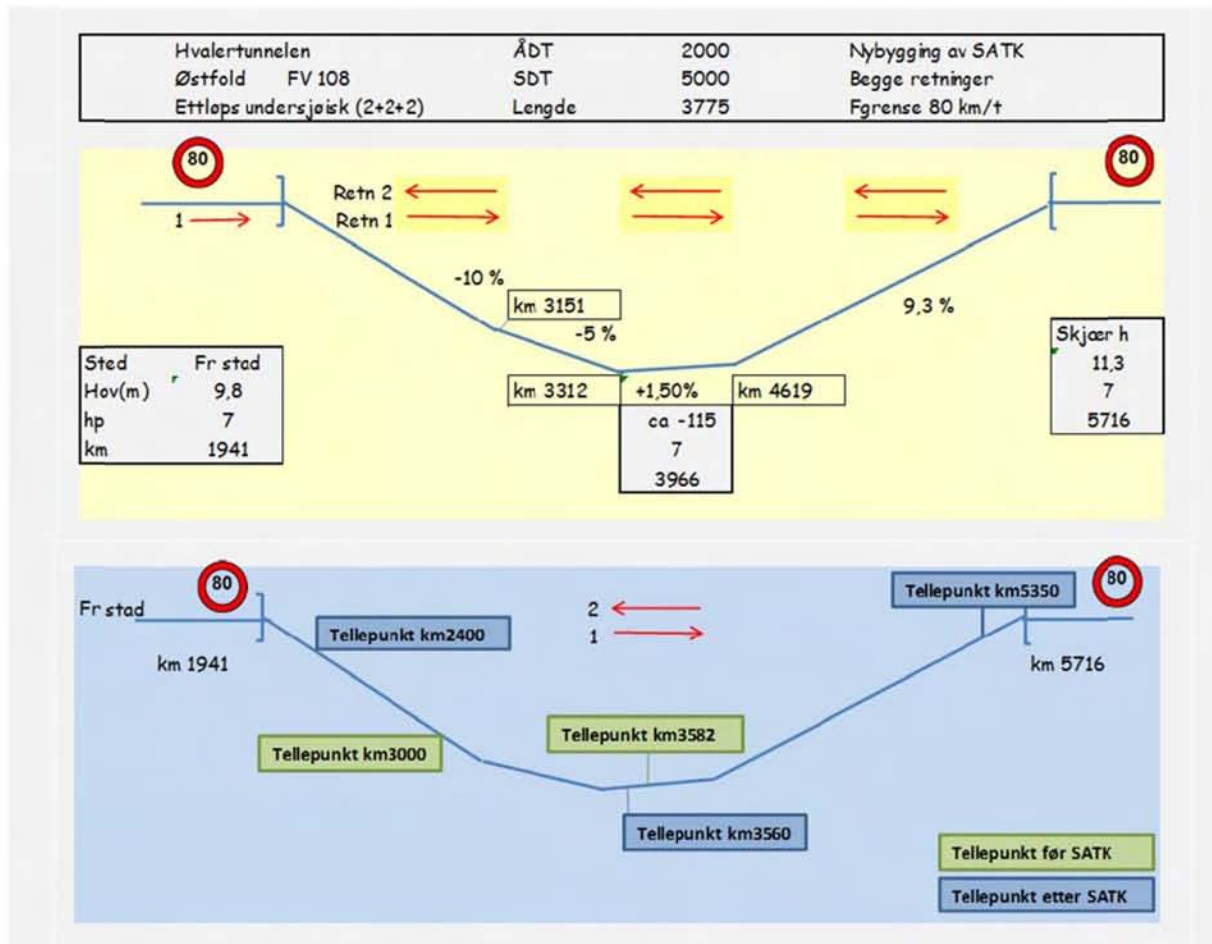
Samtidige målinger i ned-løpene viser at gjennomsnittsfarten i nedløpet fra Eiksund er hhv 86,0km/t opp og 84,4km/t ned. Andelene med kjørefart over 80km/t er 63,5% (opp) og 70,1% (ned). Det kjøres betydelig fortere i dette nedløpet enn det gjør i nedløpet fra Ørsta hvor gjennomsnittene er 77,9km/t (opp) og 80,52 (ned).

I måleperioden med full SATK (periode 4) er de tre snittfartene i S1, S2, og S3 hhv 75,2km/t, 73,3km/t og 75,3 km/t. Andelen som kjører fortere enn 80km/t er om lag 10%. Men spredningen er meget liten og andelen med kjørefart over 90km/t mindre enn 1 %.

### 5.3 Hvalertunnelen

Hvalertunnelen er en ett løps undersjøisk tunnel på Fv108 i Østfold som binder Asmaløy og Kirkøy sammen og dermed gjør Skjærhalden landfast. Total lengde er 3775m.

Figur 15 viser enkelte nøkkeltall fra tunnelen, samt plassering av fartsmålepunkter før- og etter SATK



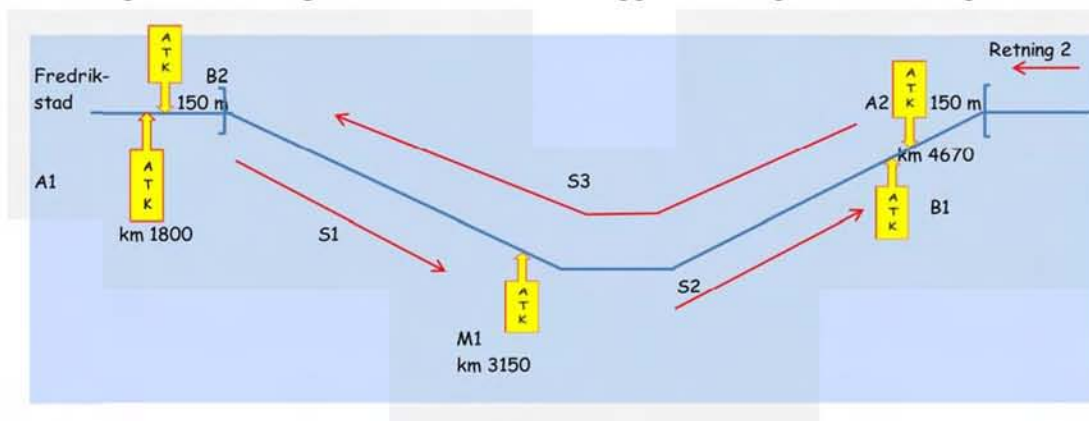
Figur 15: Hvalertunnelen, Fv108, Østfold. Skisse med nøkkeldata samt tellepunkt før- og etter SATK

Geometriskisken viser at vertikalkurvaturen er relativt krevende, med ca10% fall ned fra Asmaløy/Fredrikstad og tilsvarende 9% på Skjærhalden-siden. ÅDT er ca 2000kj/døgn, men sommertrafikken er betydelig større (ca 5000kj/døgn). Tunnelen har 2 gjennomgående felt, ett felt i hver retning uten forbikjøringsfelt. Trafikkretning 1 og dermed kilometreringen er som det framgår i retning fra Fredrikstad til Skjærhalden.

I førsituasjonen angis tellepunktene med grønn farge. Som figuren viser måles fart i to tellepunkt i før-situasjonen, km 3000 og km 3582. Tellepunktene gjengitt i blå farge gjelder for ettersituasjonen. Her er de tre aktuelle målepunktene km 2400, km 3560 og km 5350. Det måles dessuten fart i alle SATK-punktene



Plasseringen av SATK punktene i 3 SATK anlegg, S1, S2 og S3 er vist i figur 16.



Figur 16: Hvalertunnelen, Fv108, Østfold. Plassering av fotobokser og SATK

Fokus i denne sammenheng skal være SATK-anlegget (S3) i retning 2 fra Skjærhallen mot Fredrikstad. Denne konstellasjonen er valgt som et komplementært forsøk i forhold til Eiksund tunnelen, I Eiksund er det valgt en plassering av tre SATK-bokser i retning 1 og 2 i retning 2. Plasseringen i Eiksund med 3 ATK-bokser utgjøres av to SATK, ett anlegg fra topp til bunn og ett fra bunn til topp i samme trafikketretning. I motsatt retning er ATK plassert på toppen og i bunnen (S3). Dette for å hindre hurtig kjøring nedover. Årsaken til denne plasseringen er bl a at en ønsket å benytte de «gamle» punktene i bunnen av tunnelen.

I Hvaler har det vært mulig å velge plasseringen helt fritt. Og, som det framgår av figuren, er det valgt en ATK stolpe ved hver av de to tunnel-portalene i retning 2. Det er tatt hensyn til ønskene om plassering i forbindelse med tunnel-munningene og boks A2 er plassert ca 150m innenfor munningen, mens B2 er plassert ca 150m utenfor. Dette kan være en utfordring i det en kan hevde at farten ned er betydelig større enn opp slike stigninger og at dette vil medføre at anlegget ikke virker optimalt. De viste før- og ettermålingene gir muligheter til å undersøke dette. Resultatene er vist i Tabell 8.

FØR SATK retning 2						
Punktnavn	km 3000	km 3582				
Antall	7668	7582				
Gjennomsnitt km/t	79,3	77,8				
Spredning km/t	11,1	10,8				
Andel >80km/t	43,8	37,1				
>90km/t	13,4	11,3				
ETTER SATK retning 2						
Punktnavn	ATK B2 km 1800	vest km2400	midt km3560	ATK A2 km 4670	Øst km5350	SATK A2-B2
Antall	17689	5294	4980	17400	5270	17400
Gjennomsnitt km/t	64,6	65,5	71,4	63,2	70,0	68,8
Spredning km/t	9,7	9,2	6,3	7,4	7,9	5,6
Andel >80km/t	0,9	1,5	6,1	0,8	7,4	1,0
>90km/t						

Tabell 8: Resultater før- og etter SATK i Hvalertunnelen Fv108, Østfold, retning 2 fra Skjærhallen mot Fredrikstad. Antall kjøretøy, gjennomsnittsfart km/t, spredning km/t og andeler over hhv 80km/t og 90km/t.

Den øvre delen av tabellen viser snittfarten i de to tellepunktene før SATK. I bunnen, km3582 er gjennomsnittsfarten i retning 2 mot Fredrikstad 77,8km/t. 37,1% kjører fortere enn fartsgrensen og 11,3% kjører fortere enn 90km/t. I punkt km 3000 i stigningen på 10% er farten 79,3km/t og 43,8% kjører fortere enn fartsgrensen. Spredningen i de to punktene er ca 11km/t, som er relativt høyt.

Den nedre delen av tabellen viser resultatene fra målepunktene etter SATK er installert og fra målinger i selve ATK-boksene. I målepunktet i bunnen av tunnelen (km 3582 i før-situasjonen og 3560 i etter-situasjonen) har farten blitt redusert med 6,4km/t fra 77,8km/t til 71,4km/t. Andelen med kjørefart over 80km/t er nå 6,1%. Dette bunnpunktet er i etter-situasjonen det punktet hvor kjørefarten er høyest, men likevel betydelig lavere enn fartsgrensen. Lavest er kjørefarten i ATK-boksene hhv 63,2km/t i A2 (km 4670) og 64,6km/t i B2 (km 1800). Spredningen er noe redusert i forhold til før-situasjonen. I punktene øst (km 5350) og vest (km2400) er kjørefarten hhv 70,0km/t og 65,5km/t.

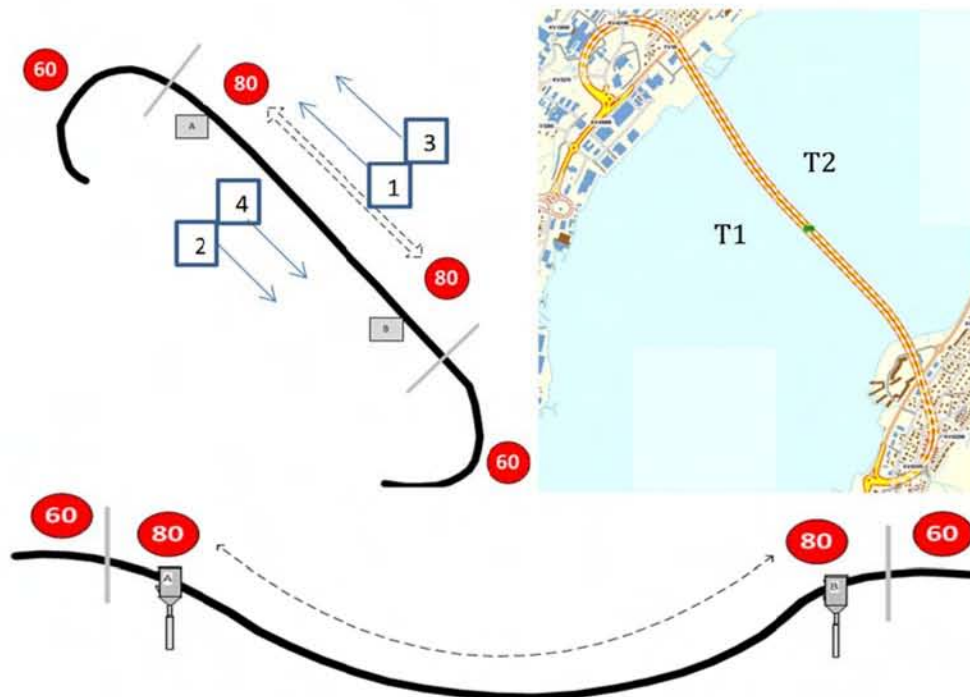
Lengst til høyre i den nedre delen av tabellen framgår at den gjennomsnittlige kjørefarten på SATK strekningen A2-B2 (hele strekningen) er 68,8km/t. Andelen over 80km/t er 1,0% og spredningen er 5,6km/t.

Resultatene fra Hvaler i retning 2 viser at det er mulig, i en undersjøisk tunnel, i likhet med en flat tunnel, å benytte to SATK-bokser i en retning plassert ved tunnel-portalene for å regulere kjørefarten til nivå under fartsgrensen. Det er verd å merke seg i Hvaler, at det i motsatt retning finnes tre ATK-bokser hvorav en er plassert i bunnen. Det kan ikke utelukkes at baksiden på denne er med på å redusere farten i bunnen også i retning 2. Det er imidlertid ikke særlig sannsynlig at denne virkningen er spesielt stor.

## 5.4 Tromsøysund tunnelen

Tromsøysundtunnelen er en undersjøisk tunnel i to separate, parallelle løp T1 og T2. Begge løpene har av to kjørefelt. T1, den sørgående tunnelen fra Tromsøya til fastlandet, består av kjørefelt 2(høyre) og kjørefelt 4(venstre felt). T2 er tilsvarende nordgående løp, med felt 1(venstre) og felt3(høyre).

Figur 17 viser feltkonstellasjonen og tunnellopene samt en enkel geometrisk skisse av horisontal og vertikalgeometrien i tunnelen og plasseringen av ATK-boksene.



Figur 17: Tromsøysund tunnelen, E8, Troms. Geometri, feltkonstellasjon og fartsgrenser.

Geometrien er relativt krevende. Begge løpene har så krappe horisontalkurver i både inn og utkjøring at det er valgt en fartsgrense på 60km/t på disse delstrekningene. I den rette delen (horisontalt) er fartsgrensen 80km/t. Det er i denne delen av tunnellopene SATK ble etablert februar 2012. ÅDT er henholdsvis 5030 og 4860 kjøretøyet /døgn.

Målepunktene for fart er i begge løp plassert i bunnen av tunnelen om lag på det dypeste punktet. Resultatet av før-målingene er vist i tabell 9

FØR SATK	Antall kjøretøy	Hastighet gjennitt km/t	Spredning km/t	Andel i prosent				
				over 80 km/t	over 90 km/t	over 100 km/t	over 110 km/t	over 120 km/t
Felt 1	12724	89,1	8,0	91,0	36,4	7,3	1,8	0,5
Felt 3	128701	78,7	6,5	37,7	4,4	0,5	0,1	0,0
<b>Samlet T2</b>	<b>141425</b>	<b>79,6</b>	<b>6,7</b>	<b>42,5</b>	<b>7,2</b>	<b>1,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>
Felt 2	128738	79,7	7,5	46,5	6,8	1,1	0,2	0,06
Felt 4	16700	85,3	8,9	75,6	23,7	4,4	0,9	0,24
<b>Samlet T1</b>	<b>145438</b>	<b>80,3</b>	<b>7,7</b>	<b>49,8</b>	<b>8,8</b>	<b>1,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,08</b>

Tabell 9: Tromsøysund, E8, Troms. Målinger før SATK. Antall kjøretøy, gjennomsnitt og spredning (km/t). Andel over angitt fart.

Farten i de to retningene samlet er hhv 79,6km/t i T2 og 80,3km/t i T1. Spredningen er ca 7km/t. Mer enn 1% kjører fortere enn 100km/t. Det er spesielt i de to venstre feltene i hver retning det kjøres spesielt fort. 91% >80km/t i T1 og tilsvarende 76% i T2. Her kjører også 4,4% >100km/t (T1) og 7,3% i T2. Trafikken i disse feltene utgjør ca 8% av den totale trafikken i hver retning.

I situasjonen etter at SATK er anlagt er fartsmålingene framstilt samlet for de to feltene i hvert av tunneløpene. Dette er vist i tabell 10

		Hastighet gjennitt km/t	Spredning km/t	Andel over i prosent	
				over 80 km/t	over 90 km/t
T2	FØR	79,6	6,7	42,5	7,2
	ETTER	73,7	4,2	4,4	0,1
	Endring	5,9	2,5		
T1	FØR	80,3	7,7	49,8	8,8
	ETTER	73,6	3,9	3,4	0,1
	Endring	6,7	3,8		

Retning	FØR (km/t)	ETTER (km/t)
T1	80,3	73,6
T2	79,6	73,7

Tabell 10: Tromsøysund tunnelen, E8, Troms. Målinger før og etter SATK i tunnel-løpene T1 og T2.

Gjennomsnittsfarten er redusert i begge tunneløpene med 6,7km/t i T1, fra 80,3km/t til 73,6km/t. I tunneløp T2 er den tilsvarende kjørefartene 79,6km/t før SATK og 73,7km/t etter SATK. Dette tilsvarer en reduksjon på 5,9km/t. Andelene som kjører >80km/t er betydelig redusert i begge tunnel-løpene fra 49,8% i T1 og 42,5% i T2 til 3,4% i T1 og 4,4% i T2.

Som ved de andre SATK-anleggene som er evaluert, både i tunneler og på veg i dagen, kjøres det noe saktere ved passering av selve fotoboksene enn det gjøres mellom boksene på SATK-strekningen. Fartsreduksjonen er større i boks B enn i boks A i begge de to løpene. Det er ingen tegn til at de som er registrert i bare ett av målepunktene (A eller B) på de to strekningene har en annen kjørefart enn de som er registrert i begge målepunktene. Dette i likhet med resultatene fra Hallingdal (figur 3) og Hell (figur9).

## 6. Fartens bidrag til risiko.

### 6.1 Eksponentialmodellen - et hensiktsmessig begrepsapparat

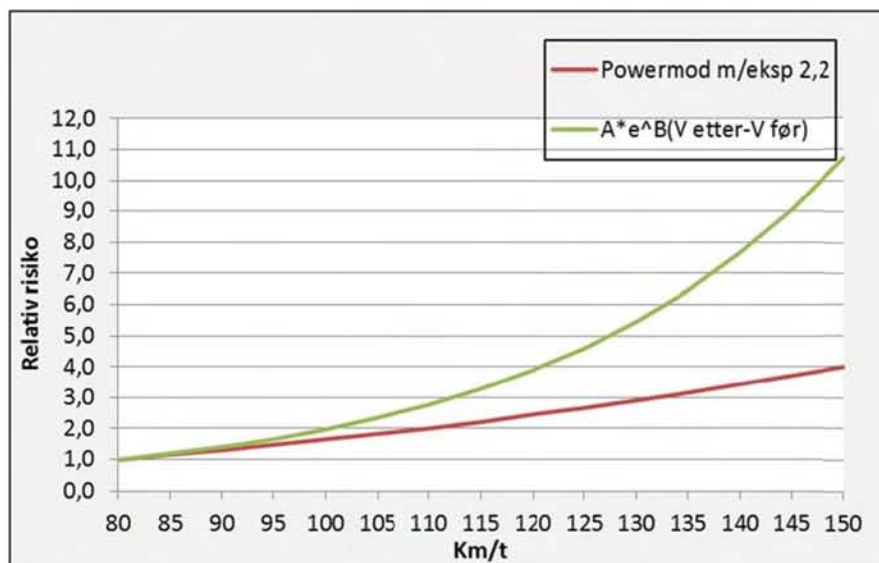
(Eksponentialmodellen er presentert og drøftet mer inngående av Olsen (Olsen 2013).

Tidligere er sammenhengen mellom kjørefart og risikoen for ulykker beskrevet ved den såkalte Powermodellen. (Elvik 2010). Denne muliggjør å beregne endringer i risiko som funksjon av endringer av gjennomsnittlig fart i en fartsfordeling.

I en vitenskapelig artikkel i 2012 (Elvik 2013) har denne modellen blitt re-estimert og foreslått erstattet av en eksponensialmodell. Egenskapene til denne modellen i forhold til Powermodellen er i hovedsak tre:

1. Eksponentialmodellen beskriver data på en bedre måte (har bedre forklaringssevne) enn Powermodellen. Spesielt gjelder dette ved høyere hastigheter.
2. Risikoen for ulykker øker betydelig raskere med eksponentialmodellen enn med Powermodellen.
3. Matematikken i eksponentialmodellen gjør det mulig å beregne det totale risikobidraget til et intervall i en fartsfordeling.

Figur 18 viser en sammenlikning av de to modellene (Power og eksponential) som beskriver den relative risikoen for ulykker som funksjon av kjørefart.



Figur 18: Powermodellen og eksponentialmodellen. Relativ risiko som funksjon av kjørefart.

Eksponentialmodellen er av formen

$$Y = \text{eksp}(0,034 * V_{\text{etter}} - V_{\text{før}})$$

Hvor Y er risikoen for ulykker og V er kjørefarten i km/t før og etter tiltak

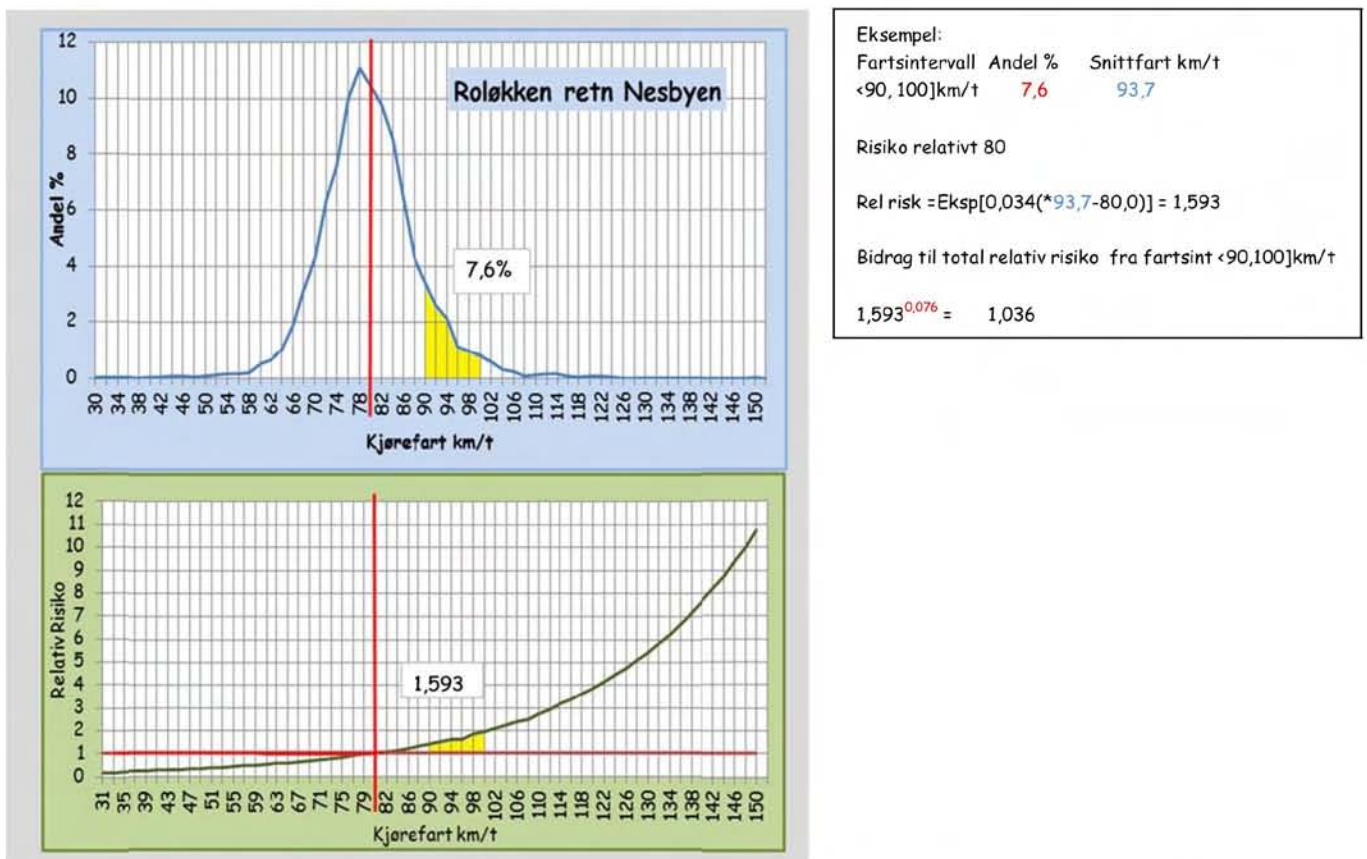
Her framstilt relativt 80km/t. Mao  $V_{\text{etter}}=80\text{km/t}$ . Koeffisienten 0,034 framkommer ved kalibrering vist i Elvik (Elvik 2013)

Som det framgår øker risikoen betydelig raskere med eksponentialmodellen enn med Powermodellen. Eksempelvis er den relative risikoen for  $v=140\text{km/t}$  beregnet med Powermodellen 3,4 (med eksponent 2,2), mens den med eksponentialmodellen er 7,7.

Den relative risikoen presentert i figuren er relatert til det enkelte kjøretøy med den gitte kjørefart. Det vil si at dersom en person kjører i  $140\text{km/t}$  er risikoen for ulykker 7,7 ganger høyere enn om man kjører i  $80\text{km/t}$  i henhold til eksponentialmodellen. Tilsvarende i powermodellen er 3,4.

Den tredje egenskapen til eksponentialmodellen innebærer at det også er mulig å beregne betydningen av et fartsintervall (en fraksjon) for den totale risikoen til hele populasjonen, hensyn tatt til hvor stor del fartsintervallet utgjør av hele fartsfordelingen og gjennomsnittsfarten.

Dette er vist i regneeksempelet i figur 19.



Figur 19: Fartsintervallenes bidrag til total relativ risiko beregnet med eksponentialmodellen. Talleksempel fra Roløkken, Rv7 i Hallingdal.

Den gjennomsnittlige kjørefarten i fartsintervallet  $<90,100]$  km/t (merket med gult i figuren) er  $93,7\text{km/t}$ . En trafikant med denne kjørefarten har en risiko for ulykker på 1,593 relativt en trafikant som kjører i  $80\text{ km/t}$ . Gruppen med denne gjennomsnittlige farten ( $93,7\text{km/t}$ ) utgjør 7,6% av den totale fartsfordelingen og gruppens bidrag til den totale risikoen i fordelingen blir  $1,036 (= 1,593^{0,076}$  - se forklarings boks). Dette kan tolkes slik at denne gruppens fartsvalg

medfører en risikoøkning på 3,6% for hele gruppen, sammenliknet med om de alternativt hadde valgt en kjørefart lik 80km/t. Ulykkesreduksjonen ved å få denne gruppens kjørefart redusert til 80 km/t ville vært 3,4%. ( $=1-1/1,036$ ).

## 6.2 Redusert risiko og redusert ulykkestall i fartsintervaller.

Dersom en fartsfordeling splittes opp i ulike intervaller kan den totale risiko vha eksponentialmodellen beregnes som et multiplum av risikobidragene i hvert intervall. Ved å gjøre dette før og etter en installasjon av SATK kan risikoendringen og en forventet endring av antall ulykker beregnes og relateres til endringer i det enkelte fartsintervall.

Dette er vist i tabell 11. Eksemplet er hentet fra Roløkken, Rv7 i Hallingdal, og dataene tilsvarer figur 2.

FØR SATK	Andel	Snittfart	Relativ	Totalt
Fartsintervall	%	km/t	risiko	risiko bidrag
<= 80	58,0	73,3	0,796	0,876
<80,90]	32,5	84,0	1,146	1,045
<90,100]	7,6	93,7	1,593	1,036
>100	1,9	106,9	2,496	1,018
>80 kontroll		=1,045*1,036*1,018=		1,102
>80	42,0	86,8	1,260	1,102
Alle kontroll		=0,876*1,102 =		0,967
ALLE	100,0	79,0	0,967	0,967

ETTER SATK	Andel	Snittfart	Relativ	Totalt
Fartsintervall	%	km/t	risiko	risiko bidrag
<= 80	92,3	68,3	0,672	0,693
<80,90]	6,4	83,3	1,119	1,007
<90,100]	0,9	93,8	1,599	1,004
>100	0,4	107,8	2,573	1,004
>80	7,7	85,7	1,214	1,015
Alle	100	69,7	0,705	0,705

Tabell 11: Relativ- og totalrisiko i fartsfordelingen før og etter SATK Roløkken, RV 7 i Hallingdal. Andeler i %, snittfart i km/t.

Den øvre delen av tabellen gjelder situasjonen før SATK er installert. Den totale gjennomsnittsfarten er 79,0km/t med en risiko relativt 80km/t på 0,967.

58,0% har kjørefart <=80km/t .Gjennomsnittsfarten i denne gruppa er 73,3km/t og den relative risikoen for denne gruppa blir 0,796 ( $=\text{eksp}(0,034*(80-73,3))$ ) . Denne gruppas bidrag til den totale relative risiko er 0,876( $=0,796^{0,58}$ ).

42,0% har kjørefart >80km/t. Gjennomsnittsfarten i denne gruppen er 86,8km/t og den relative risikoen for gruppen er 1,260. Denne gruppas bidrag til total risiko for alle trafikanter er 1,102.

Som en kontroll kan da den totale relative risiko for hele fartsfordelingen (=0,967) også beregnes ved å multiplisere den relative risikoen for de to intervallene (0,876\*1,102=0,967).

På samme måte kan den totale relative risikoen for alle med kjørefart >80km/t (= 1,102) beregnes ved å multiplisere sammen risikobidragene fra hvert av de tre fartsintervallene <80-90],<90-100] og <100km/t (1,045\*1,036\*1,018=1,102).

Den nedre delen av tabellen viser tilsvarende oppstilling etter SATK er installert. Den gjennomsnittlige kjørefarten i hele fartsfordelingen reduseres med 9,3km/t fra 79,0km/t til 69,7km/t. Den totale relative risikoen reduseres til fra 0,967 til 0,705. Alle fartsintervaller bidrar til reduksjonen i den totale risikoen. Naturlig nok vil den relative risikoen kunne øke i enkelte intervall med høy kjørefart (i gruppa >100km/t øker gjennomsnittsfarten fra 106,9km/t til 107,8km/t), men i kraft av at antallet i den samme gruppa synker (fra 1,9% i før-situasjonen til 0,4% i etter-situasjonen) vil bidraget til total risiko likevel synke.

Resultatene i tabellen indikerer at den totale risikoen endres fra 0,967 i situasjonen før til 0,705 etter SATK. Dette er en relativ endring (etter/før) på 0,729 (=0,705/0,967), hvilket tilsvarer en forventet reduksjon i antall ulykker på 27,1% (=1-0,729).

Dette er vist i tabell 12, som også viser endringer i relativ risiko og forventet ulykkesreduksjon fra hvert fartsintervall.

Fartsintervall	FØR Totalt risikobidrag	ETTER Totalt risikobidrag	Endring etter/før	Ul red %
<= 80	0,876	0,693	0,791	<b>20,9</b>
<80,90]	1,045	1,007	0,963	<b>3,7</b>
<90,100]	1,036	1,004	0,969	<b>3,1</b>
>100	1,018	1,004	0,987	<b>1,3</b>
>80	1,102	1,015	0,921	<b>7,9</b>
ALLE	0,967	0,705	0,729	<b>27,1</b>

Tabell12: Fartsintervallenes bidrag til total relativ risiko før og etter SATK Roløkken, RV 7 i Hallingdal. Endring i relativ risiko og tilhørende forventet reduksjon i antall ulykker(%).

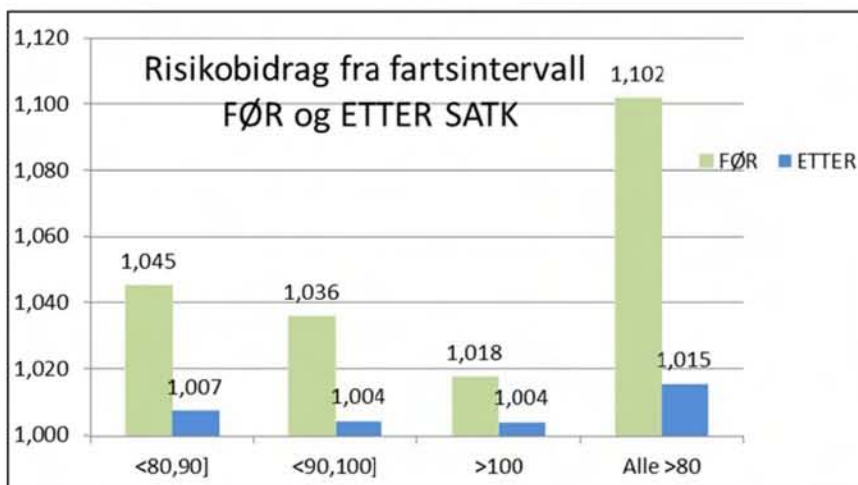
Tabellen viser at den totale beregnede, forventede ulykkesreduksjonen er 27,1%. Oppsplittet i de ulike fartsintervallene framkommer at den største reduksjonen finnes i gruppen med kjørefart <=80km/t hvor reduksjonen er beregnet til 20,9%.



I hele gruppen med kjørefart >80km/t, hvor farten reduseres fra 86,8km/t til 85,5km/t fra før til etter SATK og de tilsvarende andelene reduseres fra 42,0% til 7,7% beregnes endringen i relativ risiko til 0,921. Dette tilsvarer en ulykkesreduksjon på 7,9% (=1-0,921)

I dette eksemplet, hvor kjørefarten i gruppa <=80km/t reduseres så vidt mye, synes det som om det største bidraget til den totale risikoreduksjonen kan tilskrives denne gruppa. Det er mange mulige forklaringer på hvorfor det har blitt slik i dette tilfellet, men ut fra hvorledes det er ønskelig at kontrolltiltaket SATK mot fart er tenkt å virke, er det hovedsakelig effekter av fartsendringer for den gruppa som i utgangspunktet kjører fortere enn fartsgrensen som skal tillegges noen vekt. Effekter i andre grupper må eventuelt kun betraktes som en bonus.

Den neste figuren viser fartsintervallenes bidrag til risikoreduksjonen **som knyttes til** installasjonen av SATK ved Roløkken, RV 7 i Hallingdal.

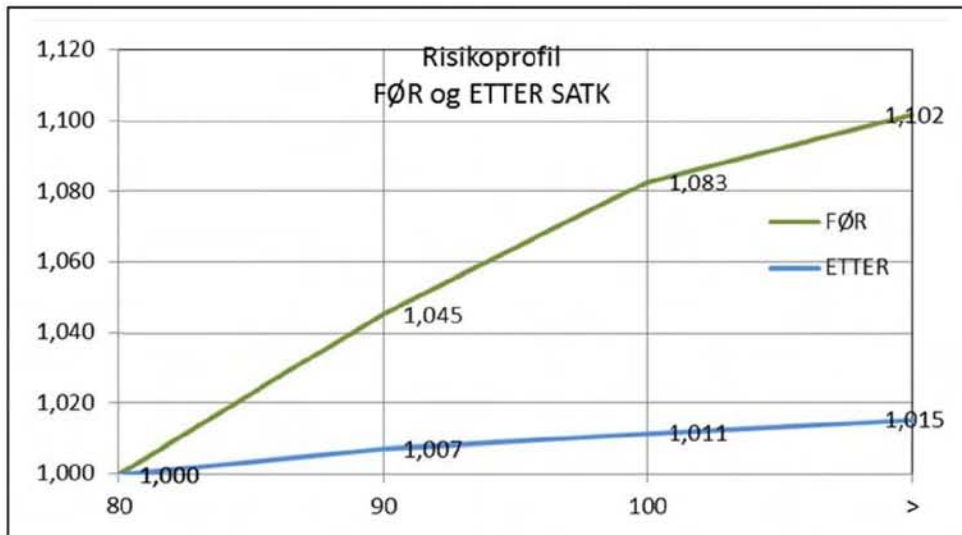


Figur 20: Totalt risikobidrag fra fartsintervall >80km/t før og etter SATK ved Roløkken, Rv7 i Hallingdal.

Figuren viser hvordan den totale risikoen for ulykker som følge av SATK reduseres fra 1,102 i situasjonen før SATK til 1,015 i situasjonen etter SATK. Dette tilsvarer en forventet ulykkesreduksjon på 7,9%. Størstedelen av reduksjonen kan tilskrives fartsintervallet <80,90]km/t med 3,7%, men også intervallet <90,100] har et betydelig bidrag med 3,1%. Minst betydning for reduksjon av den totale risiko har endringene i intervallet >100km/t med 1,3%. Årsaken til dette er at antallet i denne gruppen er så vidt lite før SATK.

### 6.3 Endring i risikoprofil-ulykkesreduksjonspotensiale.

Ved å bearbeide dataene videre kan det framstilles en risikoprofil for den aktuelle fartsfordelingen. Dette viser hvordan den totale risikoen avhenger av bidragene fra hvert fartsintervall.



Figur 21: Risikoprofil før og etter SATK ved Roløkken, Rv7 i Hallingdal.

Den grønne grafen i figuren gjelder risikoprofilen før SATK. I intervallet med fart  $\leq 80$  km/t (fartsgrensen) er den relative risikoen satt lik 1.

Intervallet  $<80,90]$  km/t bidrar på sin side med en risiko 1,045 (se tabell 11). Det totale bidraget for intervallet  $\leq 90$  km/t er dermed 1,045 ( $=1,0 \cdot 1,045$ ).

Det neste intervallet  $<90,100]$  km/t bidrar til den totale risiko med 1,036 (se tabell 11) hvilket betyr at risikoen for intervallet  $\leq 100$  km/t totalt blir 1,083 ( $=1,045 \cdot 1,036$ ).

Det siste intervallet  $>100$  km/t bidrar isolert med en risiko 1,018 (se tabell 11) og den totale risikoen for hele intervaller  $>80$  km/t blir 1,012 ( $=1,083 \cdot 1,018 = 1 \cdot 1,045 \cdot 1,036 \cdot 1,018$ )

Den blå grafen i figuren framstiller på samme måte fartsfordelingen etter SATK er installert og området mellom grafene uttrykker på et vis den risikoreduksjonen installasjonen representerer.

Totalt innebærer endringen av risikoprofilen en endring av den relative risikoen fra 1,102 i situasjonen før SATK til en risiko 1,015 etter SATK. Dette tilsvarer en relativ endring (etter/før) på 0,921 eller en forventet ulykkesreduksjon på 7,9%.

Figuren viser en beregnet ulykkesreduksjon basert på en før- etter betraktning i forhold til SATK. Dersom vi ikke hadde hatt målinger fra situasjonen etter SATK kan vi beregne et ulykkesreduksjonspotensiale basert på en antakelse om at alle trafikanter endrer sin fart i etter- situasjonen slik at ingen kjører med fart  $>80$  km/t. Dette tilsier at den relative risikoen i etter-situasjonen ville være 1,0. I figuren tilsvarer dette X-aksen. Det absolutte ulykkesreduksjonspotensialet kan på denne måte beregnes til 9,3%. ( $1 - 1/1,102$ ). Ved senere utarbeidelse av kriterier for SATK-etablering vil dette potensialet kunne utgjøre en viktig inngangsparameter i vurderingen.

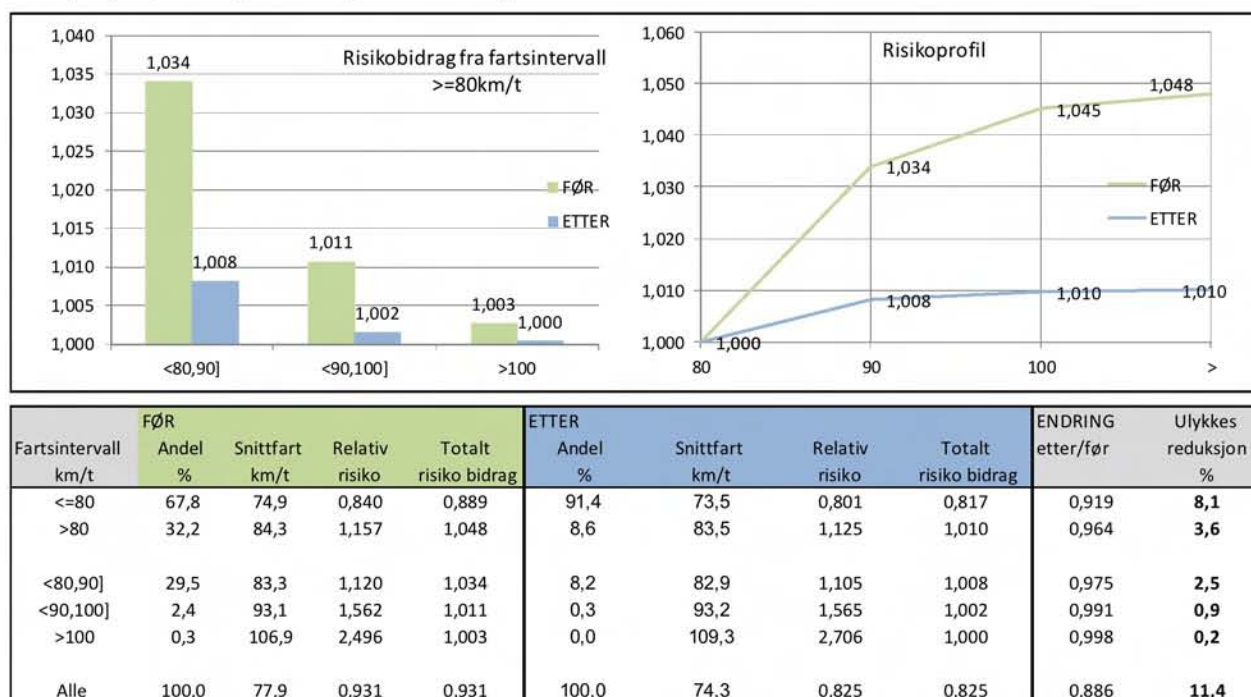
## 7. Beregnet ulykkesreduksjon som følge av SATK.

Ved hjelp av begrepsapparatet utviklet i kapittel 6 kan det nå beregnes en forventet ulykkesreduksjon som følge av SATK installasjonene i ulike tunnelene.

### 7.1 Helltunnelen

Det er tatt utgangspunkt i målepunktet Hell midt, vist i figur 7, hvor farten før SATK er 77,9km/t i gjennomsnitt. Risikoberegningen er vist i figur 22.

#### Hell, E6, Trøndelag Ulykkesreduksjon etter SATK



Figur 22: Beregnet risiko og ulykkesreduksjon etter SATK Helltunnelen, E6, Trøndelag.

Farten i gruppa >80km/t er i gjennomsnitt 84,3km/t i førsituasjonen. Med en andel av totaltrafikken på 32,2% bidrar denne gruppa med et bidrag til totale relative risikoen i førsituasjonen på 1,048. I etter-situasjonen er risikobidraget fra denne gruppa redusert til 1,010, hvilket tilsvarer et forholdstall (etter/før) på 0,964 eller en forventet ulykkesreduksjon på 3,6% ( $1 - 1,010/1,048$ ). Det største bidraget til risikoreduksjonen er fra gruppa <80,90]km/t som alene bidrar med er reduksjon på 2,5%. Det totale ulykkesreduksjonspotensialet (hvis ingen hadde fart >80km/t i etter-situasjonen) er beregnet til 4,6%. Det oppnådde resultatet på 3,6% viser at kjørefarten etter SATK er betydelig redusert, hvilket også gjenspeiles i at den relative risikoen i gruppa >80km/t etter SATK er 1,010.

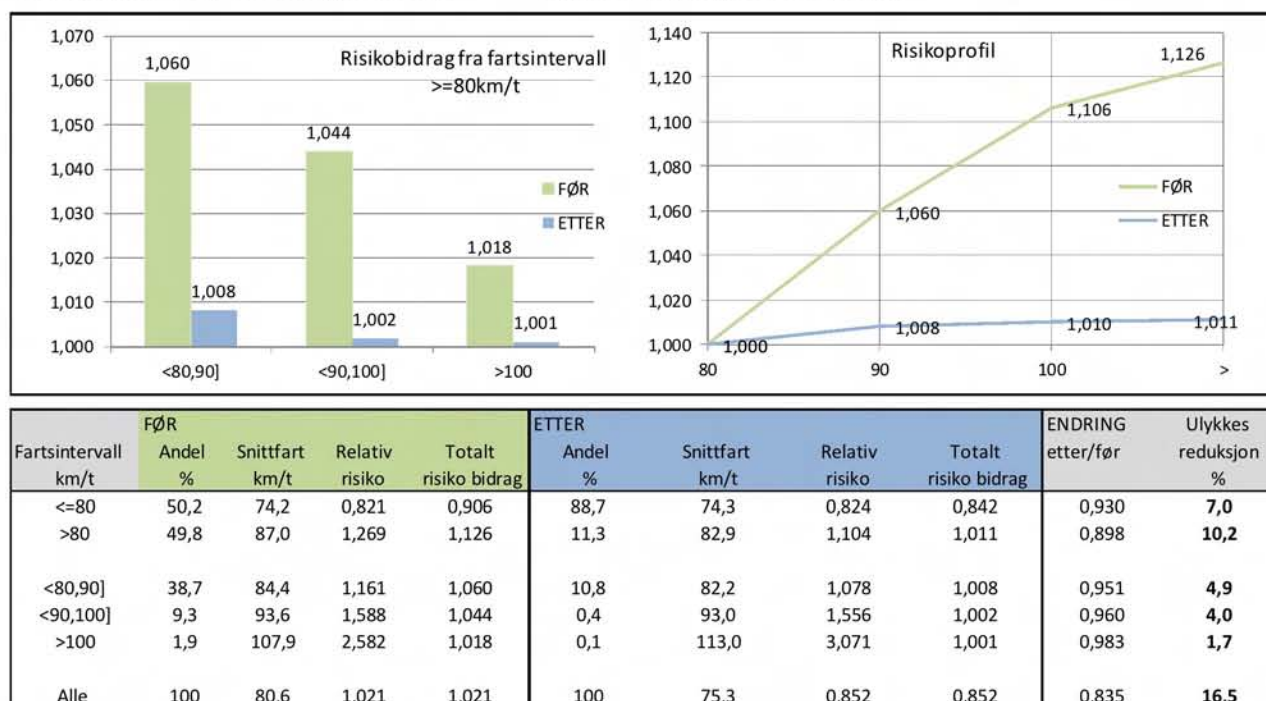
Den totale ulykkesreduksjonen som følge av SATK er beregnet til 11,4%. Størstedelen av den totale reduksjonen kan tilskrives gruppen med kjørefart <=80km/t. Denne gruppa reduserer sin fart fra 74,9km/t i før-situasjonen til 73,5km/t i etter situasjonen, samtidig som størrelsen av gruppa øker fra 67,8% til 91,4%. I situasjonen etter SATK er det 8,6% som kjører med fart >80km/t. 0,3% har kjørefart >90km/t.

Generelt likner risikoprofilen i denne flate tunnelen risikoprofilen beregnet på Roløkken , RV7, Hallingdal (vist i figur 20). Totalbidraget til risikoreduksjon er størst i gruppen med fart  $\leq 80$  km/t. I gruppen med fart  $> 80$  km/t utgjør bidraget om lag en tredel av totalen og av de tre fart-fraksjonene er bidraget størst fra gruppen  $< 80, 90$ ] km/t.

## 7.2 Eiksund tunnelen

Beregningene i før-situasjonen er basert på tellepunkt km8630 (felt ned) i nedløpet fra Ørsta, vist i figur 12 . Her er gjennomsnittsfarten målt til 80,6 km/t. I etter-situasjonen er resultatet fra SATK-S3 (vist i figur 13) benyttet. Gjennomsnittsfarten er her målt til 75,3 km/t.

**Eiksund, FV 653, Møre og Romsdal Ulykkesreduksjon etter SATK**



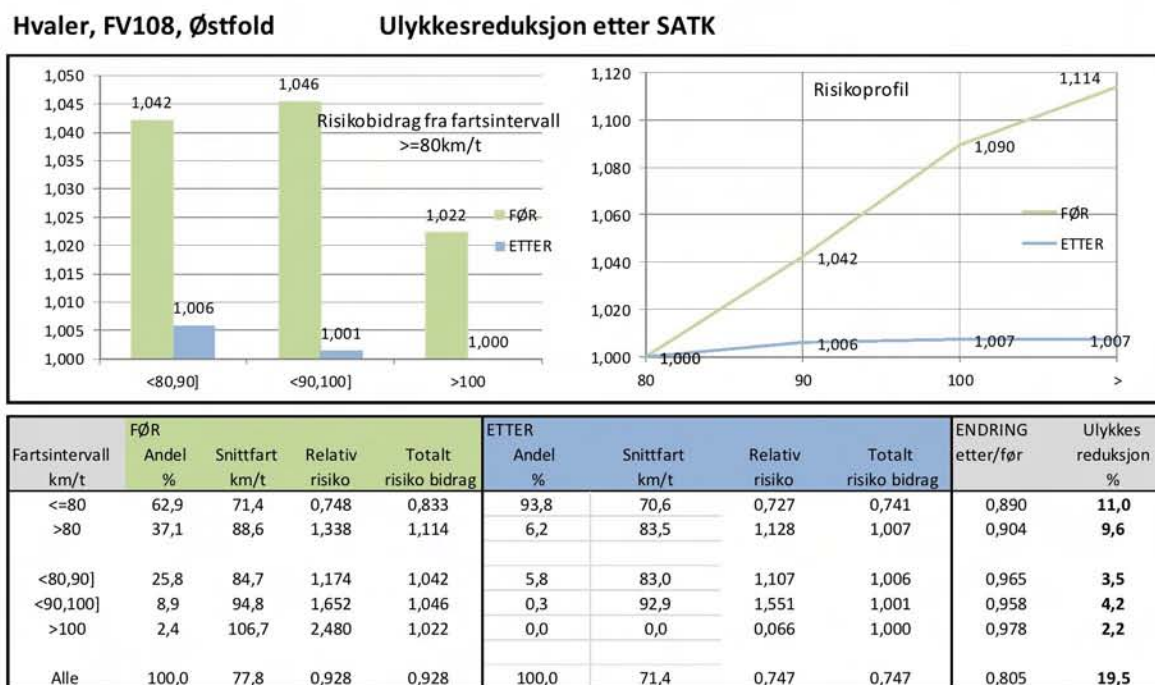
Figur 23: Beregnet risiko og ulykkesreduksjon etter SATK Eiksund tunnelen, Fv653, Møre og Romsdal.

Også her er det et visst bidrag fra begge grupper med fart hhv  $\leq 80$  km/t og  $< 80$  km/t. Størst er bidraget fra gruppa  $> 80$  km/t. Her reduseres den relative risikoen fra 1,126 før SATK til 1,011 etter SATK. Forholdstallet blir dermed 0,898 tilsvarende en beregnet risikoreduksjon på 10,2%. Gruppa  $\leq 80$  km/t bidrar med en total reduksjon på 7,0%

Det er om lag samme bidrag fra begge grupper med fart  $< 80, 100$ ] km/t med ca 4,5% hver, men også gruppa  $> 100$  km/t bidrar. Den gjennomsnittlige farten i gruppa øker betydelig, fra 107,9 km/t til 113 km/t. Men siden størrelsen av gruppa reduseres fra 1,9% i før-situasjonen til 0,1% i etter-situasjonen bidrar gruppa alene likevel med en ulykkesreduksjon tilsvarende 1,7%. Denne reduksjonen er større enn tilsvarende gruppe på Hell hvor reduksjonen var 0,2%. Det totale ulykkesreduksjonspotensialet for de med fart  $> 80$  km/t er beregnet til 11,2%. I forhold til det beregnede resultat på 10,2% betyr dette at farten i etter-situasjonen er betydelig redusert, med en relativ risiko på 1,011 i situasjonen etter SATK.

### 7.3 Hvalertunnelen

Beregningene fra Hvaler, både før og etter SATK, er basert på data fra tellepunkt km3582 plassert på «bunnen» av tunnelen slik det er vist på figur 15. Fartsmålingene er også gjengitt i tabell 7. Figur 24 viser resultatet av den beregnede risikoreduksjonen.



Figur 24: Beregnet risiko og ulykkesreduksjon etter SATK Hvalertunnelen, Fv108, Østfold.

Også her viser figuren betydelige reduksjoner av risikoen fra før- til etter SATK. Reduksjonen er på 9,6% i gruppa med fart >80km/t. Farten reduseres i denne gruppa fra 88,6km/t før SATK til 83,5km/t etter SATK samtidig som gruppas størrelse reduseres fra 37,1% til 6,2%. Her bidrar gruppa <90,100]km/t med en noe større risikoreduksjon enn gruppa <80,90]km/t.

Når den oppnådde ulykkesredusjon for gruppa >80km/t tilsvarer 9,6%, og det totale reduksjonspotensiale kan beregnes til 11,4% innebærer dette at farten etter SATK er meget redusert. 0,3% har kjørefart >90km/t og det totale risikobidraget i etter-situasjonen er 1,001.

### 7.4 Tromsøysundtunnelen

I Tromsøysund foreligger ikke datamateriale på en slik form at enkelte gruppers bidrag til risikoendring kan beregnes i detalj. Resultatene gitt i tabell 9 kan imidlertid brukes til, vha eksponentialmodellen, å beregne det totale bidrag til ulykkesreduksjon i de to tunnel-løpene separat. I T1 (sørgående) reduseres risikoen fra 1,010 i situasjonen før SATK til 0,804 i situasjonen etter. Dette tilsvarer et forholdstall 0,796 eller en ulykkesreduksjon på 20,4%. Tilsvarende for tunneløp T2 er en ulykkesreduksjon på 18,2%. Andelen med kjørefart >80km/t reduseres her fra 42,5% til 4,4% og risikoen reduseres tilsvarende fra 0,986 til 0,807.

## 8. Beregninger av det totale ulykkes reduksjonspotensiale.

Som vist foran er det mulig å beregne et ulykkes reduksjonspotensiale for en SATK installasjon på bakgrunn av førmålinger. Dette er basert på en antakelse om at alle som i utgangspunktet har en kjørefart større enn fartsgrensen reduserer sin kjørefart til fartsgrensen. I kapittel 7 er slike beregninger kommentert i forhold til hva som faktisk oppnås av fartsreduksjoner ved målinger før- og etter SATK. Beregningene her viste at gruppen med fart >80km/t (fartsgrensen) i før situasjonen i stor grad reduserer sin kjørefart. Dette vises bl a ved at den relative risikoen etter SATK er liten, i betydningen nær 1,0. Dette harmonerer med tidligere kunnskap om at effekten av ATK generelt er en funksjon av farten før ATK installeres.

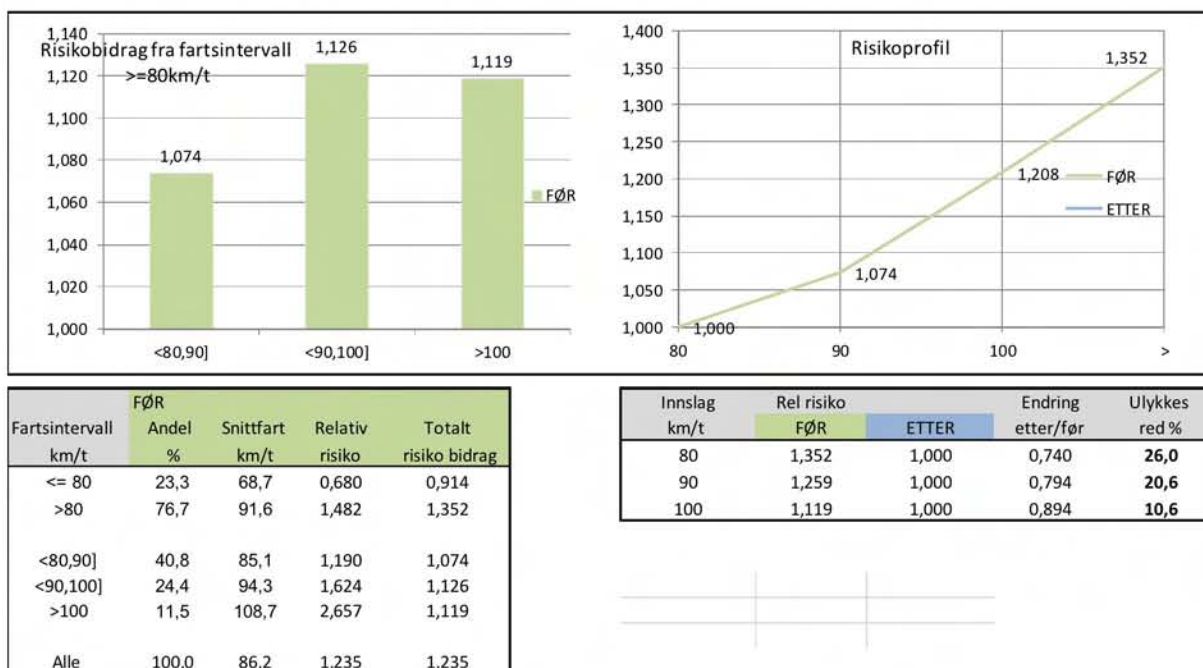
Fordelen med beregninger av potensialer er at disse gjøres på bakgrunn av målinger **før** SATK installeres og representerer en forventning til hvilke resultater som kan oppnås.

Slike beregninger kan bli aktuelle i forbindelse med utarbeidelse av kriterier for ATK bruk generelt og for SATK spesielt.

### 8.1 Valderøytunnelen

Figur 25 viser et eksempel på en potensial beregning fra Valderøytunnelen, FV653, Møre og Romsdal. Fartsmålingene er foretatt i et snitt i bunnen av tunnelen.

#### Valderøy, FV653, Møre og Romsdal



Figur 25: Beregnet potensial for risiko- og ulykkesreduksjon for SATK, Valderøy tunnelen, FV653, Møre og Romsdal.

Resultatene er basert på målinger av enkeltkjøretøyer i et snitt i tunnelen.

Erfaringene fra Hvalertunnelen vist i kapittel 5.3, viser at dette gjerne kan være et punkt plassert i «bunnen» av en undersjøisk tunnel, eller midt inne i en flat tunnel, slik dette er vist fra Hell.

Figur 25 fra Valderøy viser at gjennomsnittsfarten for alle trafikanter uten SATK er 86,2km/t. I gruppa >80km/t (som er fartsgrensen) er snittfarten 91,6km/t. Dersom disse tilpasser sin fart til fartsgrensen reduseres den relative risikoen fra 1,352 i situasjonen uten SATK til 1,0 dersom vi monterer SATK. Dette representerer en reduksjon på 26,0%. Det er spesielt de to gruppene med høyest kjørefart som bidrar til reduksjonen. Dersom alle med fart >90km/t vil tilpasse sin fart viser figuren en forventet ulykkesreduksjon på 20,6%. Gruppen med fart >100km/t vil alene bidra med en ulykkesreduksjon som tilsvarer 10,6%.

## 9. Oppsummering og konklusjon

**SATK virker fartsreducerende. Samtidig som gjennomsnittsfarten synker, så blir de høye hastighetene nesten borte. Sterkt og klart som for veg i dagen.**

I likhet med oppsummeringen av resultater fra SATK på veg i dagen, vist i tabell 1, viser en tilsvarende oppsummering fra SATK i tunneler til dels betydelige effekter av SATK på kjørefart målt før og etter.

Tabell 13 viser effektene målt på de 7 ulike SATK anleggene vi har presentert i denne rapporten, fra i 4 ulike vegtunneler. Fra Eiksund er også presentert et samleresultat fra to påfølgende SATK.

Tunnel navn	Fylke	Veg nr	Lengde m	Ådt 2010 kjt/dag	Farts grense km/t	Kjørefart km/t		Redusjon km/t	Beregnet ulykkesred %
						Før SATK	Etter SATK		
Hell	Trøndelag	E6	4180	15000	80	77,9	75,3	2,6	11,4
Eiksund S1 S2 S3	M& Romsdal	FV653	7840	2030	80	81,1	74,5	6,6	20,5
						84,4	75,2	9,2	26,9
						77,9	74,3	3,6	11,3
						80,6	75,3	5,3	16,5
Tromsøysund T1	Troms	E8	2021	5030	80	80,3	73,6	6,7	20,4
Tromsøysund T2			2016	4860					
Hvaler retn 2	Østfold	Fv108	3887	2000	80	77,8	68,8	9,0	26,4

Tabell 13. Oppsummering av resultater fra evaluering av SATK i tunnel.

Navn, fylke, veg nummer, lengde, ÅDT, fartsgrense og målt kjørefart før- og etter SATK, beregnet fartsendring(km/t) og beregnet ulykkesreduksjon i %.

Den største reduksjonen på 9,2km/t ble målt i Eiksund tunnelen, Fv 653, Møre og Romsdal. Her var også farten før SATK høyest med 84,4km/t i gjennomsnitt. Resultatene er basert på en punktmåling i nedløpet fra Eiksund (km1580), retning fra Ørsta i før-situasjonen og SATK S1 måling i samme retning med punktene A1 og M.

Minst endring av kjørefarten ble målt i Hell tunnelen, E6, Trøndelag med 2,6km/t. Her var farten før SATK blant de lavere som ble målt. I Helltunnelen var det tidligere PATK. Farten etter SATK i Hvalertunnelen utgjøres at farten etter SATK i S3 (tabell 8).

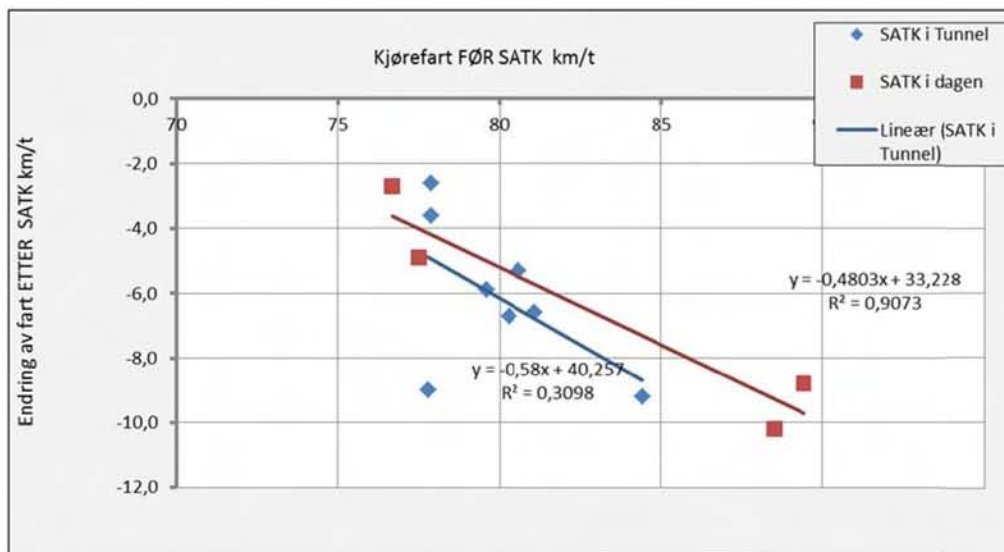
Kolonnen «beregnet ulykkesreduksjon» kommenteres senere.

**Minst 90 % holder fartsgrensen i ettersituasjonen, nesten uavhengig av førsituasjonen. Dermed er den fartsreducerende effekten størst der fartsnivået er høyt i førsituasjonen. Som for veg i dagen.**

I likhet med SATK for veg i dagen er det en sammenheng mellom målt fart før SATK og endringen (reduksjonen) av fart fra før – til etter SATK. I figur 26 er denne endringen for veg



i dagen og i tunnel framstilt i et diagram, hvor også en trendlinje er tegnet. For enkelhets skyld er det valgt en lineær trendlinje.



Figur 26: Sammenheng mellom målt kjørefart før SATK og endring av kjørefart fra før- til etter SATK for veg i dagen og veg i tunnel. Km/t

Figuren viser at korrelasjonene for de to trendlinjene er noe forskjellig. Begge linjene viser imidlertid en sammenheng mellom farten før SATK og den fartsreduksjonen som oppnås. Avhengigheten av før-farten er om lag det samme for veg i dagen som for i tunnel. Vi skal ikke overtolke dette i noen retning, men konservativt fastslå at sammenhengen beskrives av en faktor med entydig negativt fortegn for begge datasettene. Definisjonsområdet er noe større for veg i dagen enn hva tilfelle er for tunneler.

Gjennomgående viser forsøkene at SATK i tunnel er et effektivt virkemiddel for å redusere kjørefarten og at fartsreduksjonen er minst like stor som for tilsvarende på veg i dagen.

### Den valgte plassering av fotobokser (SATK stolper) har vært vellykket

Risikozonene i tunnelmunningene bør unngås ved stolpeplassering dersom dette er mulig.

I flate tofeltstunneler kan det med fordel benyttes to stolper plassert på utsiden av tunnelmunningene slik det ble valgt i Helltunnelen.

Forsøket i Eiksund viste at en med fordel kan bygge om eksisterende PATK i bunnen av undersjøiske tunneler til fullverdige SATK, med tre punkt i hver retning. De «gamle» bunnpunktene fungerer da både som første og siste punkt i hvert sitt SATK-anlegg. Resultatene herfra viste en meget solid reduksjon av kjørefarten som garantert gjelder hele tunnelen. Det finnes dessverre ikke målinger i stigningen i retning 2 fra Ørsta til Eiksund etter SATK ble montert. Det finnes ikke holdepunkter for at fartsreduksjonen i SATK punktene i bunnen blir større dersom disse var i et ombygd PATK.

Resultatene fra Hvaler viste imidlertid at to stolper plassert på hver sin tunnelmunning på topp av en undersjøisk tunnel gir betydelig reduksjon av kjørefarten gjennom hele tunnelen, både

opp, ned og i bunnen. Dette kan således være en både hensiktsmessig og forenklet måte å begrense høye kjørefarter på. Det må presiseres at trafikantene i retning 2, som eksponeres for de to ATK-stolpene stolpene hver i hver tunnelportal, også ser «baksiden» av en ATK boks i bunnen av tunnelen. Farten i bunnen kan være påvirket av dette, samtidig som andelen tunge biler i tunnelen er relativt lavt.

### **Ingen tydelig sammenheng mellom fartsreduksjon og vertikalgeometri.**

Det er ingen tydelig påvist sammenheng mellom vertikalgeometri og den oppnådde fartsreduksjonen. Det synes som om effekten (fartsreduksjonen) har sammenheng med farten før SATK mer enn selve geometrien. Det synes heller ikke å være noen entydig sammenheng mellom kjørefarten hhv opp og ned i samme stigning eller størrelsen av stigningen (brattheten). Dette kan tolkes som at fartsressursene til lette biler er så vidt store at geometrien ikke spiller noen rolle for fartsvalget.

### **SATK som dekker flere felt i samme retning (ettløpstunneler) fungerer bra.**

Forsøket i Tromsøysund viser at SATK med fordel kan benyttes i tunneler med to løp og med flere felt i samme retning.

### **Beregning av risikoreduksjoner og risikoprofiler gir oss innsikt i risikobidrag i fartsintervall.**

Re estimeringen av powermodellen viser at sammenhengen mellom kjørefart og bidrag til risiko kan være større enn tidligere antatt. Dette i betydningen at kjøring i høy fart har ennå større betydning for risikoen enn powermodellen tidligere har vist. I den nye modellen benyttes en eksponentialmodell til forklaring av sammenhengen mellom fart og risiko. I tillegg til å vokse hurtigere enn powermodellen har eksponentialmodellen en matematikk som muliggjør beregning av ulike fartsintervallers bidrag til den totale risiko. Dette betyr at den beregnede totale risikoreduksjon som skyldes SATK kan deles i to grupper. De som før SATK kjører med fart henholdsvis  $\leq 80\text{km/t}$  og  $>80\text{km/t}$  (når fartsgrensen er  $80\text{km/t}$ ) Eksemplene viser at begge gruppene reduserer sin kjørefart ved SATK og således bidrar til en total reduksjon av risiko. Paradoksalt nok innebærer dette at både gruppen som i utgangspunktet kjørte med en lovlig kjørefart under fartsgrensen og de som kjørte med fart over fartsgrensen bidrar til den totale risikoreduksjon. SATK som er et sanksjonsverktøy mot de som velger en kjørefart over fartsgrensen påvirker imidlertid også farten til de som kjører med fart under fartsgrensen. Den risikoreduksjonen dette medfører må da tolkes som en slags «utilsiktet» positiv bonus ved bruk av SATK. Det må imidlertid understrekes at denne bonusen ikke må bli for stor i forhold til den risikoreduksjonen gruppen med kjørefart  $>80\text{km/t}$  bidrar med. I praksis betyr dette at kjørefarten før SATK monteres bør være av en viss størrelse og at farten etter SATK ikke bør bli for lav. Resultatene fra Nesbyen, RV7, Hallingdal antyder at dette på visse steder kan være et problem. Kjørefarten etter SATK er her ca  $65\text{km/t}$  i fotoboksene og  $\frac{3}{4}$  deler av den beregnede risikoreduksjonen kan føres tilbake til gruppen med fart  $\leq 80\text{km/t}$  før SATK.

### **De beregnede risikoreduksjonene på strekningene varierer fra 10% til 25%.**

Tabell 13 viser den beregnede ulykkesreduksjonen i % av situasjonen før SATK for hver av de enkelte SATK anleggene. De beregnede reduksjonene er totalreduksjoner og inneholder

alle fartsintervallers bidrag til reduksjoner. Reduksjonene blir noe større beregnet med den nye eksponentialmodellen enn en tilvarende beregning med powermodellen ville vist. Den beregnede reduksjonen har entydig sammenheng med størrelsen av fartsreduksjonen.

I likhet med for powermodellen er det grunn til å tro at det prosentuelle endringen hadde vært høyere for drepte eller hardt skadde enn for ulykker generelt. Direkte beregning av endringer i antall drepte og hardt skadde kan ennå ikke gjøres med eksponentialmodellen.

### **Proaktiv bruk av SATK i tunnel bør vurderes.**

For SATK generelt og i tunnel spesielt viser de gjennomførte beregningene betydelig risikoreduksjon som følge av SATK bruk. Det utviklede begrepsapparatet synes å være godt tilrettelagt for videre bruk med tanke på utforming av nye kriterier for når ATK og SATK kan brukes i ulike sammenhenger.

Spesielt for SATK i tunnel, hvor katastrofepotensialet er høyt, bør dette kunne være en hensiktsmessig betraktningssmåte for å muliggjøre en mer proaktiv bruk av SATK i tunneler hvor kriteriene i større grad baseres på kjørefart og i mindre grad også på ulykker som har skjedd.

### **Totalt vurdert har SATK-forsøkene i tunnel gitt svært positive resultater.**

**Fartsreduksjonene er minst like store som for veg i dagen, og SATK i tunnel kan dermed være et betydelig bidrag til både fartsreduksjon og ulykkesreduksjon.**

## 10. Referanser

Elvik, Rune. 2013

A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 854-860, 2013.

Elvik, Rune. 2010

The Power Model of the relationship between speed and road safety. Update and new estimates. Report 1034. Oslo, Institute of Transport Economics, 2009.

Ragnøy, Arild. 2002

Automatisk Trafikkontroll (ATK)

Transportøkonomisk institutt, Oslo. TØI rapport 573/2002

Ragnøy, Arild. 2011

Streknings-ATK. Resultat av evaluering.

Vd rapport nr 1. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, TMT avdelingen ,  
Trafikksikkerhetsseksjonen 2011.

Olsen, Sverre F. 2013

«Ny metode for evaluering av fartsreducerende tiltak. Bruk av eksponentialmodellen istedenfor Powermodellen til estimering av ulykkereduksjon som følge av fartsreduksjon - Multiplikative risikobidrag i fartsfordelinger.»

Artikkel til «Trafikdage på Aalborg Universitet» 2013.





Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO  
Tlf: (+47 915) 02030  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**