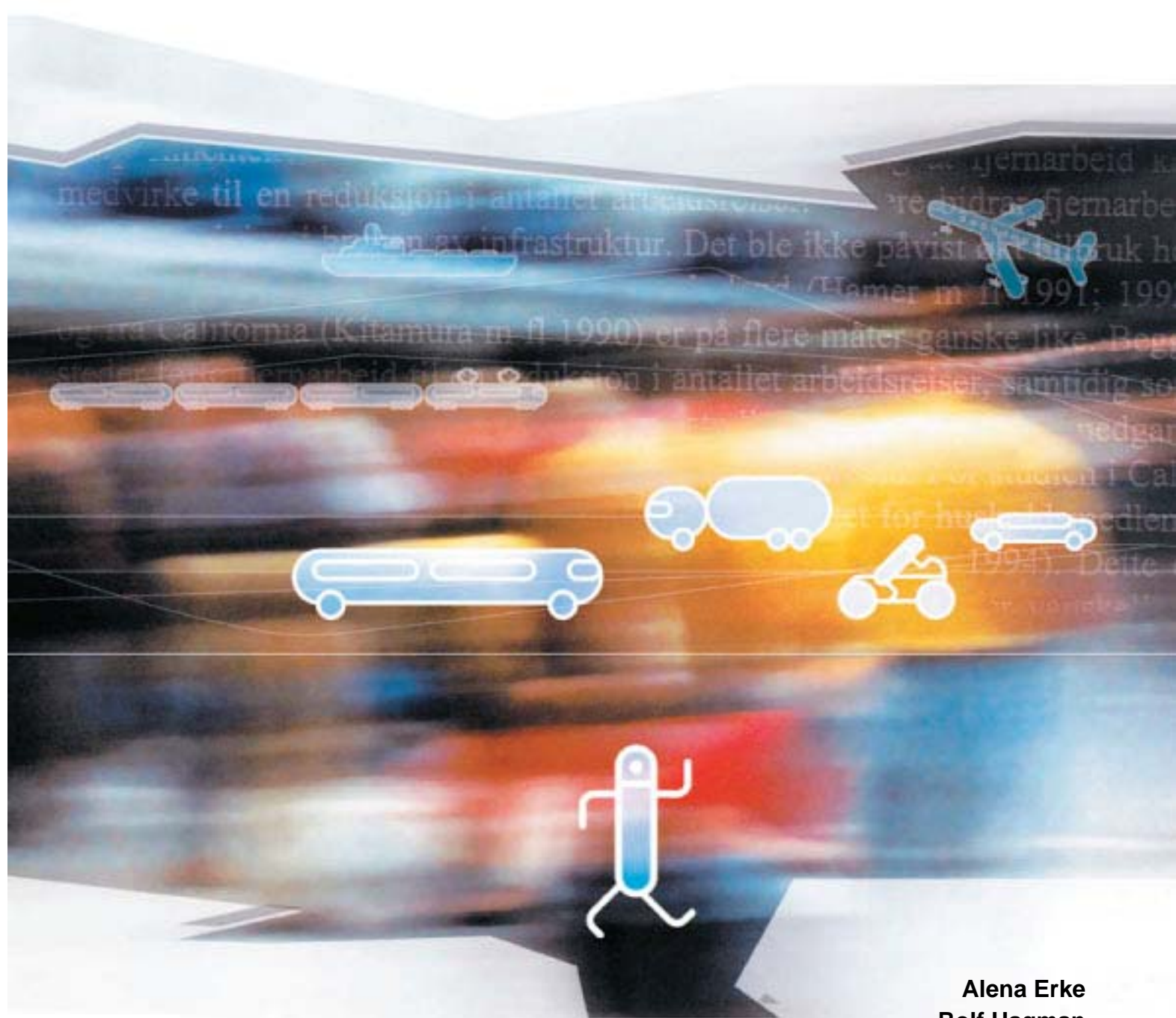


Trafikkinformasjon og bilførerers oppmerksomhet

En undersøkelse av hvordan tavler med variabel tekst påvirker kjøreatferd



Alena Erke
Rolf Hagman
Fridulv Sagberg
TØI rapport 799/2005

Trafikkinformasjon og bilføreres oppmerksomhet

En undersøkelse av hvordan tavler med variabel tekst påvirker kjøreatferd

Alena Erke, Rolf Hagman og Fridulv Sagberg

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0808-1190

ISBN 82-480-0561-5 Papirversjon

ISBN 82-480-0562-3 Elektronisk versjon

Oslo, desember 2005

Tittel: Trafikkinformasjon og bilføreres oppmerksomhet. En undersøkelse av hvordan tavler med variabel tekst påvirker kjøreatferd.

Forfatter(e): Alena Erke; Rolf Hagman; Fridulv Sagberg

TØI rapport 799/2005

Oslo, 2005-12

44 sider

ISBN 82-480-0561-5 Papirversjon

ISBN 82-480-0562-3 Elektronisk versjon

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde:

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Prosjekt: 2952 Trafikkinformasjon og bilføreres oppmerksomhet

Prosjektleder: Fridulv Sagberg

Kvalitetsansvarlig: Marika Kolbenstvedt

Emneord:

Variable skilt; Trafikkinformasjon; Føreratferd; Oppmerksomhet; Trafikksikkerhet

Sammendrag:

Trafikkskilt kan tenkes å virke distraherende og forstyrre flyten i trafikken dersom informasjonen er vanskelig å oppfatte. Virkningene av skilt med variabel tekst ble undersøkt ved å registrere bilisters fartsendringer foran skilt med og uten tekst. Det ble påvist signifikant fartsreduksjon og økning i antall bilister som bremsset når det var tekst på tavlene. Dette kan bety at lesbarheten var for dårlig, slik at bilistene ikke oppfattet informasjonen raskt nok. Det bør gjøres videre undersøkelser for å finne fram til optimal plassering og utforming med tanke på å unngå potensielt farlig oppbremsing foran tavlene. Dette kan også gi kunnskap om nødvendig lesetid for trafikantinformasjon mer generelt.

Title: Traffic information and driver attention: A study of variable message signs and their effects on driving behaviour

Author(s): Alena Erke; Rolf Hagman; Fridulv Sagberg

TØI report 799/2005

Oslo: 2005-12

44 pages

ISBN 82-480-0561-5 Paper version

ISBN 82-480-0562-3 Electronic version

ISSN 0808-1190

Financed by:

Norwegian Public Roads Administration

Project: 2952 Traffic information and drivers' attention

Project manager: Fridulv Sagberg

Quality manager: Marika Kolbenstvedt

Key words:

Variable message signs; Driver behaviour; Attention; Traffic safety

Summary:

Traffic signs may possibly distract road users and disturb traffic flow if the information is difficult to perceive fast enough. Effects of variable-message signs were investigated by recording speed changes and braking before signs with and without a message. Average speeds decreased and the proportion of braking drivers increased when there was a message on the sign. This may indicate that the legibility was insufficient, so that the drivers did not perceive the information quickly enough. Further studies are suggested, in order to find the optimal design and positioning of signs in order to avoid potentially hazardous braking. This may also yield useful knowledge about necessary reading times for traffic information more generally.

Language of report: Norwegian

Rapporten kan bestilles fra:
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90
Pris kr 200

The report can be ordered from:
Institute of Transport Economics, the library,
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90
Price € 25

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2005

Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961
Ved gjengivelse av materiale fra publikasjonen, må fullstendig kilde oppgis

Forord

Kunnskap om trafikantenes informasjonsbehov og deres forutsetninger og begrensninger når det gjelder informasjonsinnhenting og –bearbeiding, er et viktig grunnlag for optimal utforming både av intelligente transportsystemer (ITS) og av trafikantinformasjon mer generelt. I denne rapporten presenteres en undersøkelse av hvordan tavler med variabel tekst påvirker bilisters kjøreatferd. Undersøkelsen er utført på oppdrag av Vegdirektoratet og inngår i Statens vegvesens etatsprosjekt ”ITS på veg”.

Vegdirektoratets kontaktperson for prosjektet har vært Idar Magne Bækken. Ved TØI har prosjektet vært ledet av forskningsleder Fridulv Sagberg. Forsker Rolf Hagman har utarbeidet det praktiske opplegget for undersøkelsen og har gjennomført datainnsamlingen. Forsker Alena Erke har foretatt databearbeiding og statistiske analyser og har skrevet det meste av rapporten. I forbindelse med datainnsamlingen har vi fått god hjelp fra Statens vegvesen, Region øst, ved Knut Eilertsen (Lillestrøm trafikkstasjon) og Kai Gundersen (Vegtrafikksentralen i Oslo). I forundersøkelsen bidro psykologistudentene Else-Marie Augusti og Silje Marie Haga, Universitetet i Oslo, med dataanalyser og rapportering.

Sekretær Trude C. Rømming har tilrettelagt rapporten for trykking, og avdelingsleder Marika Kolbenstvedt har hatt ansvaret for kvalitetssikringen.

Oslo, desember 2005
Transportøkonomisk institutt

Lasse Fridstrøm
instituttssjef

Marika Kolbenstvedt
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1. Innledning	1
2. Bakgrunn	2
2.1 Trafikkinformasjon.....	2
2.1.1 Variable trafikkskilt	2
2.1.2 Variable teksttavler	3
2.2 Oppmerksomhet	5
2.2.1 Informasjonsbehov.....	5
2.2.2 Informasjonsbearbeiding.....	6
2.2.3 Feilhandlinger	9
2.3 Trafikkinformasjon, oppmerksomhet og feilhandlinger.....	10
2.3.1 Mulige virkninger	10
2.3.2 Tidligere empiriske studier	12
3. Metode	15
3.1 Måling av effekter av trafikkinformasjon på bilistenes oppmerksomhet	15
3.1.1 Rutevalg	15
3.1.2 Hastighet	15
3.1.3 Bremseatferd	16
3.1.4 Avstand mellom biler.....	17
3.2 Pilotstudie.....	17
3.2.1 Rutevalg	18
3.2.2 Hastighet	18
3.3 Hovedstudie.....	18
3.3.1 Vegstreknings	18
3.3.2 Teksttavler og forsøksbetingelser	19
3.3.3 Rutevalg	21
3.3.4 Hastighet	21
3.3.5 Bremseatferd	22
3.3.6 Avstander	23
4. Resultater	24
4.1 Rutevalg	24
4.2 Hastighet	25
4.2.1 Deskriptive analyser.....	25
4.2.2 Profiler av gjennomsnitt og standardavvik for hastigheten.....	26
4.2.3 Forandringer av gjennomsnittshastigheten	30
4.3 Bremseatferd	33
4.4 Avstand til forankjørende.....	33
4.5 Oppsummering	34
5. Konklusjoner	36
5.1 Trafikkstyring.....	36
5.2 Ulykkesrisiko	36
5.3 Oppmerksomhet	36
5.4 Trafikkinformasjon.....	38
5.5 Videre forskning.....	39
6. Referanser	42

Sammendrag:

Trafikkinformasjon og bilføreres oppmerksomhet

En undersøkelse av hvordan tavler med variabel tekst påvirker kjøreatferd

Trafikkinformasjon omfatter informasjonskilder knyttet til vegsystemet, som har til hensikt å påvirke trafikantenes atferd. Denne rapporten beskriver resultater fra en analyse av hvordan trafikkinformasjon innvirker på bilføreres oppmerksomhet og kjøreatferd. Hensikten var å belyse følgende spørsmål:

- I hvilken grad oppfatter bilistene trafikkinformasjon og følger de anbefalinger som blir gitt?
- Kan trafikkinformasjon ha utilsiktede virkninger ved å trekke førernes oppmerksomhet bort fra trafikken? Og i så fall, i hvilken grad kan en unngå slike negative effekter?

Det ble gjennomført en undersøkelse av variable teksttavler som et eksempel på trafikkinformasjon. Observasjoner og hastighetsmålinger ved to variable teksttavler i Oslo viste at tavlene fungerer når det gjelder å styre trafikken, men at det går på bekostning av endringer i kjøreatferd, noe som kan føre til farlige trafikksituasjoner. Begge resultatene kan forklares med virkninger på bilistenes oppmerksomhet. Oppmerksomheten er en begrenset ressurs, som må fordeles mellom trafikkinformasjon og å kjøre bil.

Oppmerksomhetskrav og distraksjon

For å påvirke kjøreatferden må trafikkinformasjonen nødvendigvis tiltrekke seg bilistenes oppmerksomhet og gi dem informasjon som de har behov for til enhver tid. Samtidig må den unngå å trekke oppmerksomheten bort fra trafikken på en slik måte at kjøreatferden påvirkes negativt. En forutsetning for en optimal utforming av trafikkinformasjon er derfor kunnskap om trafikantenes informasjonsbehov og informasjonsbearbeiding.

Bilistenes informasjonsbehov er knyttet til ulike sider ved kjøringen, som kan grupperes i følgende tre nivåer: rutevalg (strategisk nivå), valg av hastighet og kjøremåte (taktisk nivå) og kontinuerlig regulering av fart og avstand (operasjonelt nivå). Informasjonskildene er bilen og trafikkmiljøet, inkludert trafikkinformasjonen.

Oppmerksomhet er en forutsetning for informasjonsbearbeiding; informasjonskilden må først oppdages, deretter må informasjonen oppfattes, bearbeides og omsettes i handling. Oppmerksomheten kan fordeles på forskjellige informasjonskilder, men det kan oppstå konflikter mellom krav som stilles gjennom de forskjellige

Rapporten kan bestilles fra:

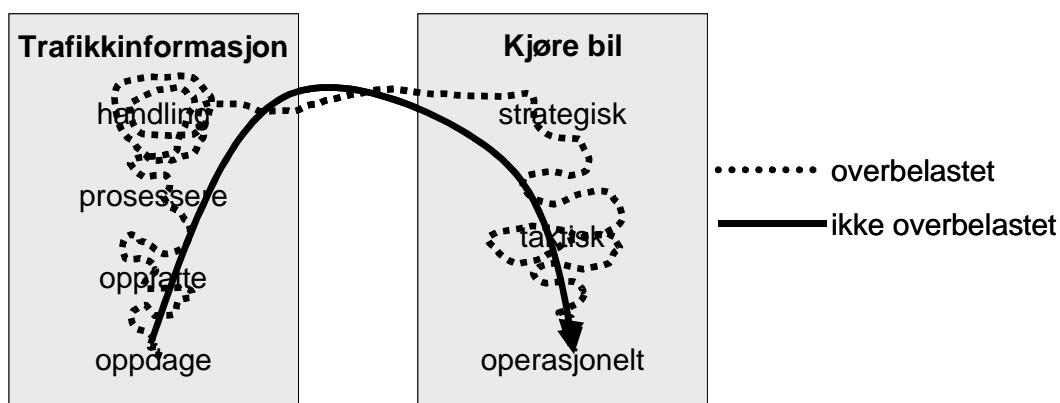
Transportøkonomisk institutt, Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo

Telefon: 22 57 38 00 Telefax: 22 57 02 90

oppgavene, enten fordi kravene er uforenlige eller fordi de overstiger den samlede oppmerksomhetskapasiteten. Når kravene overstiger kapasiteten, øker sannsynligheten for feilhandlinger og dermed for konflikter og ulykker i trafikken.

Trafikkinformasjon må derfor være lett å oppdage, oppfatte, prosessere og omsette i adekvate handlinger dersom en skal unngå at den tar for mye oppmerksomhet fra bilkjøringen. Hvis trafikkinformasjon krever for mye oppmerksomhet, kan bilføreren enten øke anstrengelsen eller redusere hastigheten. En annen mulighet er å omfordele oppmerksomheten mellom de to oppgavene bilkjøring og oppfattelse av trafikkinformasjon. Dette kan imidlertid innebære for lite oppmerksomhet på enten trafikkinformasjonen eller bilkjøringen, med risiko for å gå glipp av viktig informasjon eller å bli involvert i en ulykke.

Den prikkete linjen i figuren nedenfor viser informasjonsbearbeidingsprosessen hos en bilist som må bruke mye oppmerksomhet på å bearbeide trafikkinformasjonen og følgelig også til å kjøre bil. Den heltrukne linjen viser en mer vellykket informasjonsbearbeidingsprosess. Trafikkinformasjon bør utformes slik at informasjonsbearbeidingsprosessen kan følge den heltrukne linjen.



Kilde: TØI rapport 799/2005

Informasjonsbearbeidingsprosesser med og uten overbelastning

Metode

Det ble gjennomført en feltundersøkelse av hvordan variable teksttavler påvirker oppmerksomheten. Variable teksttavler er en form for trafikkinformasjon som presenterer tekstlige beskjeder om aktuelle trafikkrelevante forhold. Undersøkelsen bruker teksttavler som presenterer informasjon om en vegstengning og en anbefaling om å velge en alternativ rute. Ved hjelp av informasjon på teksttavlene vil trafikantene kunne unngå å stå i kø, og trafikken vil bli fordelt mer effektivt.

Virkninger av variable teksttavler ble undersøkt på to steder på E18 utenfor Oslo.



Kilde: TØI rapport 799/2005

Teksttavle over E18 ved Strand i Bærum.

På det ene stedet var meldingen at vegen var stengt lenger framme, og på det andre stedet var det beskjed om vegarbeid. I begge tilfellene var det anbefalt en bestemt omkjøringsrute. Fart ble registrert ved hjelp av fire radarer i ulike avstander foran tavlen (på strekningen hvor tavlen var synlig) og en radar etter tavlen. I tillegg ble det for å kunne registrere bremsing (bremselys) gjort videoopptak av trafikken. På ett av stedene ble det registrert hvor stor andel av trafikken som fulgte anbefalingen om omkjøring. Tellingene ble foretatt i Vegtrafikksentralen i Oslo, på grunnlag av videokameraer ved den aktuelle avkjøringen.

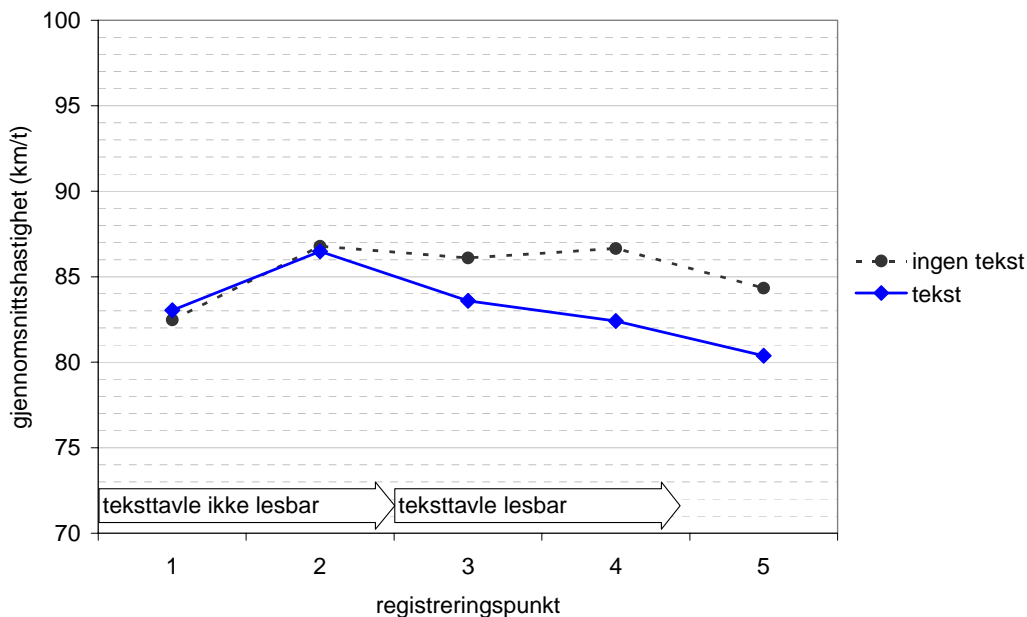
Datainnsamlingen på hvert av de to stedene foregikk i tre 15-minutters perioder med tekst på tavlene; før hver periode med tekst var det 15 minutter uten tekst (bare svart tavle). Det ble samlet inn data fra ca. 4000 biler¹ i alt.

Virkninger på rutevalg og kjøreatferd

Ca. hver femte bil i målgruppen (bilister som ellers ville ha valgt den nå ”stengte” ruten) endret valg av kjøreveg i overensstemmelse med anbefalingen på teksttavlene. De fleste som fortsatte på den antatt stengte vegen, kjørte av på andre avkjørsler mellom tavlen og stedet hvor vegen var stengt. Ifølge Vegtrafikksentralen var det svært få som kjørte helt fram. Dette viser at teksttavlen var effektiv når det gjaldt å få bilistene til å velge alternativ rute.

¹ I rapporten benyttes betegnelsene ’biler’ og ’bilister’ om dataenhetene, også i de tilfellene hvor datamaterialet inkluderer enkelte andre typer kjøretøy i tillegg til biler.

Ser man på hastighetsprofilene ser tavlene imidlertid ut til å stille store krav til oppmerksomhet.



Kilde: TØI rapport 799/2005

Gjennomsnittshastighet med og uten tekst.

Gjennomsnittsfarten gikk betydelig ned når det var tekst på tavlen. Sammenlignet med periodene uten tekst sank gjennomsnittsfarten når det var tekst med henholdsvis 4,7 og 6,0 km/t på de to stedene. Dessuten økte andelen biler som bremses når tavlene viste tekst, fra 0 til 7 % på det ene stedet, og fra 3 til 19 % på det andre. Bremsingen kan tenkes å påvirke fordelingen av tidsluker mellom etterfølgende biler, slik at det blir flere tilfeller av svært korte (og potensielt farlige) tidsluker. Fartsendringene kan tolkes som bilistenes mottiltak mot overbelastning av oppmerksomheten. Samtidig kan de imidlertid også utgjøre en trafikkfare, særlig fordi noen bilister kan tenkes å være distraheret av teksten på tavlen, slik at de er lite forberedt på å reagere på at bilen foran bremses.

Trafikkstyring uten økt ulykkesrisiko?

Trafikkskilt og tavler må tiltrekke seg oppmerksomhet for å gi relevant informasjon til trafikanter, men uten å distrahere. I hvilken grad trafikkinformasjon er lett å oppdage, oppfatte og prosessere er avhengig av plassering, tekniske aspekter, utforming av budskapene og bruk av tekst eller symboler. I tillegg har veg- og trafikkforholdene (bl.a. kjørefarten) betydning for hvor krevende bilkjøringen er, og for hvor mye kapasitet en kan anta at førerne har til å oppfatte trafikkinformasjon.

Et generelt krav som bør stilles til trafikkinformasjon, er at den i størst mulig grad tilsvare bilistenes informasjonsbehov og forventninger. Kravene til informasjonsbearbeiding blir høyere når trafikkinformasjonen ikke tilsvare forventningene.

ne og når den ikke umiddelbart kan knyttes til handlinger, for eksempel fordi det er nødvendig å søke tilleggsinformasjon på trafikkskilt eller fra hukommelsen.

Når det gjelder teksttavlene som ble brukt i denne undersøkelsen, kan tekniske egenskaper (dårlig lesbarhet på lang avstand) ha bidratt til bremsing og hastighetsreduksjon. Utover dette er det en spesiell utfordring ved variable tavler at de presenterer informasjon som for det meste ikke er forventet, og at de bruker tekst, som er vanskeligere å knytte til handlinger enn (kjente) symboler. Dette kan i seg selv tenkes å føre til fartsreduksjon, fordi det tar lang tid å oppfatte og tolke budskapet, uavhengig av lesbarheten.

Videre forskning

Både når det gjelder variable teksttavler og trafikkinformasjon mer generelt er det behov for mer kunnskap om hvordan de påvirker bilistenes oppmerksomhet og informasjonsbearbeiding. Ved å øke minste leseavstand, og dermed gi bilistene mer tid til å lese meldingene, vil en kunne undersøke om det er mulig å unngå de store fartsendringene som ble funnet i denne undersøkelsen. Dette kunne gjøres ved å variere bokstavstørrelsen og/eller lengden på teksten og ved å sikre en tilstrekkelig lang siktstrekning foran tavlen.

Andre faktorer ved variable teksttavler som kan tenkes å henge sammen med oppmerksomhet er skiltteknologi, farger, kontraster og bruk av symboler. Det er også mulig å understreke viktigheten av beskjedene ved hjelp av for eksempel blinkende lamper. Om det vises tekst på tavlene bare når det er aktuelle trafikkrelevante hendelser eller om det alltid vises tekst på tavlene kan også påvirke i hvilken grad teksttavlene tiltrekker seg oppmerksomhet. Hvis det alltid står noe på tavlene (noe som er tillatt i andre europeiske land, men ikke i Norge) er det mulig at ikke bare den distraherende effekt blir mindre, men også den ønskede effekten på trafikkstyring, fordi ikke alle bilistene blir oppmerksomme på beskjedene. Disse faktorene er det mulig å undersøke ved hjelp av spørreundersøkelser, simuleringer eller eksperimentelle studier.

Det ville videre vært interessant å analysere rapporter fra ulykker på steder med teksttavler for å finne ut om risikoen øker når det er tekst på tavlene. Det kan tenkes at det er forskjeller mellom ulike grupper bilførere når det gjelder hvordan de reagerer på tavlene. Dette kunne undersøkes ved å stanse og intervju bilister etter passering av en tavle med tekst, og så undersøke om det er noen sammenheng mellom kjøreatferden på den ene siden, og relevansen av teksten, samt andre bakgrunnsfaktorer på den andre siden.

Summary:

Traffic information and driver attention

A study of variable message signs and their effects on driving behaviour

Traffic information comprises many different sources of information from the road environment, which are implemented in order to influence road user behaviour. The aim of the present study is to investigate the relationship between traffic information and indicators of driver attention. More specifically, the following two questions were addressed:

- To what extent do car drivers perceive roadside traffic information and comply with the advices that are given?
- Does traffic information have adverse effects on drivers in terms of distracting them from the driving task, and to what extent can such adverse effects be avoided?

Theoretical background

In order to influence driver behaviour, traffic information must attract the drivers' attention and provide information that corresponds to their information needs. At the same time it should not distract drivers from their primary task of car driving. Irrelevant information should be avoided. Good knowledge about driver information needs, information processing capacities, and limitations is therefore a prerequisite for optimal design and presentation of traffic information.

Driver information needs are related to different driving tasks, commonly grouped into the following three levels: Route choice and navigation (strategic level), choice of speed and specific driving manoeuvres (tactical level), and the continuous regulation of driving parameters, such as maintaining safety margins regarding longitudinal and lateral position (operational level). The sources of information are the vehicle and the traffic environment, including traffic information.

Attention is a precondition for information processing: Detecting the information source, perceiving and processing the information and translating it into action. Attention may be allocated to different sources of information, but conflicts may occur between the demands from different tasks, either because the demands are incompatible or because they overtax the total attention capacity. When task demands exceed attention capacity, the probability of driving errors increases, possibly resulting in elevated risk of conflicts or crashes.

Consequently, traffic information should be easy to perceive without high demands on the drivers' attention capacity, and it should be possible to process the information without increasing driver mental load to such an extent that the safety of driving is jeopardized. If traffic information demands more capacity than is available at the moment, the driver may adapt to this either by increasing her mental effort or by lowering the speed. A different option is to reallocate mental resources between the two tasks of driving (operational or tactical level) and processing traffic information (tactical or strategic level). This may, however, imply a risk of allocating too little attention to one of the tasks and either missing important information or increasing the crash risk.

Method

A field study of the effects of variable message signs (VMS) with text messages was carried out. The VMS signs in question are normally used to warn drivers about road or traffic events and conditions implying reduced traffic flow, and to recommend alternative routes. If a sufficient proportion of drivers comply, the traffic will be more evenly distributed, and the drivers are less likely to get stuck in a traffic jam.

Effects of VMS were studied at two different sites on the trunk road E18 outside Oslo. At one site the message was that the road was closed further downstream, and at the other site that there was construction going on. In both cases alternative routes were recommended. On the road section where the VMS was visible to drivers, speed was measured by four radars at different distances before the VMS and one radar after the VMS. In addition, video recordings were made in order to investigate braking performance. At one of the sites the distribution of traffic between the two alternative routes was recorded from video cameras at Oslo Road Traffic Control Centre.

The data collection at each of the two sites took place during three 15-minute periods with a text message on the sign, each preceded by 15 minutes without a message (black sign). Data were collected from a total of about 4000 vehicles.

Results

About one out of five vehicles in the target group for the traffic information (i.e., drivers who without the message were expected to have continued on the road that was announced to be closed) changed their route in accordance with the recommendation on the VMS. According to observations from the Traffic Control Centre most of the vehicles that continued on the supposedly closed road turned onto some of the other available exits between the VMS and the closed section. Thus, the VMS can be considered to fulfil its purpose of traffic management satisfactorily.

On the other hand, the message turned out to put considerable demands on the drivers' attention. The message resulted in a marked decrease in speed; relative to the periods without text the average speed decreased by 4.7 and 6.0 km/h at the two sites. The proportion of drivers who braked also increased when the message

was on, from 0 to 7 % at one of the sites, and from 3 to 19 % at the other site. The braking is likely to affect the distribution of time headways between successive vehicles, resulting in more cases of very short (and possibly risky) headways. The changes in speed can be considered as behavioural adaptations to the increased demands on driver attention imposed by the VMS message. However, these adaptations are likely to result in increased risk, particularly because some drivers may be so distracted by the traffic information that they are not sufficiently prepared to respond to a braking car ahead.

Conclusions

Traffic information should capture the road users' attention in order to provide relevant information, but without distracting attention from the primary task. To what extent traffic information can be easily detected, perceived and processed depends on positioning, display technology, message layout and the use of text vs. symbols (pictograms). In addition, the demand imposed by road and traffic conditions (e.g. speed limits) obviously has implications for the possibility to detect traffic information.

A general requirement to traffic information is that it should be tailored as far as possible to the road users' information needs and correspond to drivers' expectations. The demands for information processing will increase if form or contents of the messages are unexpected and if no immediate association with relevant actions exists, e.g., because it is necessary to search for additional information on traffic signs or in one's memory.

Concerning the VMS signs used in this study, the legibility at long distances was considered unsatisfactory, and this may have contributed to the considerable speed reductions. In addition, the fact that the message is unexpected (the signs are mostly without a message) may by itself make drivers reduce the speed, apart from the legibility. And finally, it should be pointed out that text messages are not immediately connected to actions in the same way as symbols are; this may also have resulted in speed reductions.

Further research

There is a need for more knowledge about the effects of both VMS signs and other kinds of traffic information on the attention, information processing and behaviour of road users. By increasing the minimum reading distance and thereby providing drivers with more time to read the messages, one could investigate whether it is possible to avoid the large speed decreases found in this study. This could be done by varying letter size, and/or length of the message, and take care that there is a sufficiently long visibility distance before the sign. It should also be investigated whether crash risk is increased at sites with VMS signs. Various groups of drivers may differ in their reactions to the signs. By stopping and interviewing drivers who have passed a VMS one could investigate the relationship between behavioural changes before the sign on the one hand, and the experienced relevance of the sign and other background factors on the other.

1. Innledning

Målsettingen med prosjektet som blir presentert i denne rapporten er å analysere virkninger av trafikkinformasjon på oppmerksomhet hos bilførere. Trafikkinformasjon omfatter alle informasjonskilder knyttet til vegsystemet, blant annet trafikkskilt, trafikksignalanlegg, sikrings- og varslingsutstyr og vegmerking, som har til hensikt å påvirke trafikantenes atferd. Ved hjelp av trafikkinformasjon er det mulig å styre trafikken, samtidig bør reaksjoner som kan føre til økt ulykkesrisiko unngås.

Bilførere må bruke oppmerksomhet på trafikkinformasjonen for å kunne reagere på den, og redusert oppmerksomhet mot trafikksituasjonen kan være en ulykkesårsak. Spørsmålet er derfor i hvilken grad trafikkinformasjon kan utformes slik at den blir effektiv i den forstand at den kan styre trafikken uten å distrahere føreren.

Variable teksttavler er en form for trafikkinformasjon som kan vise tekstbeskjeder ved hjelp av billedpunktteknologi. Beskjedene kan ha forskjellig innhold, og de kan som regel ikke vises med standardtrafikkskilt. Fordelen med variable teksttavler er stor fleksibilitet med hensyn til når og hvordan det blir gitt informasjon og anbefalinger til bilistene. Men kravene som blir stilt til bilistenes oppmerksomhet kan tenkes å være forskjellig fra faste trafikkskilt med standardsymboler.

Hvilke krav trafikkinformasjon, og spesielt variable teksttavler stiller til bilførernes oppmerksomhet, og hvilke virkninger på både trafikkstyring og ulykkesrisiko som kan forventes, blir analysert i neste kapittel. I de etterfølgende kapitlene presenteres en feltstudie, hvor virkningen av variable teksttavler ble empirisk undersøkt på to avsnitt av E18 i Oslo ved hjelp av observasjoner og hastighetsmålinger.

Både de teoretiske analysene og empiriske resultatene gir relevante konklusjoner om hvordan trafikkinformasjon kan påvirke trafikkstyring og –sikkerhet gjennom oppmerksomhetseffekter hos bilister.

2. Bakgrunn

I dette kapittelet beskrives relevante egenskaper ved trafikkinformasjon, spesielt variable teksttavler, og hvordan oppmerksomhet henger sammen med informasjonsbehov, informasjonsbearbeiding og ulykkesrisiko i trafikken. Kapittelet konkluderer med hypoteser om mulige virkninger av trafikkinformasjon på oppmerksomhet, trafikkstyring og ulykkesrisiko.

2.1 Trafikkinformasjon

Trafikkinformasjon omfatter mange forskjellige aspekter ved vegsystemet. Fellesnevneren er at de gir informasjon til trafikanter for å påvirke deres kjøreatferd (rutevalg, hastighet, m.m.). Alle former for trafikkinformasjon stiller derfor krav til trafikantenes informasjonsbearbeiding og oppmerksomhet.

En type trafikkinformasjon er variable teksttavler som kan vise beskjeder i form av tekst med informasjon om aktuelle trafikkrelevante forhold. De er en underkategori av variable trafikkskilt i statens vegvesens Håndbok 053 (Statens vegvesen, 2004). Variable teksttavler er den form for trafikkinformasjon som undersøkes i dette prosjektet. Anvendelsesområde og egenskaper ved variable trafikkskilt blir derfor sammenfattet med utgangspunkt i retningslinjene i Håndbok 053.

2.1.1 Variable trafikkskilt

Variable trafikkskilt har ifølge Håndbok 053 som mål å styre trafikken avhengig av aktuelle forhold. Utgangspunkt for bruk av variable trafikkskilt er for eksempel optimalisering av trafikkavvikling, effektivitet når samme type hendelse eller tiltak opptrer med en viss hyppighet, visning av trafikkskilt bare i aktuelle tidsrom (som erstatning for underskilt med tidsrom), eller entydig skilting i omkjørings-situasjoner.

På variable trafikkskilt kan det vises forskjellige typer budskap:

- *regulerende*: forbudsskilt, påbudsskilt, kjørefeltsignaler, opplysningsskilt for kollektivfelt, sambruksfelt, sammenfletting, felt for fartsøkning eller kjørefelt slutter,
- *advarende*: fareskilt (som definert i Håndbok 053, s. 15), opplysningstavle,
- *informerende*: vegvisningsskilt, opplysningstavle.

Flere typer regulerende skilt er det ifølge Håndbok 053 ikke lov å vise på variable trafikkskilt, og det er heller ikke lov å presentere informasjon som ikke er direkte trafikkrelevant (for eksempel om temperaturforhold) på variable trafikkskilt (se Håndbok 053, s. 8).

Budskapene formidles ved standardsymboler, eller ved trafikkskilt eller opplysningstavler med tekst (skiltnr. 560), som er definert i skilteforskriften. Retningslinjene for bruk av variable trafikkskilt skiller mellom to nivåer av budskapsformidling:

- *lokalt*, operativt nivå: direkte tilknytning til hendelse / situasjon på den aktuelle veglenken,
- *overordnet* nivå: tilknytning til hendelse / situasjon lenger nedstrøms på aktuell veglenke eller på andre lenker i vegnettet.

Forskjellene mellom disse to nivåene er hvordan oppsetting av budskapet vanligvis er kontrollert (dynamisk kontrollert på lokalt nivå, kontrollert av operatør på overordnet nivå), hvilke skilttyper som kan benyttes i variable trafikkskilt og hvordan budskapene skal utformes (for eksempel i hvilken rekkefølge budskaps-elementer vises).

Variable trafikkskilt kan bruke ulike skiltteknologier, avhengig av antall og type budskap som skal formidles, krav til utforming av budskap, skiltets grunnleggende oppmerksomhetsverdi (for eksempel gul blinkesignal) og pris. Variable skilt inndeles i to hovedkategorier: kontinuerlige skilt (klappskilt, prismeskilt, innvendig belyst 2-posisjonsskilt) og billedpunktsskilt (på forhånd definert antall budskap, programmert teksttavle).

Krav til utforming av variable trafikkskilt er gitt i Håndbok 053 og 062 (Statens vegvesen, 2005). Relevante lover, forskrifter og normaler for bruk av variable trafikkskilt er vegtrafikkloven, skiltforskriften, tekniske bestemmelser og retningslinjer (normaler): Håndbøkene 048 (trafikksignalanlegg), 049 (vegoppmerking), 050 (trafikkskilt), 051 (arbeidsvarsling). Disse lover og forskrifter er utviklet i tråd med Wien-konvensjonen og Europa-avtalen (presisering og utdyping av Wien-konvensjonen). Prinsipper som skal legges til grunn for variable trafikkskilt er ifølge ViaNova (2003) et mest mulig *konsistent systemdesign*.

2.1.2 Variable teksttavler

Den empiriske undersøkelsen som blir presentert i denne rapporten analyserer virkningene av variable teksttavler. Prosjektet inkluderte tavler to steder på E18 i Oslo. Tavlene viser tekst på 4 linjer i billedpunktteknologi og er montert på helportal. Budskapet på skiltene består av 3 deler: sted (to linjer), hendelse (1 linje) og anbefaling (valg av alternativ kjøreveg, 1 linje).

Retningslinjene for plassering anvendelse, plassering og utforming av variable trafikkskilt (Håndbøkene 053 og 062) omfatter blant annet følgende krav:

Anvendelsesområde

Anvendelsesområdet for opplysningstavler er å vise informasjon om aktuell situasjon på vegnettet som ”avviker vesentlig fra det normale”, og som ikke kan formidles ved andre trafikkskilt (Håndbok 053).

På lokalt / operativt nivå kan opplysningstavler brukes for å vise advarende budskap, men her skal helst trafikksignaler og standardskilt med eventuelle underskilt brukes. På overordnet nivå kan opplysningstavler vise advarende budskap, i enkelte tilfeller i kombinasjon med standard fareskilt, eller informerende budskap på (Håndbok 053, s. 7-8).

Budskapene kan for eksempel informere om

- trafikale hendelser (ulykker, uhell),
- aktuell tilstand på vegnett (for eksempel kø, alternative ruter),
- midlertidige reguleringer (stengte veglenker, omkjøringsvisning).

Plassering

Tavlene bør settes opp på rette vegstrekninger, i god avstand fra akselerasjonsfelt, og ikke i kurver, på flette­strekninger eller vekselstrekninger. Overhengende opplysningstavler skal ikke plasseres i umiddelbar nærhet av andre trafikkskilt (min. avstand 50 – 100 m). Kjøre­feltsignaler kan unntaksvis være montert på samme trafikportal som opplysningstavlen. Hvis opplysningstavlen inneholder råd om alternative ruter, må tavlen plasseres i tilstrekkelig avstand fra vegvalgspunkt og samordnes med vegvisningen (minimum 500 m før forvarsel for vegvisning mot alternativ rute).

Teknisk utforming

Opplysningstavlene basert på lyspunkter skal vise teksten i gul eller gul/hvit farge og med helst 9 (minimum 7) elementer i høyden. Krav til tekniske egenskaper som leseavstand, vinkler for oppsetting av tavlene, farger og tekst­høyde er enten spesifisert med henvisning til norsk standard (NS-EN), eller følger allmenne regler for trafikkskilt iht. skiltnormalene (Håndbok 050).

Bruk av tekst og symboler

Opplysningstavlene kan kombinere tekst med standardtrafikkskilt, for eksempel fareskilt, eller vise bare tekst, hvis budskapene ikke kan formidles med symboler eller trafikkskilt. Tekstbudskapet består som regel av 3 linjer.

Symboler bør benyttes i størst mulig grad for å sikre en bredest mulig oppfatning. Et fareskilt (eller annet trafikkskilt) kan brukes i tillegg til de 3 linjene med tekst, enten ved siden av teksten på overhengende teksttavle eller over teksten på sideplassert teksttavle.

Oppbygging og utforming av budskapet

Et generelt krav er at budskapet må være aktuelt, korrekt og kortfattet. Som hovedregel bør maksimalt 8 ord benyttes (med avstandsangivelse regnet som 1 ord).

Målgruppen for budskapet på teksttavlen kan være alle, en begrenset gruppe, lokalkjente eller ukjente.

Oppbyggingen av budskapet skal standardiseres i mest mulig grad, men retningslinjene er forskjellige avhengig av lokaliseringen av faresituasjonen eller hendelsen budskapet refererer til:

- *umiddelbart nedstrøms på samme veglenke*: 1. fare/hendelse, 2. sted, 3. råd/tilleggsinformasjon,
- *lenger nedstrøms på samme lenke eller på andre veglenke*: 1. sted, 2. fare/hendelse, 3. råd/tilleggsinformasjon.

For de enkelte elementene gjelder blant annet følgende regler:

- *sted*: større detaljering nærmere skiltet, stedsnavn istedenfor avstand når fare / hendelse er lengre unna, navn i overensstemmelse med øvrig trafikkinformasjon,
- *fare/hendelse*: stengninger behandles som primær hendelse (vises som regel som budskapselement 1), årsaken oppgis ikke, varighet av hendelser angis ved spesifiseringen av tidspunktet,
- *råd/tilleggsinformasjon*: i mange tilfeller gis ingen råd, generelle råd som ”vis forsiktighet” benyttes ikke, råd begrenses til valg av annen rute, formuleringene som brukes er: ”Alt rute via [navn / vegnr]”, ”Følg [vegnr]” eller ”Benytt [vegnr.]”.

For å sikre entydige budskap i overensstemmelse med retningslinjene inneholder Håndbok 053 lister med formuleringer og ord som bør brukes i tekstene. Håndboken anbefaler å etablere en budskapsbank med forhåndsprogrammerte budskap.

2.2 Oppmerksomhet

Å kjøre bil krever både informasjon og oppmerksomhet, for eksempel for å velge og finne riktig vei, velge passende fart og for å holde bilen under kontroll. Trafikkinformasjon kan bidra til å dekke informasjonsbehovet, men å bearbeide informasjonen krever oppmerksomhet og kan dermed øke den mentale belastningen hos bilførerne. Oppmerksomhet er en begrenset ressurs. Økt bruk av oppmerksomhet på en oppgave, for eksempel å lese variable teksttavler, kan derfor redusere ledig oppmerksomhetskapasitet som kan brukes på andre oppgaver, for eksempel å kjøre bil.

2.2.1 Informasjonsbehov

Informasjonsbehov ved bilkjøring er knyttet til forskjellige typer aktiviteter. Disse aktivitetene kan beskrives på tre nivåer som er forskjellige med hensyn til kognitive forutsetninger, hvordan informasjonen bearbeides og hva slags beslutninger som må tas (Allen, Lunefeld & Alexander, 1971; Rasmussen, 1983). Nivåene er hierarkiske i den forstand at beslutninger på et overordnet nivå påvirker aktiviteter på underordnet nivå og at regulering av aktiviteter på underordnet nivå kan bli ”overtatt” av et overordnet nivå når relevante ferdigheter, regler eller informasjon mangler.

- *Strategisk nivå*: Aktiviteter på strategisk nivå er som regel kunnskapsbaserte og krever bevisst informasjonsbearbeiding. Beslutninger på strategisk nivå omfatter kjøremål og valg av rute (navigering), informasjonsbehov er derfor stort sett knyttet til mulige kjøreruter.
- *Taktisk nivå*: Aktiviteter på taktisk nivå er i hovedsak regelbaserte, dvs. at spesifikke handlingsprogrammer (skjemaer) blir aktivert av spesielle typer situasjoner. Handlingsprogrammene baseres på erfaringer og omfatter blant annet valg av hastighet og kjøremåter som for eksempel ”venstresving ved kryss med vikeplikt” eller ”forbikjøring av annen bil”. Informasjonsbearbeidingen er som regel ikke bevisst, men kan være det, avhengig av blant annet kjøreefaring og tilgjengelighet av innlærte reaksjoner (”skjemaer”). Informa-

sjonsbehov er knyttet til forutsetninger i omgivelsene, som er relevante for egen kjøreatferd, for eksempel forandringer i vegutforming, trafikkskilt eller andre trafikanters atferd.

- *Operasjonelt nivå:* Aktiviteter på operasjonelt nivå er ferdighetsbaserte og omfatter regulering av kjøreparametere som fart, sideplassering og avstander innenfor en toleransegrense. Informasjonsbearbeidingen er vanligvis ubevisst men kan bli bevisst i spesielt vanskelige situasjoner med små toleranser.

Relevant informasjon innhentes fra forskjellige kilder på de tre nivåene:

- *Bilen* gir informasjon om forskjellige kjøreparametere både visuelt (instrumentene i bilen) og kinestetisk, som er relevante på operasjonelt nivå men som også kan brukes på taktisk nivå.
- *Trafikale omgivelser* som informasjonskilde omfatter vegutforming (vegkategori, vegbredde, kjørefelt, ...) og andre trafikanter (antall, atferd, ...). Informasjonen er stort sett visuell, men også auditiv. Trafikale omgivelser er relevante på taktisk nivå, og de kan påvirke operasjonelt nivå ved å redusere toleransen for variasjoner i hastighet eller sideplassering av bilen, og strategisk nivå hvis de gjør det nødvendig å endre rute for eksempel på grunn av kø.
- *Trafikkinformasjon* er en del av de trafikale omgivelsene og kan bidra til å dekke informasjonsbehov på strategisk og taktisk nivå. Variable teksttavler med informasjon og anbefalinger om rutevalg, som ble brukt i undersøkelsen som blir presentert i denne rapporten, kan påvirke beslutninger på strategisk nivå. Denne typen informasjon kan også bidra til beslutninger på taktisk nivå ved å gjøre endringer i fart eller valg av kjørefelt nødvendige. Avhengig av tid og plass (fart, vegbredde, kjørefelt, andre trafikanter) kan også operasjonelt nivå påvirkes.
- *Trafikkfarer* er relatert til de trafikale omgivelsene og egen bil. Oppfattelse av trafikkfarer omfatter også forutsigelser om mulige endringer i den aktuelle trafikksituasjonen (Groeger & Chapman, 1996). Forutsigelsene er stort sett basert på erfaringer og kan bli koblet til mer eller mindre adekvate reaksjoner på taktisk eller operasjonelt nivå.

2.2.2 Informasjonsbearbeiding

Oppfattelse og bearbeiding av trafikkrelevant informasjon krever i forskjellig grad oppmerksomhet, avhengig av aktivitetsnivå (operasjonelt, taktisk, strategisk), ferdigheter, erfaringer og kunnskaper. Betydningen av oppmerksomhet for bearbeiding av trafikkrelevant informasjon kan beskrives på bakgrunn av forskjellige teorier om informasjonsbearbeiding og mental belastning (Rasmussen, 1986; Hancock & Verwey, 1997; Reason, 1994; Hacker, 1998). Oppmerksomhet er definert som mentale prosesser som omfatter utvelgelse og bearbeiding av informasjon, som kan være enten automatisk eller kontrollert. Kravet til oppmerksomhet øker jo mer prosessene er kontrollert. Kapasiteten for informasjonsbearbeiding er begrenset slik at forskjellige krav til informasjonsbearbeiding kan konkurrere med hverandre.

Den totale oppmerksomhetskapasiteten hos en bilfører er ikke statisk men avhengig av forskjellige faktorer som for eksempel aktiveringsnivå og mental be-

lastning. Økt mental belastning kan redusere kapasiteten for informasjonsbearbeiding.

Den totale kapasiteten kan fordeles på forskjellige oppgaver. Informasjonsbearbeidingsprosessene kan være helt forskjellige med hensyn til:

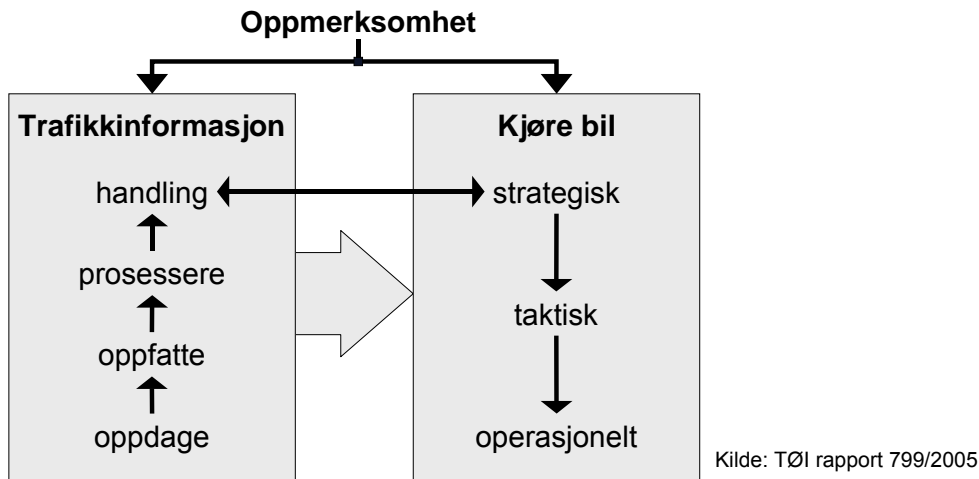
- nivå (operasjonelt, taktisk, strategisk),
- i hvilken grad de er automatisert eller kontrollert,
- hvilke typer kognitive prosesser de involverer (oppfattelse, seleksjon, prosessering av informasjon) og
- hvilke sanser de er baserte på (syn, hørsel, bevegelse/berøring, m.m.).

Mengden oppmerksomhet som kan brukes på forskjellige oppgaver er derfor avhengig av i hvilken grad oppgavene konkurrerer om samme type oppmerksomhet og i hvilken grad forskjellige typer oppmerksomhet er uforenlige. Det kan for eksempel være vanskelig å utføre to forskjellige oppgaver som begge krever bearbeiding av visuell informasjon (se på skilt og se på forankjørende bil). Bearbeiding av språklig informasjon (lese og tolke budskap på skilt) reduserer kapasiteten for visuell oppmerksomhet (observere trafikksituasjon) og for utføring av sensoriske oppgaver (kjøre bil).

Bilkjøring og mental bearbeiding av trafikkinformasjon kan tenkes som to oppgaver som må utføres parallelt, og som kan konkurrere om samme oppmerksomhetsressurser. Informasjonsbearbeidingsprosessen består av flere trinn:

- oppdage,
- oppfatte,
- prosessere (forstå og knytte til oppgaven "kjøre bil") og
- omsette i handling (for eksempel endre kjøreretning hvis dette blir anbefalt og hvis bilføreren har bestemt seg for å følge anbefalingen).

Figur 1 viser prosessen for behandling av trafikkinformasjon med en tekstlig beskjed som har som mål å påvirke rutevalg (for eksempel på en variabel teksttavle). Resultatet av informasjonsbearbeidingsprosessen (omsetting i handling) henger sammen med oppgaven "kjøre bil" på strategisk nivå. Det blir tatt en beslutning om å endre kjøreretning som er mer eller mindre i samsvar med anbefalingen. Dette kan påvirke kjøreoppgaven også på taktisk nivå ved å gjøre det nødvendig å søke tilleggsinformasjon, skifte kjørefelt og, avhengig av trafikktettheten og andre trafikanters atferd, også på operasjonelt nivå ved å gjøre det vanskeligere å holde passende avstand til biler ved siden av og foran.



Figur 1. Prosesser og oppgaver knyttet til aktivitetene "bearbeiding av trafikkinformasjon" og "bilkjøring", som konkurrerer om bilførerens oppmerksomhet.

Samtidig kan hele prosessen med bearbeiding av trafikkinformasjon påvirke informasjonsbearbeidingen relatert til å kjøre bil, som den grå pila i midten av figur 1 viser. I hvilken grad bilkjøringen påvirkes av informasjonsbearbeidingen relatert til trafikkinformasjon er avhengig av hvilken type og hvor mye oppmerksomhet som brukes på begge oppgavene. Dette er avhengig av både trafikkinformasjon, bilfører og trafikksituasjon.

Bilkjøringen kan forventes å bli påvirket i større grad når trafikkinformasjonen

- ... *blir oppdaget sent*: Jo senere trafikkinformasjonen blir oppdaget, desto mindre tid blir det til å komme fram til en beslutning om hva som skal gjøres med informasjonen. At trafikkinformasjonen blir oppdaget (for) sent kan skyldes plasseringen, at den er lite iøynefallende, at andre visuelle stimuli tiltrekker seg oppmerksomhet, eller at bilen kjører relativt fort. Blir trafikkinformasjonen oppdaget så sent at det ikke blir tilstrekkelige tid til å oppfatte beskjedene, blir det ingenting av den videre informasjonsbearbeidingen. Situasjonen kan likevel resultere i andre former for mental belastning som usikkerhet, irritasjon eller stress fordi man ikke vet om man gikk glipp av noe viktig.
- ... *er vanskelig å oppfatte*: Om trafikkinformasjon er vanskelig å oppfatte er avhengig av lysforhold, plassering, størrelse, farger, kontraster og de visuelle omgivelsene. Bruk av kjente symboler eller iøynefallende egenskaper (blinkende lys m.m.) kan være viktig for at trafikantene skal oppfatte informasjonen.
- ... *er vanskelig å prosessere*: Prosessering av trafikkinformasjon blir vanskeligere når informasjonsmengden er stor, eller når informasjonen er komplisert eller lett å misforstå. Ved tekstlige beskjedene kan dette være tilfelle hvis mange, lange tekstdeler med forskjellig innhold og relasjoner mellom tekstelementene blir presentert. Vanskeligheter med prosesseringen kan også oppstå hvis beskjedens form eller innhold ikke tilsvarer bilistens forventninger (Sagberg, 2003). I slike tilfeller kreves mer tankearbeid for å vurdere relevans, betydning og konsekvenser. Ukjente elementer i budskapet eller manglende kjennskap til relasjoner til den aktuelle kjøreoppgaven kan også gjøre proses-

seringen vanskeligere, for eksempel når en anbefalt destinasjon er ukjent eller når bilføreren ikke vet hvor han befinner seg.

- *... er vanskelig å omsette i en adekvat handling:* For å omsette trafikkinformasjon i handling må informasjonen relateres til den planlagte kjøreruta og reisemålet. Rask og korrekt handling avhenger av at innlærte handlingsmønstre (skjemaer) er tilgjengelige (Sagberg, 2003). Dersom kjennskapen til kjøreruta eller trafikkforholdene er for dårlig, slik at det kan bli nødvendig å søke etter tilleggsinformasjon (for eksempel om videre avkjøringsmuligheter fra anbefalt omkjøringsrute), vil bilkjøringen kunne påvirkes negativt.

Følgende faktorer virker inn på kjøreoppgaven i interaksjon med egenskaper og atferd hos bilføreren:

- *Motivasjon:* Det blir ingen eller avbrutt informasjonsbearbeiding relatert til trafikkinformasjon og dermed ingen påvirkning av bilkjøringen hvis bilføreren synes at informasjonen er irrelevant. Virkningen på bilkjøringsoppgaven blir større hvis motivasjonen til å bearbeide informasjonen er høy fordi den blir ansett som viktig.
- *Aktiveringsnivå:* Det generelle aktiveringsnivået er avhengig også av andre mentale belastninger (f.eks. stress), og det påvirker dermed hvor mye oppmerksomhetskapasitet som er ledig for trafikkinformasjonsbearbeiding.
- *Hastighet:* Jo fortere en bil kjører, desto mindre tid har bilføreren til å oppfatte og bearbeide informasjon. Å kjøre bil blir i tillegg vanskeligere på operasjonelt nivå fordi toleransene med hensyn til tid og avstand blir mindre.

Trafikksituasjonen kan også påvirke i hvilken grad informasjonsbearbeiding relatert til trafikkinformasjon og bilkjøringsoppgaven konkurrerer med hverandre. Jo mer krevende trafikksituasjonen er, desto mer blir den tilgjengelige ledige oppmerksomhetskapasiteten redusert.

Trafikkinformasjon har nådd sitt mål hvis bilførere prosesserer informasjonen slik at de kommer fram til en beslutning i samsvar med innholdet av budskapet og tilpasser kjøreatferden sin på en tilsvarende måte. På grunn av den begrensede oppmerksomhetskapasiteten kan feilhandlinger og økt ulykkesrisiko bli uønskede bivirkninger av trafikkinformasjon.

2.2.3 Feilhandlinger

Siden oppmerksomhet er en nødvendig forutsetning for å kjøre bil, kan redusert oppmerksomhet føre til feilhandlinger. Feilhandlinger kan føre til konflikter med andre trafikanter, og disse kan føre til ulykker hvis adekvate reaksjoner uteblir (Zimolong, 1982).

Feilhandlinger er definert som målrettede handlinger som ikke når sitt mål (Reason, 1990; Hacker, 1998). Feilhandlinger oppstår som følge av for eksempel:

- *at informasjon ikke når fram til sanseapparatet* (f.eks. bilisten ser ikke bilen foran fordi han ser i en annen retning),
- *feil informasjonsbearbeiding* (f.eks. bilisten feilbedømmer avstanden til bilen foran), eller

- *uteblitt informasjonsbearbeiding* (f.eks. bilisten reagerer ikke på at bilen foran bråbremses).

Trafikkinformasjon kan dra oppmerksomheten bort fra andre viktige oppgaver knyttet til kjøringen. Sannsynligheten for feilhandlinger blir større

- jo mer oppmerksomhet som blir brukt på trafikkinformasjon,
- jo større krav til oppmerksomhet som blir stilt av bilkjøringsoppgaven og
- jo mindre bilførere tilpasser sin atferd til kravene til oppmerksomhet og til trafikksituasjonen.

Tilpasning av bilførernes atferd til oppmerksomhetskrav omfatter forandringer av oppmerksomhet og fart. Når krav til oppmerksomhet økes, for eksempel på grunn av trafikkinformasjon, er en mulighet å redusere farten, fordi lavere fart gir mer tid til informasjonsbearbeiding og gjør bilkjøringen mindre krevende. Slik blir den mentale belastningen holdt på et akseptabelt nivå (Sagberg, 2005), men denne fartstilpasningen er som regel ikke tilstrekkelig for å holde risikoen konstant (Vaa m.fl., 2002).

I tillegg kan fartsendringer for enkeltbilister føre til økt ustabilitet i hele trafikksituasjonen gjennom større forskjeller i hastighet mellom bilister, noe som øker konfliktpotensialet. Tilpasning av kjøreatferden til trafikksituasjonen er derfor minst like viktig som tilpasning til trafikkinformasjon. Tilpasningen kan omfatte atferd relatert til egenskaper ved vegstrekningen og andre trafikanter, for eksempel fart, avstand, sideplassering, valg av kjørefelt m.m. Atferdstilpasningen kan dermed bidra til å unngå konflikter eller ulykker. En forutsetning er imidlertid en korrekt fareoppfattelse, som igjen er avhengig av at den mentale belastningen ikke er for høy (McKenna & Crick, 1995). Kort sagt kan trafikkinformasjon føre til farlige situasjoner, som i tillegg blir vanskeligere å håndtere på grunn av den samme trafikkinformasjonen.

2.3 Trafikkinformasjon, oppmerksomhet og feilhandlinger

2.3.1 Mulige virkninger

Trafikkinformasjon kan, gjennom forstyrrelse av oppmerksomheten og oppmerksomhetsfordelingen, påvirke bilistenes kjøreatferd.

Tabell 1 gir en systematisk oversikt over hvordan variable teksttavler kan antas å påvirke bilkjøringen både på operasjonelt, taktisk og strategisk nivå. For hver fase i informasjonsbearbeidingsprosessen er det gitt eksempler på mulige feilhandlinger i form av feil oppfattelse eller bearbeiding av informasjon. Disse er basert på Hackers (1998) klassifikasjonssystem (se avsnitt 2.2.3), og analysene av informasjonsbehov og informasjonsbearbeiding i trafikken (se avsnitt 2.2.1 og 2.2.2). Hvilken kjørefeil disse feilhandlingene kan resultere i, er sammenfattet i siste rad i tabellen.

Tabell 1: Mulige virkninger av informasjonsbearbeiding på oppmerksomhet og feilhandlinger på operasjonelt, taktisk og strategisk nivå.

Oppmerksomhet rettet mot ...	Kjøre bil: operasjonelt nivå	taktisk nivå	strategisk nivå
Oppdage trafikkinformasjon			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ å se trafikkinformasjon 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mangel på visuell informasjon (se bort fra trafikken) ▪ inadekvate orienteringsreaksjoner 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ feilvurdering av informasjon, aktivering av feil handlingsprogram 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ trafikkinformasjon ikke oppdaget ▪ trafikkinformasjon feilvurdert som irrelevant
Oppfatte og prosessere trafikkinformasjon			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ å oppfatte informasjonens innhold og form ▪ å forstå budskap ▪ å vurdere budskap på bakgrunn av kunnskaper, personlige mål, trafikksituasjon, ... ▪ å søke tilleggsinformasjon i hukkommelsen eller omgivelsene ▪ å ta beslutninger om videre kjøreferd (endret rutevalg) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mangel på informasjon på grunn av manglende tilpasning av oppmerksomhetsnivået ▪ manglende eller feil prosessering av informasjon på grunn av manglende tilpasning av oppmerksomhetsnivå eller fart ▪ feil omsetting av prosessert informasjon i adekvat handling (styre, bremse, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ufullstendig aktivering av adekvat handlingsprogram (for eksempel bremse eller skifte kjørefelt uten å ta hensyn til biler bak) ▪ aktivering av handlingsprogram med ufullstendig oppfattelse eller prosessering av relevant informasjon (skifte kjørefelt og overse bilen bak) ▪ aktivering av feil handlingsprogram (gi gass istedenfor bremse) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ trafikkinformasjon ikke eller feil oppfattet ▪ trafikkinformasjon ikke forstått, misforstått, feilvurdert, ignorert, tilleggsinformasjon mangler eller er feil, feil beslutning
Omsette trafikkinformasjon i handlinger			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ å søke tilleggsinformasjon ▪ å endre kjøretretning 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ økt sannsynlighet for feilhandlinger på grunn av reduserte toleransengrenser 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ økt sannsynlighet for feilhandlinger på grunn av større krav til beslutninger på taktisk nivå som følge av beslutning på strategisk nivå 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ valg av feil kjøretretning på grunn av ikke oppfattet eller forstått informasjon eller annen feil
Mulige kjørefeil	overskridelse av toleransengrense (fart / avstand)	inadekvat fartsnivå eller kjøremåner	ingen eller feil tilpasning av rutevalg

Kilde: TØI rapport 799/2005

Oppsummeringen i tabell 1 viser at variable tekstavler kan føre til forskjellige typer kjørefeil, som i gitte situasjoner kan medvirke til ulykker. De mest sannsynlige ulykkestypene som kan forventes, er eneulykker fordi bilister mister kontrollen over bilen. Dessuten kan det skje påkjøring bakfra, enten fordi en bil som kjører bak den bremsende bilen ikke har tilstrekkelig mulighet til å bremse, eller fordi en bil skifter kjørefelt uten å ta hensyn til andre biler som kommer bakfra. Påkjøringer bakfra kan bygge seg opp til kjedekollisjoner, hvis flere bilister som kjører bak hverandre gjør samme feil eller hvis biler kjører med så kort avstand til forankjørende at avvergelsesreaksjoner ikke er mulige.

Virkning på ulykkesrisiko er imidlertid ikke bare avhengig av kjørefeil hos enkelte bilister (og reaksjoner fra andre bilister) men også av hele trafikksituasjonen:

- Sannsynligheten for at en konfliktsituasjon oppstår er større når trafikkmengden er stor og når gjennomsnittshastigheten er stor.
- Sannsynligheten for konfliktsituasjoner og ulykker er større hvis trafikksituasjonen stiller større krav til informasjonsbearbeiding og oppmerksomhet, fordi både fareoppfattelse og avvergelsesreaksjoner blir vanskeligere med redusert mengde ledig oppmerksomhet. Krav på oppmerksomhet kan være store når store mengder informasjon må bearbeides i løpet av kort tid, men også når lite informasjon i løpet av lang tid fører til monotoni eller trøtthet (Hacker & Richter, 1984).
- Sannsynligheten for at en konfliktsituasjon oppstår er større hvis det er store forskjeller i reaksjonene mellom bilistene. Hvis alle bilistene reduserer hastigheten / bremses samtidig på grunn av trafikkinformasjonen, vil det ikke oppstå mange konflikter, mens konfliktpotensialet blir større når det er store forskjeller i hastighetstilpasning, noe som fører til økt hastighetsvariasjon.

Denne analysen av muligheter for hvordan feilhandlinger, konflikter og ulykker oppstår tilsvarer en menneskelig reliabilitetsanalyse som for eksempel CREAM (Hollnagel, 1998) eller GEMS (Embrey & Reason, 1986). Analysen er en "framover" metode som går ut fra kognitive prosesser og tekniske egenskaper for å analysere feilmuligheter. Den er rent teoretisk og kan valideres ved empiriske analyser av sannsynligheter for feilhandlinger på grunn av de faktorene som antas å kunne forårsake feil. Undersøkelsen som inngår i dette prosjektet kan betraktes som en del av en slik analyse. I tillegg kunne det gjennomføres "bakover" analyser om mulige årsaker til konflikter eller ulykker.

2.3.2 Tidligere empiriske studier

De fleste empiriske undersøkelser om virkninger av trafikkinformasjon generelt, og spesielt av variable teksttavler har fokusert på spesifikke egenskaper ved trafikkinformasjon og deres virkninger på trafikkstyring og / eller holdninger hos trafikantene. Analyserer av ulykker fokuserer på reduksjon i ulykkestall på grunn av virkningene av trafikkinformasjonen på trafikkstyring (for eksempel ulykkesvarsling, reduksjon av køer, mer effektiv fordeling av trafikken på alternative ruter), men ikke på ulykker knyttet til distraksjon på grunn av trafikkinformasjon.

De følgende avsnittene gir en oversikt over resultater fra empiriske feltundersøkelser om virkninger av variable trafikkskilt med beskjeder om trafikkforhold og tilsvarende anbefalinger.

Oppmerksomhet og distraksjon

Et generelt resultat er at variable trafikkskilt tiltrekker seg oppmerksomhet og fører til adekvate reaksjoner hos bilister, men at skiltene også kan oppleves som distraherende: 28% av deltakerne i en spørreundersøkelse syntes at trafikkinformasjon var generelt distraherende, og 17% sa at de ikke hadde lyst til å se på trafikkinformasjon. Det er ikke klart om dette fører til at folk ignorerer informasjonen eller om de også føler seg distraheret (Parentela & Eskander, 2001).

Egenskaper ved trafikkinformasjon som påvirker i hvilken grad den tiltrekker seg trafikantenes oppmerksomhet er blant annet:

- *Påliteligheten* av beskjedene, tekstlengden og flere tekniske aspekter (Halloin, 1996).
- Trafikkinformasjon som bruker *avansert teknikk* er mer krevende enn faste trafikkskilt (Anttila, Luoma & Rämä, 2000).
- *Fiberoptikkskiltene* er effektive men distraherer fra andre trafikkskilt: Bilførere legger bedre merke til fartsgrenseskilt i fiberoptikk enn et fast fartsgrenseskilt, og de legger mindre merke til et fareskilt når det står nærheten av et fartsgrenseskilt med fiberoptikk enn når det står i nærheten av et fast fartsgrenseskilt. Fiberoptikkskilt bør derfor plasseres med tilstrekkelig avstand fra hverandre slik at bilførere ikke blir overbelastet med informasjon (Rämä, Luoma & Harjula, 1999).
- *Blinkende tekst* blir oppfattet som distraherende, mens dette ikke er tilfelle med *blinkende lamper* (spørreundersøkelse av Luoma, Rämä & MacLavery, 2001).
- I motsetning til disse resultatene fant DeCraen & DeNiet (2002) i undersøkelser med spørreskjema og observasjoner ingen effekt av trafikkinformasjon på distraksjon eller trafikksikkerhet.

Det kan også antas at forutsetninger hos bilførere kan bidra til distraksjon som for eksempel i undersøkelsen av Harjula, Luoma & Rämä (1998), som viste at eldre bilførere har større problemer med oppgaver som krever en fordeling av oppmerksomhet på flere oppgaver (lese beskjeder på trafikkinformasjon og kjøre bil).

Virkninger på trafikkstyring

At trafikkinformasjon som informerer om hendelser (ulykker, kø, vegarbeid, m.m.) og anbefaler alternative ruter kan føre til en omfordeling av trafikken, er vist i flere undersøkelser med observasjoner og trafikkmålinger (for eksempel Wendelboe, 2005; Peeta, Ramos & Pasupathy, 2000; McKenna, 2001; Richards, 2000).

Det er også undersøkt hvilke egenskaper ved trafikkinformasjon som er relevante for virkningen på trafikkstyring:

- *Pålitelighet* er en viktig forutsetning for effektiviteten av trafikkinformasjon. Manglende pålitelighet fører til at færre er beredt til å endre rutevalg (Wendelboe, 2005, McCoy & Pesti, 1999; Peeta, Ramos & Pasupathy, 2000).
- Beredskapen for å endre rutevalg er høyere når *forventet forsinkelse* og lokalisering av ulykke blir vist på trafikkinformasjon med budskap om ulykker og anbefaling om å endre kjøreretning (Peeta, Ramos & Pasupathy, 2000). Virkningen på endring av rutevalg er større når det blir vist lengre forsinkelser (Wendelboe, 2005).
- *Kompliserte beskjeder* reduserer også beredskapen for å endre rutevalg (Wendelboe, 2005).

- Betydningen av *blinkende tekst eller lamper* for hvorvidt bilistene oppfatter viktigheten av beskjedene eller ikke varierer. Ikke alle tror at beskjeder er viktigere når noe blinker (Luoma, Rämä & MacLaverly, 2001).

En relevant egenskap ved trafikanter er *kjennskap til alternativ rute*, noe som fører til høyere beredskap for å endre kjørerute. Denne effekten er større hos lastebilsjåførere som må regne med dårligere framkommelighet på ukjente ruter (Peeta, Ramos & Pasupathy, 2000). Kjennskap kan være et resultat av personlig erfaring, men kan også påvirkes gjennom vegvisningsskilt.

Virkn timer på ulykker

Trafikkinformasjon som fører til en omfordeling av trafikken kan øke trafikksikkerheten på de avlastede rutene gjennom redusert trafikk tetthet, men samtidig kan den resultere i flere ulykker på den anbefalte alternative ruta (Annino, 1998). Trafikkinformasjon som varsler om kø kan øke konfliktpotensialet og dermed ulykkesrisikoen når den fører til at flere skifter kjørefelt og begynner å lete etter en avkjøringsmulighet. På denne måten kan variabel trafikkinformasjon i noen tilfeller føre til ulykker (Erke & Gottlieb, 1980).

3. Metode

Variable teksttavler ble undersøkt som et eksempel på trafikkinformasjon. Virkninger av variable teksttavler på bilistenes oppmerksomhet og ulykkesrisiko ble undersøkt ved hjelp av observasjoner av rutevalg, hastighetsmålinger og videoopptak for analyse av bremseatferd. Det generelle forsøksopplegget var som følger:

- På variable teksttavler over E18 i Oslo ble det vist tekst med informasjon om en vegstengning og en anbefaling om en alternativ rute. Teksten ble vist i forskjellige varianter, og tavlene ble i perioder vist helt uten tekst for å få en referanse. Om det ble vist tekst og hvilken tekst som ble vist, fungerte som uavhengig variabel i undersøkelsen.
- Som avhengige variabler ble det målt hvor mange biler¹ som valgte den anbefalte ruten, bilenes hastighet foran og ved de variable teksttavlene, og hvor mange av dem som bremsset.

For å prøve ut og evaluere metodene som ble brukt i hovedstudien ble det gjennomført en pilotstudie (Hagman, Augusti og Haga, 2005).

3.1 Måling av effekter av trafikkinformasjon på bilistenes oppmerksomhet

For å undersøke i hvilken grad formålet med variable teksttavler ble oppnådd, ble det evaluert i hvilken grad tekstbudskapene påvirker rutevalg. Det ble videre undersøkt i hvilken grad de påvirker hastighetsforandring og bremsing. Alle tre variablene kan betraktes som indikatorer på virkninger av teksttavlene på bilistenes oppmerksomhet.

3.1.1 Rutevalg

Den primære målsettingen med variable teksttavler er å påvirke bilistenes rutevalg. Det ble i dette prosjektet estimert hvor stor andel av bilistene som endrer sin kjørerute i overensstemmelse med det som ble anbefalt på tavlen.

3.1.2 Hastighet

Hastighet er en av de faktorene som kan påvirke belastning hos bilførere, og dermed deres oppmerksomhet. Man går ut fra at en bilist har, forenklet sagt, begrensede oppmerksomhetsressurser og at det krever mer ressurser å kjøre med høyere hastighet enn å kjøre med lavere hastighet. Blir en stor mengde ressurser brukt på andre oppgaver enn å kjøre bil, kan det være en mulighet å redusere hastigheten for å unngå overbelastning. Hastighetsreduksjoner kan derfor være en indikator på

¹ Fordi de teoretiske problemstillingene og drøftingene i denne rapporten primært dreier seg om bilkjøring, benyttes gjennomgående betegnelse 'biler' og 'bilister' om dataenhetene som registreres og analyseres, også i de tilfellene hvor materialet kan omfatte andre typer kjøretøy i tillegg til biler.

hvor mye oppmerksomhet som brukes på andre oppgaver, for eksempel å lese og forstå en beskjed på en variabel teksttavle (sekundæroppgave-teknikken for måling av mental belastning, Verwey & Veltman, 1996).

Bilister kan redusere hastigheten også av andre årsaker enn økt visuell eller mental belastning, det kan for eksempel bli nødvendig å bremse fordi biler som kjører foran bremses. I dette tilfelle kan hastighetstilpasning ikke betraktes som en indikator på belastning knyttet til teksttavlen.

Med hensyn til ulykkesrisiko har lavere hastighet vanligvis positive effekter, men dette gjelder ikke (brå) hastighetsreduksjoner (bremsing) som fører til økt variasjon av hastigheten og redusert avstand mellom biler.

Hastighetsmålingene i denne undersøkelsen hadde derfor to funksjoner:

- indikasjon på oppmerksomheten brukt på teksttavlene, med lavere hastigheter som indikasjon for større krav til oppmerksomhet,
- indikasjon på ulykkesrisiko, med større variasjon i hastighet som indikator på større ulykkesrisiko.

3.1.3 Bremsesatferd

Forandringer av hastighet viser seg også gjennom bremsing. Bremsing indikerer på samme måte som redusert hastighet krav på oppmerksomhet, noe som igjen kan henge sammen med ulykkesrisiko. Uventet bremsing kan føre til farlige trafikksituasjoner gjennom redusert avstand til bilen bak, og økt risiko for påkjøring bakfra.

Det ble registrert hvor mange av bilistene som bremses foran teksttavlene. For å kunne bruke antall biler som bremses som indikator på virkningen på oppmerksomhet og ulykkesrisiko må en ta hensyn til flere faktorer:

- Indikatoren 'antall biler som bremses' skiller ikke mellom lett og kraftig bremsing, og den inkluderer ikke biler som reduserer hastigheten uten å bruke bremsene (motorbrems).
- Om en bilist bremses på grunn av teksttavlen eller av andre grunner, er blant annet avhengig av trafikk tettheten. I tett trafikk kan i hvert fall noen av bilistene som ville bremse for å lese eller vurdere beskjeden på teksttavlen i glissen trafikk, forventes å avstå fra bremsingen for å unngå økt ulykkesrisiko. Denne effekten kan føre til at virkningen av variable teksttavler på oppmerksomhet i tett trafikk blir undervurdert. Men det er mer risikabelt å bremse i tettere trafikk, og bilister som avstår fra å bremse kan også bli en trafikkfare hvis de kjører forttere enn de egentlig har oppmerksomhetsressurser til. Ulykkesrisikoen forventes derfor ikke å bli overvurdert i tett trafikk.
- Hvis en bil bremses, kan biler som kommer bak også bli nødt til å bremse. Denne effekten kan medføre at virkningen av variable teksttavler på oppmerksomhet blir overvurdert. En del av bilistene som bremses, gjør det ikke på grunn av teksttavlen men på grunn av at bilen som kjører foran bremses. Virkningen på ulykkesrisiko øker derimot med antall biler som bremses. Denne virkningen blir således ikke overvurdert.

- Bremsing på grunn av variable teksttavler utgjør størst risiko når bremsingen kommer uventet for etterfølgende bilførere. Dette er tilfelle hvis det ikke er noe ved den øvrige trafikksituasjonen som tilsider at en bør bremse, for eksempel på en rett vegstrekning. Sannsynligheten for at en bremsing er uventet for andre bilister er større når det er store forskjeller mellom bilister i hvordan de oppfatter og reagerer på tavlene.

3.1.4 Avstand mellom biler

Avstanden mellom biler i en rekke forandrer seg selvsagt når noen av bilene bremses. Når en bil bremses øker avstanden til forankjørende bil, mens avstanden til bilen som kjører bak den bremsende bilen reduseres. I tett trafikk vil bremsing derfor føre til en økning i antall veldig små avstander og dermed kunne øke ulykkesrisikoen. Avstander mellom biler blir (med hensyn til ulykkesrisiko) definert som "korte" når de er mindre enn 1,5 sek. (Rämä & Kulmala, 2000).

3.2 Pilotstudie

En pilotstudie ble gjennomført i 2004 i Oslo for å prøve ut metoden som skulle brukes i hovedstudien (Hagman, Augusti, & Haga, 2005). I denne studien ble det benyttet en variabel teksttavle over E18 ved Strand vest for Lysaker i Bærum på vei mot Oslo, 2 km før Lysakerkrysset. Tavlen viste tekst i løpet av en kveld. Det ble brukt to forskjellige tekstvarianter (teksten ble vist i hvit tekst på svart bakgrunn):

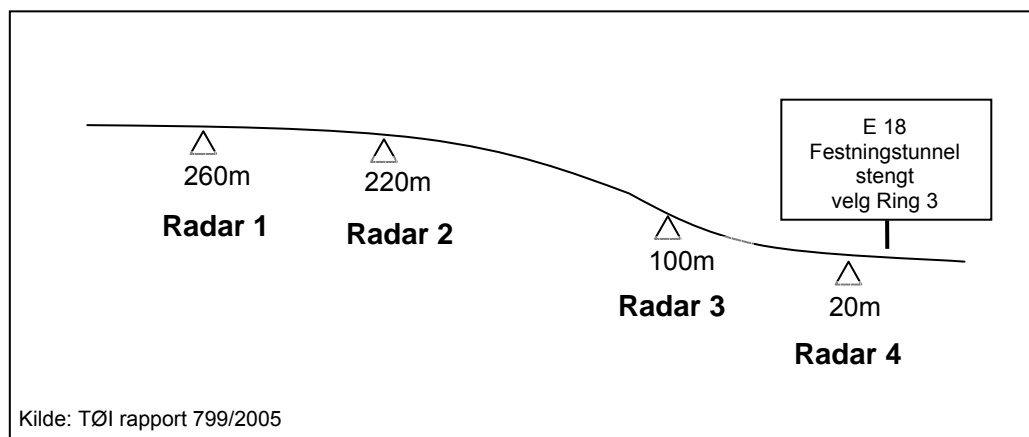
E 18 Festningstunnel stengt velg Ring 3	Europavei 18 Festningstunnel stengt velg Ring 3
--	--

Som referansebetingelse ble tavlene vist uten tekst (svart tavle).

Visningen av skilttavlene med eller uten tekst, samt hastighetsmålinger og videoopptak ble gjennomført natt til fredag 22. oktober 2004. I denne perioden ble beskjeder på teksttavlene vist i følgende rekkefølge:

- ingen tekst (23:15 til 23:30)
- tekst 1 "E 18 ..." (23:30 til 23:45)
- ingen tekst (23:45 til 00:00)
- tekst 2 "Europavei 18 ..." (00:00 til 00:15)
- referansebetingelse (ingen tekst, 00:15 til 00:30).

Hastigheten ble målt med 4 radarer, som var plassert 260 m, 220 m, 100 m og 20 m før teksttavlene (se figur 2). Veien går i nedoverbakke før skiltet. Videokameraet for opptakene som ble brukt til bremsetellingene, var plassert ca. 250 m før tavlen. Hvor mange biler som valgte hver av de 4 mulige retningene ble registrert av Vegtrafikksentralen ved hjelp av videokameraer inn mot Lysakerkrysset. I pilotstudien ble det registrert data fra ca. 700 biler.



Figur 2. Plassering av fartsmålerne i forhold til teksttavlen under pilotstudien ved Strand.

3.2.1 Rutevalg

I pilotstudien valgte 22% av bilene som passerte tavlen uten tekst, retningen mot Ring 3. Når det var tekst på tavlen, kjørte 33% mot Ring 3. Forskjellen mellom rutevalg med og uten tekst er signifikant ($\chi^2 = 8,020$; $df = 1$; $p < .05$). 14% av dem som ellers sannsynligvis ville ha kjørt E18, kjørte Ring 3 når det ble vist tekst på tavlen.

Budskapet med tekst "Europaveg 18 ..." resulterte i at 41% valgte retningen mot Ring 3, mens 27% valgte denne retningen når teksten var "E 18". Forskjellen mellom tekstvariantene er ikke signifikant.

3.2.2 Hastighet

Hastighetsmålinger i pilotstudien inkluderte alle biler som passerte fartsmåleren. Resultatene viste at når det ble vist tekst på teksttavlene, reduserte bilene hastigheten og kjørte saktere enn bilene som ikke ble eksponert for tekst. En mulig feilkilde i disse analysene var at dataene inkluderte fartsmålinger for trafikk i motgående kjøreretning. Imidlertid vil farten i motgående kjøreretning være uavhengig av budskapet på tavlene, og denne feilkilden hadde derfor ingen systematisk effekt på resultatene.

3.3 Hovedstudie

Hovedstudien ble gjennomført i Oslo 14 til 16 juni 2005. Forsøksopplegget i hovedstudien var omtrent tilsvarende det i pilotstudien. Forsøksopplegget beskrives i de følgende avsnittene.

3.3.1 Vegstreknings

Hovedstudien ble gjennomført på to vegstreknings:

- 1) I nordgående retning på E6/E18 ved Vinterbro den 14. juni 2005
- 2) I østgående retning på E18 ved Strand (samme sted som i pilotstudien) den 15. og 16. juni 2005.

På begge steder har vegen to kjørefelt i hver retning; ved Strand er det dessuten et kollektivfelt på høyre side. Ved Vinterbro er det et akselerasjonsfelt umiddelbart før teksttavlen, der trafikken fra E18 kommer inn på E6. E6 og E18 går deretter på felles strekning et stykke, før de igjen deler seg, og høyre felt går over i E6 og venstre felt i E18. Under datainnsamlingen kom alle kjøretøyene fra E18 (dvs. fra akselerasjonsfeltet), fordi Nordbytunnelen på E6 sør for forsøksstrekningen var stengt i nordgående retning. Dette kan ha medført at gjennomsnittshastigheten på det tidspunktet bilistene kunne se tavlen, var lavere enn den ville vært om de hadde kommet på E6, og at det dermed var mindre behov for å senke farten for å oppfatte informasjonen.

Figur 3 og 4 viser teksttavlene ved Vinterbro og Strand.

På den analyserte vegstrekningen ved Strand har det skjedd 9 ulykker med drepte bilister siden tavlen ble satt opp (tidsperioden mellom 1994 og 2004). Tre av ulykkene var kjedekollisjoner med minst tre involverte biler (en gang 3 og to ganger 4 biler). Om ulykkene skjedde mens teksttavlen var slått på eller ikke, er ikke kjent.

Vegstrekningene er forskjellige i høydeprofil. Ved Vinterbro er det flat vegbane fram mot teksttavlen slik at tavlen kan ses i god avstand før den blir lesbar. På Strand derimot går veien i nedoverbakke de siste ca. 200 m før tavlen, og før dette er det en bakketopp.

Ved Strand pågikk det den ene dagen opprydningsarbeider etter en ulykke ved vegkanten i motsatt kjøreretning. Arbeidene pågikk i hele måleperioden, slik at det ikke forventes skjevheter i resultatet på grunn av at en del av bilistene bremsset eller ble distraherert av nysgjerrighet på hva som hadde skjedd.

Været var tørt og klart begge steder.

3.3.2 Teksttavler og forsøksbetingelser

Både på Vinterbro og ved Strand ble tavlene også vist uten tekst som referanse. Hver tekst ble vist i 15 minutter og deretter var det 15 minutters mellomrom (referansebetingelse med skilt uten tekst). Rekkefølgen på tekstene ved Strand ble variert mellom forsøksdagene som vist i tabell 2. Tidspunktene ble valgt slik at trafikk tettheten ikke var så stor at det var fare for kø, men stor nok for å gi et tilstrekkelig antall målinger.

Beskjedene som ble vist på teksttavlene er vist i figur 5.

Tabell 2: Forsøksopplegg og tidsplan

Tid	Vinterbro 14 juni	Strand 15 juni	Strand 16 juni
22:30 – 22:45	Referanse	Referanse	Referanse
22:45 – 23:00	tekst 1	tekst 2	tekst 3
23:00 – 23:15	Referanse	Referanse	Referanse
23:15 – 23:30	tekst 1	tekst 3	tekst 4
23:30 – 23:45	Referanse	Referanse	Referanse
23:45 – 24:00		tekst 4	tekst 2

Kilde: TØI rapport 799/2005



Kilde: TØI rapport 799/2005

Figur 3: Teksttavle ved Vinterbro med tekst



Kilde: TØI rapport 799/2005

Figur 4: Teksttavle ved Strand med tekst

3.3.3 Rutevalg

Beskjedene på teksttavlene ved Strand inneholdt anbefalingen om å velge Ring 3 istedenfor å fortsette på E 18. I hvilken grad bilistene fulgte anbefalingen på teksttavlene ble analysert ved å telle hvor mange biler som svingte av E18 i retning Ring 3 ved nærmeste kryss, henholdsvis med og uten tekst på tavlen.

Sted	Betingelse	Teksttavle
Vinterbro	Tekst 1 "E 18 Svartskog..."	E 18 Svartskog vegarbeid alternativ rute E 6
Strand	Tekst 2 "E18..."	E 18 Festningstunnel stengt velg Ring 3
Strand	Tekst 3 "Europavei 18..."	Europavei 18 Festningstunnel stengt velg Ring 3
Strand	Tekst 4 "E 18... er nå..."	E 18 Festningstunnel er nå stengt velg Ring 3
Vinterbro & Strand	Referansebetingelse (ingen tekst)	

Kilde: TØI rapport 799/2005

Figur 5: Beskjeder som ble vist på teksttavlene ved Vinterbro og Strand.

3.3.4 Hastighet

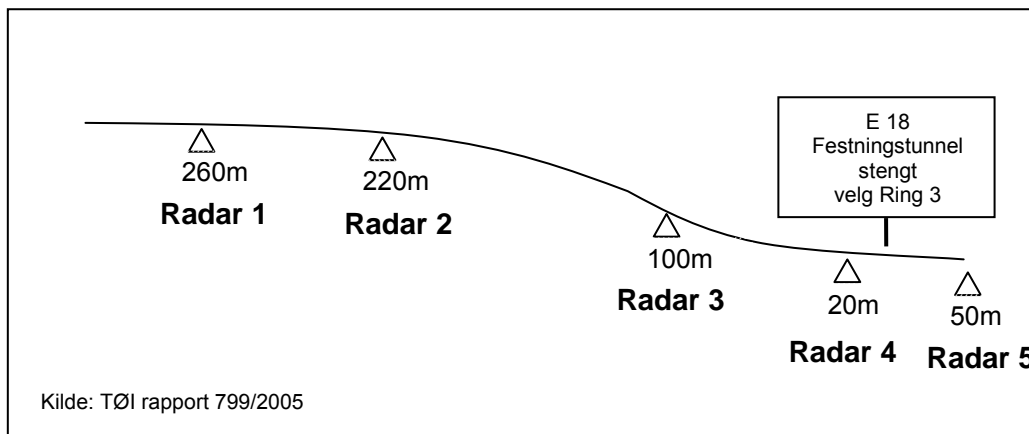
For å måle hastigheten på bilene som passerte teksttavlene ble det satt opp 5 fartsmålere (radarer), både ved Vinterbro og på Strand. Fartsmålerne var plassert:

- 300, 200, 100 og 50 m foran teksttavlen og 50 m etter teksttavlen ved Vinterbro,
- 260, 220, 100 og 20 m foran teksttavlen og 50 m etter teksttavlen ved Strand.

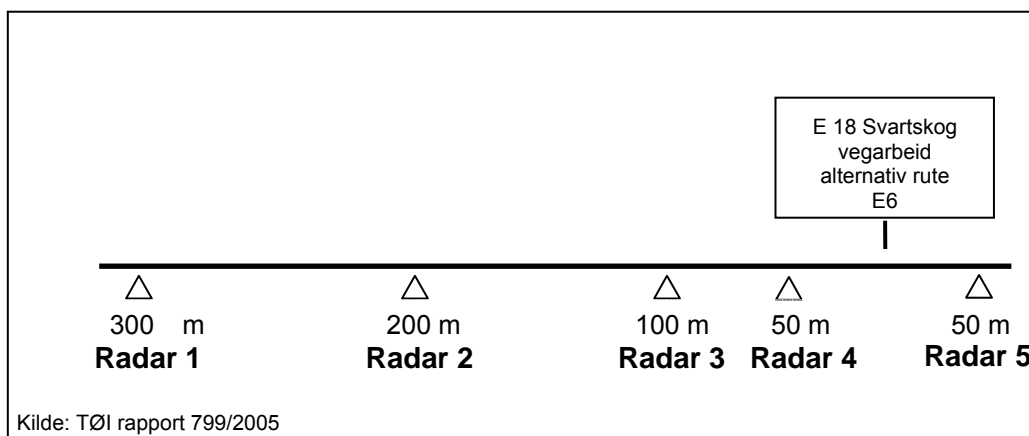
Figurene 6 og 7 viser fartsmålerens plassering i forhold til teksttavlene.

Teksttavlene var synlige ved de første 4 registreringspunktene (radarene) og var lesbar for de fleste ved registreringspunkt 3 og 4 både ved Vinterbro og ved Strand.

Bilenes passeringstid forbi fartsmålerne ble registrert med en nøyaktighet på 1 sekund. Det ble beregnet gjennomsnittshastighet og standardavvik for hastigheten for hver 15-minutters måleperiode (hver forsøksbetingelse).



Figur 6: Fartsmålerens avstand fra teksttavlen ved Strand.



Figur 7: Fartsmålerens avstand fra teksttavlen ved Vinterbro.

3.3.5 Bremselatferd

Mens den gjennomsnittlige hastigheten på bilene ikke sier noe om individuelle bilisters atferd, kan bremsing gi en indikasjon på individuelle reaksjoner på teksttavlene og hva slags trafikksituasjoner som oppstår.

Bremsing ble analysert ved hjelp av videoopptak. Videoopptakene ble gjort med et kamera plassert på ei bru over vegen slik at trafikken fram mot tavlen ble filmet bakfra som vist i figur 3 og 4. For hver forsøksbetingelse ble det talt hvor mange biler som brukte bremsene slik at bremselysene lyste.

3.3.6 Avstander

Tidsavstander mellom biler ble analysert på grunnlag av tidskoder som ble registrert ved hastighetsmålingene. Målingene gjør det mulig å beregne avstander mellom to biler som kjører forbi hastighetsmålerne, men det er ikke mulig å identifisere i hvilket kjørefelt bilene kjører. På grunn av dette, og også fordi nøyaktighetene av passeringstidene bare var på nærmeste hele sekund, gir disse målingene bare et omtrentlig anslag på tidsluker.

For hver bil ble tidsforskjellen til bilen som kjørte foran beregnet. Som grunnlag for å undersøke om spredningen i avstander varierte mellom de ulike forsøksbetingelsene, ble også standardavvik for avstandene beregnet.

4. Resultater

Det ble undersøkt hvordan teksttavlene påvirket både bilistenes rutevalg og sikkerhetsrelevante aspekter ved kjøreatferden.

4.1 Rutevalg

Rutevalg etter passering av teksttavlen ble registrert bare ved Strand. Bilene som passerer teksttavlen, har flere muligheter å velge mellom: retning E18, Ring 3, kollektivfelt og Snarøya.

For å beregne hvor mange biler som kjørte som anbefalt mot Ring 3 istedenfor E18 ble antall biler som kjørte mot Ring 3 sammenlignet med det totale antall biler som kjørte enten i retning E18 eller Ring 3. Bilene som kjørte i retning kollektivfelt eller Snarøya ble ikke tatt hensyn til i analysen: Teksttavlen er ikke relevant for dem. Det var dessuten få biler som valgte denne ruten.

Om andel biler som velger Ring 3 er forskjellig med og uten tekst på informasjonstavlen og mellom de forskjellige tekstvariantene blir prøvet ved hjelp av χ^2 -test (khi-kvadrat). χ^2 er summen av alle kvadrerte avvik mellom empirisk og forventet antall biler dividert med forventet antall.

Resultatene for rutevalgene ved Strand er sammenfattet i tabell 3. Det er en signifikant større andel biler som kjører Ring 3 med enn uten beskjed på teksttavlen; med tekst var det 45% som valgte Ring 3, mot 29 % uten ($\chi^2 = 83,906$; $df = 1$; $p < .001$). Forskjellene mellom tekstvariantene er ikke signifikant.

Tabell 3: Rutevalg med og uten tekst på tavlen ved Strand. Antall biler.

	E18	Ring 3	Andre retninger	Sum E18 og Ring 3	Andel biler Ring 3 (%)
Ingen tekst	1186	488	135	1674	29
Tekst 2 "E18..."	273	193	40	466	41
Tekst 3 "Europaveg 18..."	296	250	41	546	46
Tekst 4 "E18... er nå..."	223	205	37	428	48
Sum tekst 2-4	792	648	118	1440	45

Kilde: TØI rapport 799/2005

Målgruppen for tekstbudskapet er bilister som ikke ville ha valgt Ring 3 uten tekst på tavlen. Andelen som endrer rutevalg blant disse bilistene, er følgelig en indikasjon på virkningen av budskapet. Denne andelen ble beregnet ved:

$$\frac{\text{andel biler som velger Ring 3 med tekst} - \text{andel biler som uten tekst velger Ring 3}}{\text{Andel biler som ikke velger Ring 3 uten tekst}}$$

Når vi setter inn tallene fra tabell 3, kan vi beregne andelen av målgruppen som ble påvirket av budskapet:

$$= \frac{45\% - 29\%}{100\% - 29\%} = 22\%$$

Vi finner altså at gjennomsnittlig 22% av bilene som ellers ikke ville ha kjørt mot Ring 3, endret kjøreretning umiddelbart etter å ha lest tavlen. Ser vi på de ulike tekstbudskapene, finner vi at prosentandelene for Tekst 2, 3 og 4 er henholdsvis 17%, 23% og 26 %. Det er altså en tendens til at flere fulgte anbefalingen når teksten var lengre.

Det kan ha vært flere biler som endret kjørerute, særlig lokalkjente som valgte å fortsette på E18 og ta av nærmere Oslo sentrum, fordi de vet at de kan kjøre denne veien på en komfortabel måte på denne tiden av døgnet. I overensstemmelse med denne antagelsen bemerket trafikksentralen at ”de færreste av trafikantene kjørte helt fram til Festningstunnelen” (som skulle ha vært stengt etter det som sto på skiltet), og at ”mange trafikanter valgte andre avkjøringer nærmere Festningstunnelen”.

4.2 Hastighet

Gjennomsnitt og standardavvik for hastighetene ble beregnet for forsøksbetingelsene med og uten tekst. Analysene for Vinterbro og Strand ble gjennomført hver for seg. I tillegg blir virkningene av de forskjellige beskjedene analysert ved Strand.

Virkingen av variable teksttavler på hastighetsforløpene ble analysert i flere trinn.

4.2.1 Deskriptive analyser

I de deskriptive analysene ble gjennomsnitt og standardavvik for hastigheten beregnet for alle biler både ved Vinterbro og Strand for hver tidsperiode med og uten tekst (tabell 4).

Måleperiodene begynner og slutter på samme tidspunkt ved alle registreringspunktene. Antall målinger er litt forskjellige ved registreringspunktene fordi to biler som kjører ved siden av hverandre bare gir én hastighetsmåling. Antall biler er derfor angitt som maksimalt antall målinger i hver måleperiode over alle 5 registreringspunktene (jfr. avsnitt 3.3.4).

Tabell 4: Gjennomsnitt og standardavvik for hastighet, alle 5 målepunkter.

	Antal i biler	Gjennom- -snitt	Standard -avvik
Vinterbro 14 juni			
uten tekst (22:30)	117	89,0	8,9
Tekst 1 "E18..." (22:45)	102	83,9	11,9
uten tekst (23:00)	88	89,9	10,4
Tekst 1 "E18..." (22:45)	100	85,3	10,6
uten tekst (23:30)	87	89,2	10,1
alle uten tekst	288	89,3	9,8
alle med tekst	200	84,6	11,3
Strand 15 juni			
uten tekst (22:30)	311	86,3	8,3
Tekst 2 "E18..." (22:45)	261	82,3	9,0
uten tekst (23:00)	261	86,4	9,1
Tekst 3 "Europaveg 18..." (23:15)	215	86,4	9,5
uten tekst (23:30)	196	85,3	9,3
Tekst 4 "E18... er nå..." (23:45)	190	85,2	10,1
Strand 16 juni			
uten tekst (22:30)	313	83,9	8,8
Tekst 3 "Europaveg 18..." (22:45)	279	80,6	9,2
uten tekst (23:00)	254	83,8	9,4
Tekst 4 "E18... er nå..." (23:15)	238	82,0	9,8
uten tekst (23:30)	217	85,9	10,0
Tekst 2 "E18..." (23:45)	161	84,7	10,8
Strand 15 & 16 juni			
alle uten tekst	1522	85,3	9,2
alle med tekst	1332	83,2	9,9
alle med tekst 2 "E18..."	422	83,2	9,7
alle med tekst 3 "Europaveg 18..."	493	83,1	9,8
alle med tekst 4 "E18... er nå..."	428	83,4	10,1

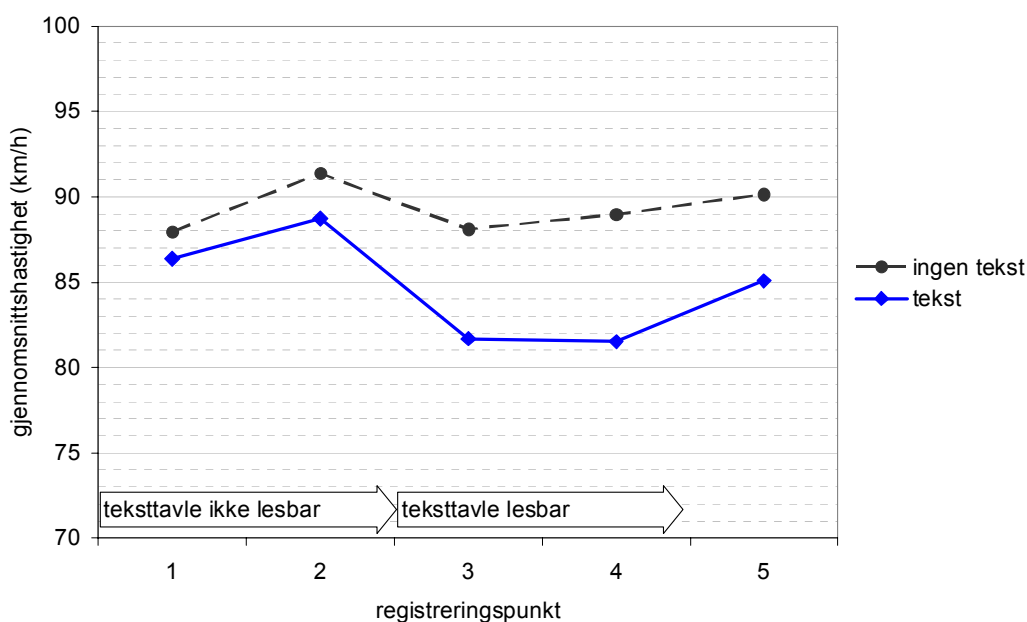
Kilde: TØI rapport 799/2005

Både ved Vinterbro og Strand var det færre biler som passerte tavlene med enn uten tekst. Dette skyldes at trafikk tettheten avtar i løpet av kvelden, og at måleperiodene uten tekst var først i rekkefølgen for alle tekstalternativene.

Korrelasjonen (Pearson's r) mellom antall biler og gjennomsnittshastighet er $-0,57$ ($p < 0,05$), og mellom antall biler og standardavvik for hastigheten $-0,73$ ($p < 0,001$). Analysene av virkningene av tekst vs ingen tekst på gjennomsnittshastighet og standardavvik for hastigheten må derfor ta hensyn til antall biler.

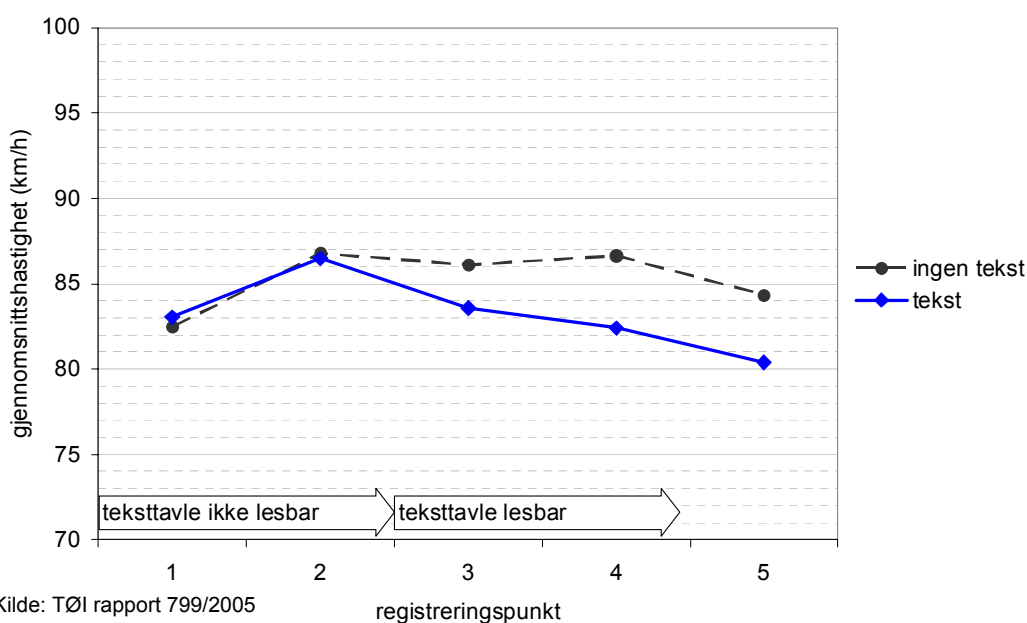
4.2.2 Profiler av gjennomsnitt og standardavvik for hastigheten

For hvert av de fem målepunktene ble det beregnet gjennomsnittshastighet for alle biler som passerte tavlene henholdsvis med tekst (alle perioder med tekst slått sammen) og uten tekst (alle perioder uten tekst slått sammen). Profilene av gjennomsnittshastigheten ved Vinterbro vises i figur 8 og profilene for Strand i figur 9. Begge stedene står teksttavlen mellom registreringspunkt 4 og 5. Den er synlig ved registreringspunktene 1-4, og lesbar ved registreringspunkt 3 og 4.



Kilde: TØI rapport 799/2005

Figur 8: Gjennomsnittshastighet (km/t) for hvert målepunkt ved Vinterbro, med og uten budskap på teksttavlen. (Punkt 1-4 før tavlen, og punkt 5 etter). Antall biler framgår av tabell 5.



Kilde: TØI rapport 799/2005

Figur 9: Gjennomsnittshastighet (km/t) for hvert målepunkt ved Strand, med og uten budskap på teksttavlen. (Punkt 1-4 før tavlen, og punkt 5 etter). Antall biler framgår av tabell 5.

Ved Vinterbro er hastighetsforløpene nokså like for periodene med og uten tekst, men gjennomsnittshastigheten er lavere med tekst, og denne forskjellen er tydeligst for målepunktene nærmest tavlen (registreringspunktene 3 til 5).

Også ved Strand er hastighetene forskjellige mellom betingelsene med og uten tekst, og forskjellene øker fram mot tavlen.

Gjennomsnittshastighetene med og uten tekst ble sammenlignet for hvert registreringspunkt, og forskjellene ble testet med regresjonsanalyser. Resultatene er sammenfattet i tabell 5. Effekten ΔR^2 viser hvor stor andel av variansen i gjennomsnittshastighet som blir forklart av tekst vs ingen tekst, når en kontrollerer for forskjeller i antall biler mellom de to betingelsene. På denne måten vil effektene bare vise den effekten teksttavlene har *i tillegg* til trafikk tettheten.

Tabell 5: Gjennomsnittshastighet (km/t) med og uten tekst, og resultat av regresjonsanalyser, for alle registreringspunkter på Vinterbro og Strand.

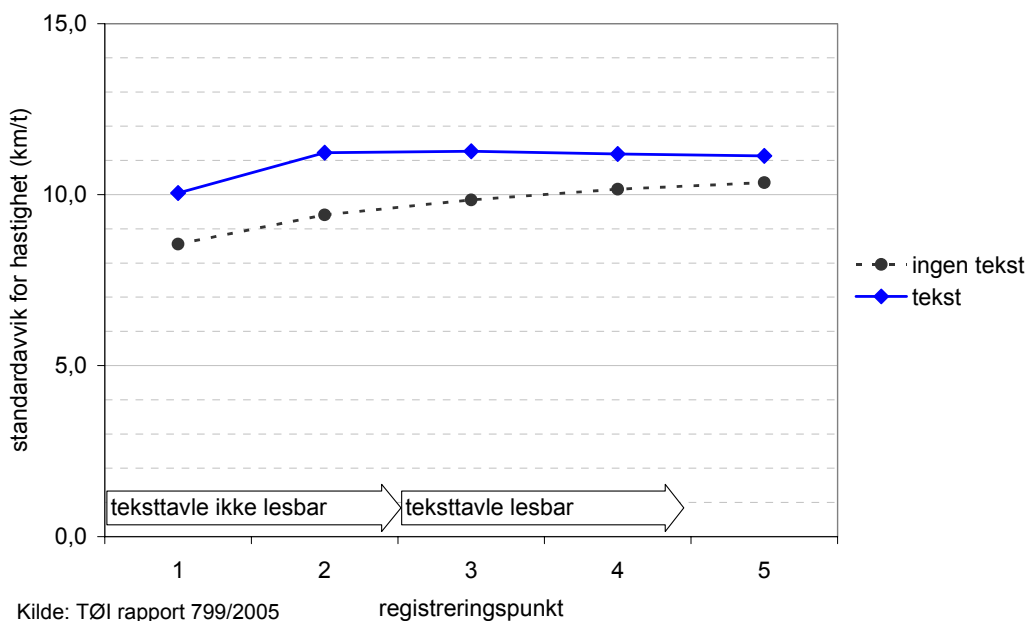
Registreringspunkt	Betingelse						
	Uten tekst			Med tekst			
	Antall	km/t	Antall	km/t	ΔR^2	Sign.	
Vinterbro	1	281	87,9	187	86,4	0,7%	< .10
	2	275	91,4	180	88,7	1,6%	< .01
	3	282	88,1	193	81,7	8,1%	< .001
	4	288	89,0	193	81,5	10,5%	< .001
	5	285	90,2	200	85,1	5,1%	< .001
Strand	1	1522	82,5	1332	83,0	0,0%	ns
	2	1513	86,8	1312	86,5	0,2%	< .05
	3	1494	86,1	1317	83,6	2,5%	< .001
	4	1501	86,6	1300	82,4	5,6%	< .001
	5	1511	84,3	1309	80,4	4,9%	< .001

Kilde: TØI rapport 799/2005

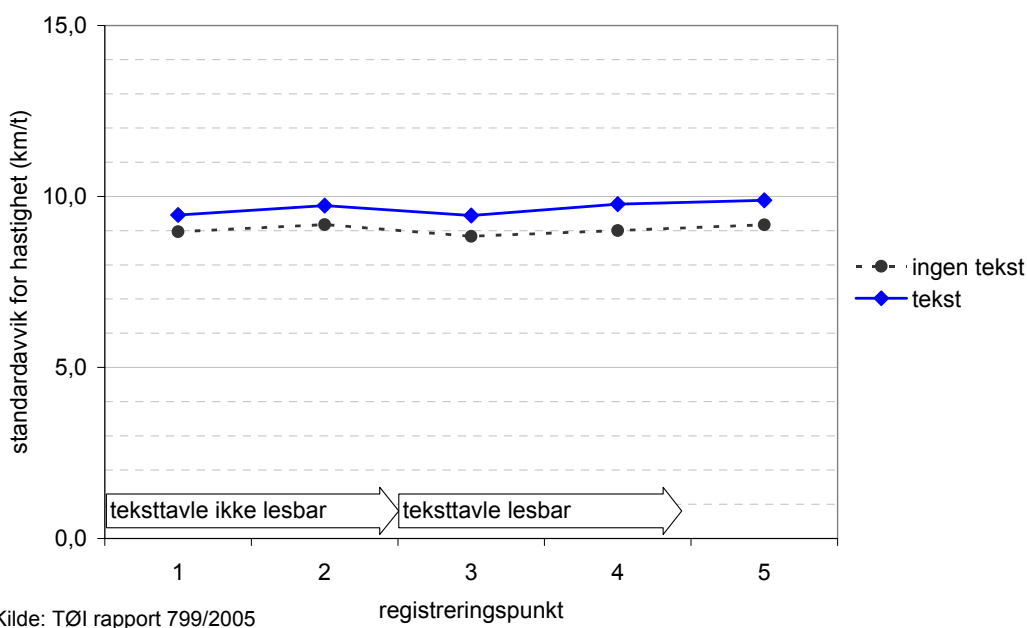
Både ved Vinterbro og Strand har teksten signifikante effekter på hastigheten fra andre (Vinterbro) eller tredje (Strand) registreringspunkt. Effektene blir stadig større jo nærmere bilene kommer teksttavlen og blir signifikante til det siste registreringspunktet der teksttavlen er passert. At mellom 2,5% og 10,5% av variansen i hastighet skyldes teksttavlene må anses som en stor effekt.

Fra registreringspunkt 1 til 4 blir hastigheten med tekst redusert med 4,9 km/t ved Vinterbro og med 0,6 km/t ved Strand. I referansegruppene øker hastigheten med 1,1 km/t ved Vinterbro og med 4,1 km/t ved Strand. Sammenlignet med referansegruppen fører teksttavlene dermed til at farten blir redusert med 6 km/t ved Vinterbro og med 4,7 km/t ved Strand.

Det ble beregnet profiler over de fem registreringspunktene også for standardavviket av hastigheten, både med og uten tekst. Profilene ved Vinterbro vises i figur 10 og profilene for Strand i figur 11.



Figur 10: Standardavvik for hastighet med og uten tekst for alle registreringspunkt ved Vinterbro.



Figur 11: Standardavvik for hastighet med og uten tekst for alle registreringspunkt ved Strand

Standardavvikene med og uten tekst ble sammenlignet for hvert registreringspunkt, og forskjellene ble testet med t-test for uavhengige grupper (Levenes test for "equality of variances"). Resultatene er sammenfattet i tabell 6 for Vinterbro og Strand.

Tabell 6: Standardavvik for hastighet (km/t) med og uten tekst, og p-verdi for signifikanstest, for alle registreringspunkt ved Vinterbro og Strand.

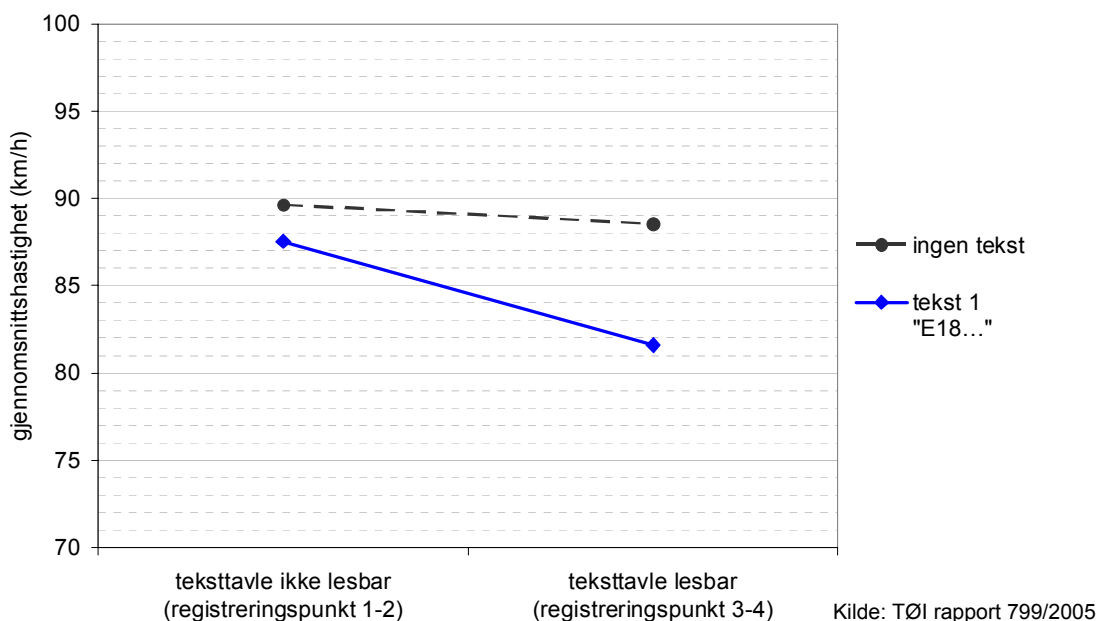
Registreringspunkt		Uten tekst	Med tekst	Sign.
Vinterbro	1	8,6	10,0	< 0,10
	2	9,4	11,2	ns
	3	9,8	11,3	ns
	4	10,2	11,2	ns
	5	10,4	11,1	ns
Strand	1	9,0	9,5	< 0,10
	2	9,2	9,7	ns
	3	8,8	9,4	< 0,01
	4	9,0	9,8	< 0,01
	5	9,2	9,9	< 0,001

Kilde: TØI rapport 799/2005

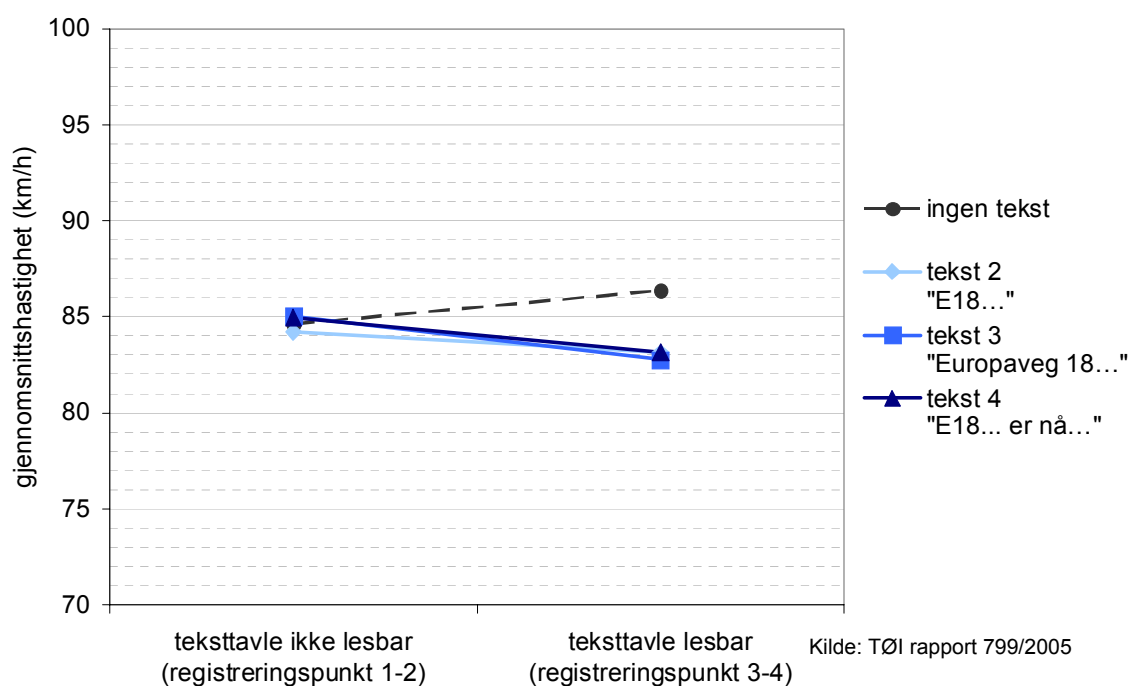
Forskjellene mellom standardavvikene for hastighet med og uten tekst er ikke signifikante ved Vinterbro. Forskjellene ved Strand er signifikante for registreringspunktene hvor teksttavlen er lesbar. Alle forskjellene går i retning av større standardavvik med tekst, noe som kan tyde på at variasjonen i hastighet øker når det er tekst på tavlene.

4.2.3 Forandringer av gjennomsnittshastigheten

For å analysere effekten av lesbart budskap på tavlen (til forskjell fra et budskap som er synlig, men ikke lesbart) ble målingene fra flere registreringspunkter slått sammen. Både ved Vinterbro og Strand er teksttavlen synlig men ikke lesbar ved de første to registreringspunktene. Ved registreringspunktene 3 og 4 er tavlen lesbar for de fleste, og ved siste registreringspunkt har bilene passert tavlen. Derfor blir målingene ved registreringspunktene 1 og 2 (teksttavle ikke lesbar) og ved registreringspunktene 3 og 4 (teksttavle lesbar) slått sammen. Profilene ble sammenlignet mellom betingelsene med og uten tekst og mellom de forskjellige tekstvariantene. Resultatene for Vinterbro er vist i figur 12 og resultatene for Strand er vist i figur 13.



Figur 12: Gjennomsnittshastighet med og uten tekst for registreringspunkter med teksttavlen lesbar vs ikke lesbar (Vinterbro).



Figur 13: Gjennomsnittshastighet med og uten tekst for registreringspunkter med teksttavlen lesbar vs ikke lesbar (Strand).

Figurene viser at hastigheten blir redusert når teksttavlen blir lesbar, uavhengig av type tekst, mens den forblir nesten konstant (Vinterbro) eller øker (Strand) når tavlen ikke har tekst. Selv om hastighetsreduksjonene for de forskjellige tekstene ved Strand er nokså like, er det en tendens til minst reduksjon i betingelsen med den enkleste tekstvarianten "E 18 ...".

Statistisk signifikans av forskjellene i gjennomsnittshastighet som ble vist i figurene 8 og 9, ble undersøkt ved hjelp av toveis variansanalyser. I den første variansanalysen sammenlignes betingelsene med og uten tekst, både ved Vinterbro og ved Strand (tabell 7), og i den andre variansanalysen sammenlignes tekstvariantene ved Strand (tabell 8). Forskjellen mellom registreringspunktene (lesbar vs. ikke lesbar), samt interaksjonen mellom denne variabelen og 'tekst vs. ikke tekst', testes i begge analysene. Antall biler er inkludert som kontrollvariabel i begge analysene.

Tabell 7: Variansanalyse med betingelse (tekst vs ingen tekst) og registreringspunkt som prediktorer for gjennomsnittshastighet (Vinterbro og Strand).

Kilde	Vinterbro			Strand		
	F	Sig.	Eta ²	F	Sig.	Eta ²
betingelse (tekst / ingen tekst)	89,19	< .001	4,5%	75,32	< .001	0,7%
registreringspunkt (teksttavle lesbar / ikke lesbar)	53,89	< .001	2,8%	0,00	ns	0,0%
betingelse * registreringspunkt	25,54	< .001	1,3%	89,12	< .001	0,9%

Kilde: TØI rapport 799/2005

Variansanalysen viser at forskjellen i gjennomsnittshastighet med og uten tekst er signifikant, og at hastighetsendringen over registreringspunktene også er forskjellig avhengig av om det er tekst på tavlen eller ikke (signifikante effekter for interaksjonen betingelse * registreringspunkt).

Tabell 8: Variansanalyse med tekstbetingelse (tekstvariant) og registreringspunkt som prediktorer for gjennomsnittshastigheten (Strand).

Kilde	Strand		
	F	Sig.	Eta ²
betingelse (tekstvariant)	0,67	ns	0,00%
registreringspunkt (teksttavle lesbar / ikke lesbar)	41,41	< .001	0,01%
betingelse * registreringspunkt	1,59	ns	0,00%

Kilde: TØI rapport 799/2005

I tekstbetingelsene er forandringen av hastigheten mellom registreringspunktene den eneste signifikante effekten. Hvilken tekst som blir vist på teksttavlen har ingen virkning på hastigheten eller forandringen av hastigheten mellom registreringspunktene.

Som Eta²-verdiene viser, er alle effektene veldig små. Dette kan forklares med at standardavvikene er store i forhold til forskjellene og forandringene mellom gjennomsnittshastighetene. Effektene blir likevel signifikante på grunn av det store antallet biler.

4.3 Bremseatferd

Virkningene av de variable teksttavlene på bremseatferd ble analysert både ved Vinterbro og Strand ved hjelp av videoopptak. Tabell 9 viser hvor mange biler som bremset, hvor mange biler som ble registrert i hastighetsmålingene (antall biler) og andel biler som bremset.

Tabell 9: Andel biler som bremset ved passering av skilt med og uten tekst, og ved ulike varianter av tekst.

Sted		antall biler som bremset	antall biler	andel biler som bremset
Vinterbro	ingen tekst	0	288	0%
	tekst	14	200	7%
Strand	ingen tekst	40	1522	3%
	"E18..."	69	422	16%
	"Europaveg 18..."	113	493	23%
	"E18... er nå..."	77	428	18%
	tekst (sum)	259	1343	19%

Kilde: TØI rapport 799/2005

På begge stedene er det flere biler som bremser når det blir gitt beskjed på tekst-tavlen enn når tavlen er uten tekst. Ved Strand er effekten størst med den mest kompliserte beskjeden "Europaveg 18...".

Forskjellene er testet med khi-kvadrat.. Det er signifikant flere biler som bremser når det er tekst på tavlen, både ved ved Vinterbro ($\chi^2 = 20,755$; $df = 1$; $p < .001$) og ved Strand ($\chi^2 = 211,780$; $df = 1$; $p < .001$).

Forskjellene mellom de tre tekstvariantene ved Strand er også signifikant ($\chi^2 = 9,779$; $df = 2$; $p < .05$). Andel biler som bremser er størst med tekst "Europaveg 18...".

4.4 Avstand til forankjørende

Avstander mellom bilene ble analysert både ved Vinterbro og ved Strand ved hjelp av data om passeringstidspunkter fra hastighetsmålerne (se avsnitt 3.3.6).

Standardavvik for avstandene mellom bilene er vist i tabell 10. Standardavvikene ble sammenlignet mellom tekst- og referansebetingelsene ved hvert registreringspunkt med Levenes test for "equality of variances".

Tabell 10: Standardavvik for tidsavstand (sekunder) mellom biler ved Vinterbro og Strand, med og uten tekst på tavlene.

Registreringspunkt		Vinterbro			Strand		
		ingen tekst	tekst	sign.	ingen tekst	tekst	sign.
1	N	281	187		1522	1332	
	SD	16,0	15,3	ns	3,7	4,3	< .001
2	N	275	180		1513	1312	
	SD	15,3	15,7	ns	3,7	4,3	< .001
3	N	282	193		1494	1317	
	SD	15,1	15,3	ns	3,8	4,5	< .001
4	N	288	193		1501	1300	
	SD	15,0	15,0	ns	3,7	4,2	< .001
5	N	285	200		1511	1309	
	SD	14,9	14,8	ns	3,7	4,2	< .001

* Levenes test for equality of variances

Kilde: TØI rapport 799/2005

Ved Vinterbro er det ingen signifikante forskjeller mellom standardavvik med og uten tekst. Ved Strand er derimot standardavvikene større med enn uten tekst. Forskjellene er signifikante allerede fra første registreringspunkt og ser ikke ut til å forandre seg vesentlig. Det betyr at de muligens ikke skyldes teksttavlen, men forskjellene i trafikk tetthet.

4.5 Oppsummering

Rutevalg

Teksttavlene når i stor grad målet om å påvirke bilistenes rutevalg. Ca. hver femte bil endret kjøreretningen umiddelbart, og bare få biler kjørte fram til den (påstått) stengte Festningstunnelen. Denne effekten er stort sett uavhengig av hvilken tekst som blir vist på tavlen, men både i pilot- og i hovedstudien var det noen flere bilister som umiddelbart endret kjøreretningen når det sto mer komplisert tekst på tavlen.

På grunn av den store andelen bilister som ikke endret kjøreretningen umiddelbart men senere, er det sannsynlig at mange av bilistene er lokalkjente og vet at det finnes flere og mer hensiktsmessige avkjøringsmuligheter før den stengte tunnelen.

Sikkerhetsrelevant atferd: Hastighet, bremseatferd og avstander

Teksttavlene fører til at mange bilister bremses, slik at gjennomsnittshastigheten reduseres betydelig. Teksttavlene fører til en hastighetsreduksjon på mellom 4,7 og 6,0 km/t. Denne reduksjonen er omtrent like stor som effekten som kan forventes av en nedskilting av kjørefart fra 80 til 70 km/t (reduksjon i fart med mellom 2,1 og 4,1 km/t; Ragnøy, 2004) og større enn hastighetsreduksjonen på grunn av

teksttavler som varsler om glatt føre (gjennomsnittlig hastighetsreduksjon med 1-2 km/t; Luoma, Rämä, Penttinen & Anttila, 2000).

Både bremseatferd og hastighetsreduksjon er stort sett uavhengig av hvilken tekst som blir vist på tavlene. Forskjellene mellom tekstvariantene er små men identiske for bremseatferd, hastighetsreduksjon og rutevalg, med større effekter av de mer kompliserte tekstene.

Til tross for den store effekten teksttavlene har på hastigheten ble det funnet bare små effekter på standardavvik for hastighet og på avstand mellom bilene.

At standardavviket for hastigheten i liten grad ble påvirket av teksttavlen, kan forklares med at bilister på alle hastighetsnivåer reduserte hastigheten, dvs at hastighetsfordelingen ikke forandret formen. Standardavvikene for hastigheten ble analysert fordi større forskjeller i hastighet fører til økt konfliktpotensial. Resultatene med hensyn til konfliktpotensial på grunn av hastighetsforskjeller kunne muligens ha sett annerledes ut hvis man hadde analysert forskjellene i standardavvikene for hastighetsforandringer, basert på hastighetsprofiler for hver enkelt bil.

Det kan tenkes at hastigheten når det er tekst på tavlen reduseres mest blant dem som kjører fortest. Dette vil bidra til å redusere standardavviket, og vi får dermed en effekt som motvirker en eventuell økning i hastighetsspredning blant dem som kjører saktere.

Avstandene mellom bilene ser heller ikke ut til å være påvirket av teksttavlen, men det er to faktorer som bidro til en stor andel feilvarians: Biler som kjører bak hverandre kan kjøre i hver sitt kjørefelt, og passeringstidspunktene ble registrert med en nøyaktighet på bare 1 sekund. For å få et mer pålitelig datagrunnlag er det nødvendig å registrere tidsforskjeller mellom hvert par av biler som kjører etter hverandre i samme kjørefelt med en nøyaktighet på minst 0,1 sekund og i tillegg ta hensyn til hastigheten. En annen faktor som kan ha bidratt til at det ikke ble funnet forskjeller i den forventede retningen, er at det ble valgt perioder der trafikk tettheten er så lav at bilistene kan velge hastigheten relativt fritt. Resultatene vil kunne se helt annerledes ut i tettere trafikk.

Det ble ikke observert noen ulykker i forsøksperiodene.

5. Konklusjoner

Resultatene diskuteres i de følgende avsnittene med hensyn til målsettingene med trafikkinformasjon, dvs. å styre trafikken og å unngå ulykkesrisiko. Vi ser på hvordan resultatene kan forklares ut fra virkninger på oppmerksomhet, og ut fra hvilke egenskaper ved trafikkinformasjonen som kan tenkes å være relevante.

5.1 Trafikkstyring

Det primære målet med teksttavlene som studeres i denne rapporten, er å påvirke bilistenes rutevalg. Dette målet blir nådd på forskjellige måter. En del av bilistene fulgte anbefalingen på tavlen og valgte den anbefalte alternative ruten, mens en annen del av bilistene valgte andre muligheter for å unngå den stengte veglenken. Teksttavlene og beskjedene er åpenbart egnet til å påvirke både lokalkjente og ikke lokalkjente. Det var bare et fåtall bilister som kjørte fram til den påstått stengte veglenken.

Hvordan virkningene blir oppnådd, og hvordan de henger sammen med oppmerksomhet og ulykkesrisiko kan uansett være forskjellig avhengig av egenskaper ved trafikkinformasjonen, trafikksituasjonen og bilistene.

5.2 Ulykkesrisiko

De positive virkningene av teksttavlene som er vist i denne undersøkelsen, ser ut til å oppnås delvis på bekostning av økt ulykkesrisiko. Det foreligger ingen data om ulykker, men situasjoner som oppstår når enkeltbilister bremser mens andre ikke gjør det, kan føre til konflikter og dermed øke risikoen for ulykker.

Hvis antall biler som bremset på grunn av teksttavlene indikerer hvor mange som har problemer med å oppfatte og forstå beskjeden, så er dette klart flere enn de 15% som blir generelt akseptert i planlegging av vegsystemet (Armstrong & Upchurch, 1994).

Virkningene på ulykkesrisiko kan på samme måte som virkningene på trafikkstyring tenkes å variere mellom bilister og kan også avhenge av forskjellige egenskaper ved trafikkinformasjonen.

5.3 Oppmerksomhet

Virkninger av trafikkinformasjon både på trafikkstyring og ulykkesrisiko kan forklares ut fra endringer i bilistenes oppmerksomhet. Resultatene kan ikke uten videre overføres til andre former for trafikkinformasjon, men på bakgrunn av virkningene på oppmerksomhet kan de peke på mulige virkninger også av annen trafikkinformasjon.

Forutsetninger for virkningen på *trafikkstyringen* er at trafikkinformasjonen blir sett, korrekt oppfattet, prosessert og omsatt i adekvate handlinger. Hvordan informasjonen blir prosessert og omsatt i handlinger kan være forskjellig. Bruk av variable tekstavler for anbefaling av alternativ kjørerute forutsetter at bilistene kjenner den alternative ruta eller lett kan finne den ut fra vegvisningsskilt. Valg av

en annen enn den anbefalte alternative ruta forutsetter at kjennskapen til vegnettet blir aktivert slik at en beslutning om hvilken rute som skal velges kan bli tatt. Den første varianten krever i større grad visuell oppmerksomhet, mens den andre varianten forutsetter en del tankevirksomhet og i tillegg kan kreve økt visuell oppmerksomhet for å søke informasjon som kan være nyttig i beslutningen.

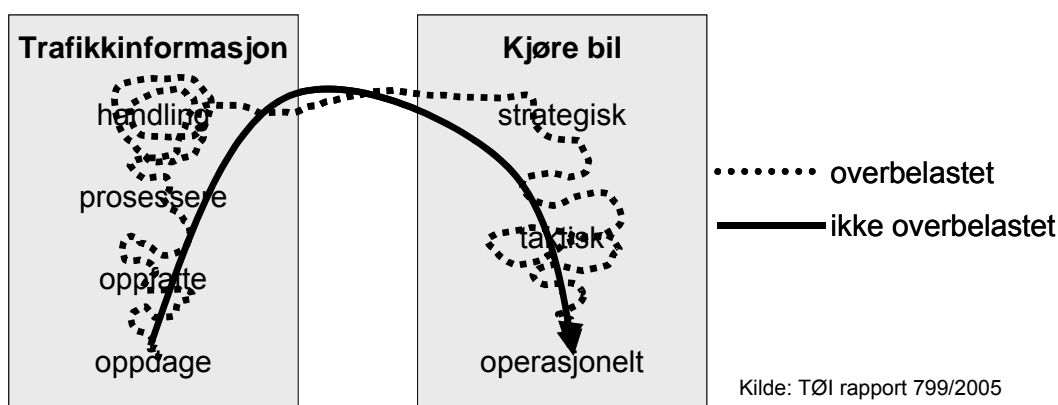
I de tilfellene der rutevalget ikke blir forandret på grunn av trafikkinformasjonen (bilene som kjører fram til den stengte veglenken) er det ikke mulig å si i hvilken grad oppmerksomhet er involvert. Teksttavlen kan ha blitt oversett, teksten ikke oppfattet, beskjeden misforstått, ignorert eller glemt, eller den riktige avkjøringsmuligheten ble ikke funnet.

Bruk av oppmerksomhet på trafikkinformasjon kan på flere måter ha bidratt til *sikkerhetsrelevante effekter* på hastighet og bremseatferd. Bilistene kan ha redusert hastigheten

- som orienteringsreaksjon for å finne ut om informasjonen er relevant for dem,
- for å få tid til å kunne lese beskjeden på tavlen,
- for å søke tilleggsinformasjon (vegvisningsskilt),
- for å avlaste bilkjøringsoppgaven fra oppmerksomhetskrav,
- fordi de glemte å opprettholde trykket på gasspedalen, eller
- fordi bilen foran bremses.

Med hensyn til konfliktpotensial kan disse reaksjonene tolkes som risikofaktorer eller som avvergesreaksjoner mot konflikter eller overbelastet oppmerksomhet.

Siden de fleste bilene forandret rutevalg men ikke alle bilene bremses, må det ha vært bilister som ikke reagerte på trafikkinformasjonen med overbelastning av oppmerksomheten, men kjørte med uforandret (og delvis veldig høy) hastighet og likevel forsto beskjeden på tavlen.



Figur 14: Informasjonsbearbeidingsprosesser med og uten overbelastning

Informasjonsbearbeidingsprosessene med og uten overbelastning av oppmerksomhetskapasitet er vist i figur 14. Den prikkete linjen viser informasjonsbearbeidingsprosessen hos en bilist som må bruke mye oppmerksomhet på å bear-

beide trafikkinformasjonen og følgelig også til å kjøre bil. Den heltrukne linjen viser en mer vellykket informasjonsbearbeidingsprosess.

Hvilken type informasjonsbearbeidingsprosess trafikkinformasjon resulterer i er avhengig av egenskaper ved bilisten, trafikksituasjonen, omgivelsene og trafikkinformasjonen. På hvilken måte trafikkinformasjonen kan bidra til at informasjonsbearbeidingsprosessen følger den heltrukne linjen i figur 14, diskuteres nedenfor.

5.4 Trafikkinformasjon

Utforming og plassering av trafikkinformasjon har betydning for hvor mye oppmerksomhet bilister bruker på å lese og forstå beskjedene. De teoretiske og empiriske analysene i denne rapporten har vist at virkningene av trafikkinformasjon på trafikkestyring og på ulykkesrisiko i stor grad henger sammen. På bakgrunn av disse analysene kan det pekes på flere egenskaper ved trafikkinformasjon generelt som er relevante for effektene og som kan knyttes til trinnene i informasjonsbearbeidingsprosessen.

Trafikkinformasjonen må

- bli oppdaget,
- bli korrekt oppfattet,
- bli prosessert med et resultat som stemmer overens med budskapet og
- føre til en tilsvarende handling.

Hvilke konkrete egenskaper ved trafikkinformasjonen som virker på hvilke krav, kan være helt forskjellig, men et generelt krav til tiltak i trafikken er at de skal være mest mulig konsistente og tilsvare trafikantenes forventninger (Sagberg, 2003).

Nedenfor diskuteres noen konkrete egenskaper ved variable teksttavler som er definert i Statens vegvesens Håndbok 053 (se avsnitt 2.1), på bakgrunn av de teoretiske analysene og empiriske resultatene i denne rapporten.

Teknisk utforming

Lesbarheten av teksten er mindre god enn den kunne være med bedre skiltteknologi. En del av oppmerksomheten som ble brukt på teksttavlene kan derfor ha vært nødvendig bare for å kunne lese teksten. De negative effektene på oppmerksomhet som fører til de store effektene på hastighet og bremsing kunne bli mindre med bedre lesbar tekst.

Bruk av tekst eller symboler

Teksttavlene viser bare tekst og ingen symboler eller trafikkskilt. Det første inntrykket bilførerere får av teksttavlen bidrar på ingen måte til at de kan danne seg (korrekte) forventninger om hva som står på tavlen. Siden forventninger kan forenkle den videre informasjonsbearbeidingsprosessen, kan dette også ha bidratt til større krav på oppmerksomhet enn nødvendig.

Oppbygging og utforming av budskapet

Teksten på tavlene i denne undersøkelsen består av 4 linjer, de første to linjene brukes for stedsbeskrivelse. I følge Håndboka skal bare 3 linjer brukes. Den mer utførlige stedsbeskrivelsen kan ha ført til bedre forståelse men også til mer distraksjon. I tillegg er anbefalingen om å velge en alternativ rute formulert "Velg ..." eller "Alternativ rute..." istedenfor de anbefalte formuleringene i Håndbok 053. "er nå..." i tillegg til "stengt" er heller ikke inkludert i listen over mulige formuleringer og "Europaveg" forkortes alltid med "E". Konsistens i oppbyggingen av budskapet og formuleringene kan også tenkes å bidra til hvor store krav som stilles til oppmerksomhet.

At de mer kompliserte formuleringene med større avvik fra Håndboken førte til litt større effekter på rutevalg, hastighet og bremseatferd kan tolkes dit hen at slike formuleringer faktisk tiltrekker seg oppmerksomheten i større grad, med både ønskede og uønskede virkninger.

Konsistens

Variable trafikkskilt formidler informasjon som ikke er forventet og kan formidle forskjellige beskjeder på samme skilt. De har derfor i en viss grad "innebygd" inkonsistens. Faktorer som likevel kan bidra til mest mulig konsistens er blant annet

- formuleringer,
- antall rader med tekst,
- rekkefølge av budskapselementene (som varierer etter Håndbok 053 avhengig av lokaliseringen av hendelsen som blir varslet),
- skilteknologi,
- bruk av farger, symboler og trafikkskilt i tillegg til teksten.

Fartsgrenser

Fartsgrensen på en vegstrekning bidrar, i kombinasjon med andre vegegenskaper, til hvor store krav som stilles til bilførerne og hvor mye som skal til av andre krav, for eksempel fra trafikkinformasjon, før oppmerksomheten overbelastes. Å supplere variabel trafikkinformasjon som er relevant for alle trafikanter, med variable fartsgrenser kunne derfor føre til en bedre tilpasning mellom den oppmerksomhet som må brukes til å kjøre bil og den som kan brukes på trafikkinformasjon.

5.5 Videre forskning

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at det er behov for mer kunnskap om virkningene både av ulike egenskaper ved teksttavler og av trafikantinformasjon mer generelt. Noen konkrete problemstillinger for videre undersøkelser kan være:

- I hvilken grad er fartsreduksjon før teksttavlene en funksjon av leseavstand? Kan en unngå store fartsreduksjoner og plutselig oppbremsing ved å utforme og plassere tavlene slik at de kan leses over en lengre avstand? Det ideelle ville være å kunne presentere informasjon på en slik måte at den ikke fører til forstyrrelser i trafikken. Økning av leseavstanden kan oppnås både ved å øke

størrelsen på teksten og ved å plassere tavlene på steder med lengre siktstrekning.

- I hvilken grad oppstår det farlige situasjoner knyttet til oppbremsing? Dette spørsmålet kan undersøkes ytterligere ved å gjøre en tilsvarende undersøkelse hvor tidsluker mellom biler i samme kjørefelt registreres med en mer nøyaktig målemetode enn den som ble benyttet i denne undersøkelsen.
- I hvilken grad skjer det ulykker i forbindelse med oppbremsing foran teksttavler? Forutsatt at det finnes data om når tavlene har vært aktivert, vil det være mulig å beregne ulykkesfrekvens med og uten tekst, ut fra tidspunkt for ulykkene.
- Er det noen sammenheng mellom teksttavlenes oppmerksomhetsvekkende effekt og i hvilken grad anbefalingene følges? Mer nøyaktig informasjon om bilistenes beslutninger ville en kunne få ved å stoppe et utvalg førere som har passert en teksttavle, og intervju dem. Dersom en i tillegg har atferdsdata knyttet til hver enkelt bil, vil en også kunne undersøke om det er noen sammenheng mellom endringene i kjøreatferd og relevansen av budskapet for den enkelte fører.
- I hvilken grad kan effekter av trafikkinformasjon på oppmerksomhet fanges opp av andre indikatorer på kjøreatferd enn fart? De mest aktuelle er variasjon i sideplassering og tidsluker til forankjørende. Dette krever at alle målingene kan knyttes til enkeltbiler.
- Hvilke egenskaper ved trafikkinformasjon påvirker i hvilken grad den er oppsiktvekkende og/eller distraherende? Det er for eksempel mulig å understreke viktigheten av beskjedene med blinkende lamper eller blinkende tekst. Beskjedene kan også antas å være mer oppsiktvekkende når det ikke alltid står tekst på tavlene. Når det alltid står tekst på tavlene, blir den distraherende effekten muligens redusert, men samtidig kan antall bilister som følger beskjedene også bli redusert. Tekst på tavlene når det ikke foreligger aktuelle trafikkale hendelser, kunne for eksempel være beskjeder om at tavlen er i bruk eller annen informasjon som ikke umiddelbart er trafikkrelevant. Slike beskjeder er det ikke lov å bruke i Norge, men i andre europeiske land.
- Hvilke egenskaper ved trafikkinformasjon påvirker hvordan beskjedene knyttes til konkrete handlinger? Det er en spesiell utfordring å formidle handlingsrelevant informasjon med tekstlige beskjeder. I hvilken grad informasjon formidles mer effektivt dersom teksten suppleres med symboler eller standardtrafikkskilt, kan undersøkes ved hjelp av spørreundersøkelser, simuleringer eller eksperimentelle studier.
- Hvilke aspekter ved vegmiljøet må det tas hensyn til ved plassering og utforming av trafikkinformasjon, og spesielt av variable teksttavler? Dette spørsmålet kunne undersøkes ved hjelp av kombinerte oppgave- og belastningsanalyser i virkelige trafikksituasjoner, eller simulatorundersøkelser.

For å få mer grunnleggende kunnskap om hvilken betydning bilføreres oppmerksomhet, informasjonsbearbeiding og mentale belastning har når det gjelder å oppfatte trafikkinformasjon og å omsette informasjonen i handling, er det mulig å gjennomføre eksperimentelle studier med testpersoner, hvor en måler ulike indikatorer på informasjonsbearbeiding. I tillegg til hastighet og bremsing kan det

være aktuelt å registrere rattbevegelser, blikkbevegelser eller fysiologiske reaksjoner (f.eks. er variasjon i pulsfrekvens en mye brukt indikator på mental belastning). Mental belastning kan også undersøkes ved å gi testpersonene ulike tilleggsoppgaver å utføre, samtidig som en registrerer både kjøreatferd og oppfattelse av trafikkinformasjon. Slike studier kan eventuelt gjennomføres i kjøresimulator.

6. Referanser

- Allen, T.M., Lunefeld, H. & Alexander, G.J. (1971). Driver information needs. *Highway Research Record* 366, 102-115.
- Annino, J.M. (1998). *The effects of ITS technology on accident rates*. Toronto, Ontario: Institute of Transportation Engineers, Annual meeting papers.
- Anttila, V., Luoma, J. & Rämä, P. (2000). Visual demand of bilingual message signs displaying alternating text messages. *Transportation Research F* 3(2), 65-74.
- Armstrong, J.D. & Upchurch, J.E. (1994). Human factors design considerations for variable message freeway signs. *Journal of Transportation Engineering*, 120, 264-282.
- DeCraen, S. & DeNiet, M. (2002). *Extra information on dynamic message signs: Possibilities and effects*. Leidschendam: SWOV.
- Elvik, R. & Christensen, P. (2004). *An assessment of potential impacts on road safety of traffic warning systems*. TØI Report 747. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Embrey, D. E., & Reason, J. T. (1986). *The application of cognitive models to the evaluation and prediction of human reliability*. Paper presented at the International Topical Meeting on Advances in Human Factors in Nuclear Power Systems, Knoxville, Tennessee.
- Erke, H. & Gottlieb, W. (1980). *Psychologische Untersuchung der Wirksamkeit von Wechselverkehrszeichenanlagen*. Bonn-Bad Godesberg: Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau.
- Groeger, J.A. & Chapman, P.R. (1996). Judgement of traffic scenes: The role of danger and difficulty. *Applied Cognitive Psychology* (10), 349-364.
- Hacker, W. & Richter, P. (1984). *Psychische Fehlbeanspruchung: psychische Ermüdung, Monotonie, Sättigung und Stress*. Heidelberg: Springer.
- Hacker, W. (1998). *Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Bern: Hans Huber.
- Hagman, R., Augusti, E.M. & Haga, S.M. (2005). *Pilotprosjekt – Trafikkinformasjon og bilføreres oppmerksomhet (Vegdirektoratets etatsprosjekt "ITS på veg")*. TØI-arbeidsdokument SM/1667/2005.
- Halloin, D.M. (1996). *Impediments to the effective use of portable variable message signs at freeway work zones*. Texas: Texas A&M University, Compendium: Graduate Student Papers an Advanced Surface Transport Systems.
- Hancock, P. A., & Verwey, W. B. (1997). Fatigue, workload and adaptive driver systems. *Accident Analysis and Prevention* 29, 495-506.
- Harjula, V., Luoma, J. & Rämä, P. (1998). *Acceptance of variable message signs displaying bilingual messages by turns*. Proceedings of the 5th World Congress

- on Intelligent Transport Systems, 12-16 October 1998, Seoul, Korea. Paper no. 2074.
- Hitchings, D. (2001). *Lowercase-font set development for variable message signs*. Washington: ITS America.
- Hollnagel, E. (1998). *Cognitive Reliability and Error Analysis Method*. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Kulmala, R. & Rämä, P. (1996). The effects of weather and road condition warnings on driver behaviour. Prague: Proceedings of the conference Road Safety in Europe and Strategic Highway Research Program, 169-178.
- King, G.F. & Lunefeld, H. (1971). *Development of information requirements and transmission techniques for highway users*. NHCR report 123. Washington D.C.: Highway Research Board.
- Luoma, J. Rämä, P., Penttinen, M. & Anttila, V. (2000). Effects of variable message signs for slippery road conditions on reported driver behavior. *Transportation Research F* 3(2), 75-84.
- Luoma, J. Rämä, P. & MacLaverly, K (2001). Understanding control strategies and technical features of VM signs. *Traffic Engineering & Control* 42(5), 168-170.
- McKenna, R.Q. (2001). *High technology, smart solutions*. High technology international, 119-20.
- McCoy, P. & Pesti, G. (1999). *Incident management – changeable message sign deployment guidelines*. Report 12. Lincoln: University of Nebraska.
- McKenna, F.P. & Krick, J. (1994). Hazard perception in drivers: A methodology for testing and training. *Contractor Report 313*. Crowthorne: Transport Research Laboratory.
- Montoro, L., Lucas, A. & Blanch, M.T. (2004). *Specific design parameters: VMS part I*. Human Factors of Transport Signs. Boca Raton, LF: CRC Press.
- Parentela, E. & Eskander, N. (2001). *Effectiveness of changeable message signs on Los Angeles freeways*. Conference proceedings: Improving Transportation Systems Safety and Performance, Monterey, California.
- Peeta, S. Ramos, J.L. & Pasupathy, R (2000). Content of variable message signs and on-line driver behavior. *Transportation Research Record*, 1725, 102-108.
- Picado, R. (1998). *Route guidance - ITS decision report*. California: Department of Transportation.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13, No. 3, 257-266.
- Ragnøy, A. (2004). *Endring av fartsgrenser. Effekt på kjørefart og ulykker*. TØI-rapport 729. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing in human-machine interaction*. (Vol. 12). New York: Elsevier Science Publishing Co., Inc.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge: University Press.

- Reason, J. (1994). *Menschliches Versagen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Richards, A. (2000). *VMS in Southampton: A case study*. Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Transport Systems, Italy: Turin, 6-9 Nov.
- Rämä, P. & Kulmala, R. (2000). Effects of variable message signs for slippery road conditions on driving speed and headways. *Transportation Research, Part F*, 3, 85-94.
- Rämä, P., Luoma, J. & Harjula, V. (1999). Distraction due to variable speed limits. *Traffic Engineering & Control*, 41, 428-430.
- Sagberg, F. (2005). *Praktisk bruk av tester på fareoppfattelse hos bilførere – forprosjekt*. TØI-rapport 772. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sagberg, F. (2003). *Påvirkning av bilførere gjennom utforming av vegsystemet*. TØI-rapport 648. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Statens vegvesen (2004). *Bruk av variable trafikkskilt, retningslinjer*. Håndbok 053. Oslo: Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen (2005). *Trafikksikkerhetsutstyr, retningslinjer*. Håndbok 062. Oslo: Vegdirektoratet.
- Elvik, R., Mysen, A.B. & Vaa, T. (1997). *Trafikksikkerhetshåndbok*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Wendelboe, J.T. (2003). *Traffic management applications on the Køge Bugt motorway, Denmark*. Report VIKING MIP2002.
- ViaNova (2003). *Statens vegvesens etatsprosjekt ITS på veg*. ViaNova Plan og Trafikk AS.
- Vaa, T. Glad, A., Sagberg, F., Bjørnskau, T., Berge, G. (2002). *Faktorer som påvirker kjørefart – Litteraturstudier og hypoteser*. TØI-rapport 601. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Zimolong, B. (1982). *Verkehrskonflikttechnik, Grundlagen und Anwendungsbeispiele*. Unfall- und Sicherheitsforschung. Institut für Psychologie, im Auftrag von BASt. Heft 35. Braunschweig: TU Braunschweig.

Transportøkonomisk institutt

Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

- utfører forskning til nytte for samfunn og næringsliv
- har rundt 70 forskere med høy, flerfaglig samferdselskompetanse
- samarbeider med en rekke samfunnsinstitusjoner, forsknings- og undervisningssteder i Norge og i utlandet
- gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag av høy kvalitet innen områder som trafiksikkerhet, kollektivtransport, miljø, reisevaner, reiseliv, planlegging, beslutningsprosesser, transportøkonomi og næringslivets transporter
- driver aktiv forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, internett, tidsskriftet Samferdsel og andre nasjonale og internasjonale tidsskrifter

Transportøkonomisk institutt

Stiftelsen Norsk senter
for samferdselsforskning
P.b. 6110 Etterstad
0602 Oslo

Telefon 22 57 38 00

www.toi.no