

# TRAFIKANTERS VURDERING AV FART OG AVSTAND

## Bakgrunnsnotat

### Innhold

1 Innledning .....	3
2 Visuelle holdepunkter for persepsjon av fart og avstand .....	3
3 Øyehøyde og fartsfølelse.....	5
4 Bilføreres vurdering av sikkerhetsmarginer ved forbikjøring.....	5
5 Vurdering av "time-to-contact" (TTC) og tidsluke til forankjørende.....	9
6 Er det noen sammenheng mellom alder og persepsjon av fart og avstand?...	11
7 Gjennomgang av forskningsrapporter .....	12
8 Litteraturhenvisninger .....	21

*Dette materialet er ikke offentliggjort. Det kan brukes kun i den saklige sammenheng det er gitt.  
Det skal ikke tas noen form for kopier til annen bruk eller spredning.  
Unntak må klareres med TØI.*



## 1 Innledning

Denne litteraturstudien er en del av det nordiske samarbeidsprosjektet ”Dimensjonsgivende trafikant”, hvor siktemålet er å beskrive ulike kjennetegn ved trafikantene, som kan danne grunnlag for bedre veiutforming. Den handler om temaet ”trafikantenes vurdering av fart og avstand”. Hovedkonklusjonene fra litteraturgjennomgangen er presentert i en egen sammenfatning, mens dette dokumentet er et bakgrunnsnotat med mer detaljert gjennomgang av forskningslitteraturen (med referanser).

Datagrunnlaget er forskningslitteratur i form av artikler, rapporter, bøker og bokkapitler. Mesteparten av litteraturen er hentet fra en lokal database vi har bygd opp gjennom en årrekke med forskning innenfor trafikksikkerhetsfeltet, i forbindelse med flere prosjekter med tilknytning til de nevnte temaene. I tillegg er det foretatt søk i databasen ISI Web of Science.

## 2 Visuelle holdepunkter for persepsjon av fart og avstand

Før vi beskriver forskningen om bilføreres persepsjon av fart og avstand, vil vi gi en kort presentasjon av grunnleggende viten om de perseptuelle holdepunkter (informasjon fra omgivelsene) som danner grunnlaget for opplevelse av bevegelse og avstand mer generelt.

Grunnlaget for all persepsjon av hastighet er persepsjon av *relativ bevegelse*. Opplevelsen av egen kjørehastighet er først og fremst bestemt av bevegelsen i forhold til omgivelsene. Gibson (1950) beskriver grunnlaget for hastighetspersepsjon som ”retinal streaming” eller ”optic flow”, som beskriver det forholdet at bevegelser i rommet representeres todimensjonalt på netthinnen som relative bevegelser av de ulike delene av synsfeltet. Eksempelvis vil en bevegelse mot observatøren i rommet transformeres til en sideveis bevegelse mot periferien av synsfeltet, utover fra det punktet som utgjør fokus for bevegelsesretningen (”ekspansjonsfokuset”). Hastigheten på bevegelsen av objekter mot periferien av synsfeltet gir et grunnlag for persepsjon av egen bevegelsehastighet framover. Men hastighetsfølelsen bestemmes i tillegg av kontrast, tekstur eller luminans av objektene i synsfeltet, og i følge Kemeny og Panerai (2003) undervurderes farten dersom kontrast, tekstur eller luminans reduseres. En analyse av hvordan persepsjonen av de relative bevegelsehastighetene i synsfeltet utnyttes ved bilkjøring er presentert av Gordon og Michaels (1963).

Forholdet mellom bevegelsehastighetene for nære og fjerne objekter gir også informasjon om hastighet. Såkalt *bevegelsesparallakse*, dvs. at nære objekter synes å bevege seg raskere enn dem som er langt borte, og at nære og fjerne objekter kan se ut til å bevege seg i motsatte retninger (f.eks. trær langs veien ser ut til å passere bakover, mens månen på himmelen ser ut til å følge med i bevegelsesretningen), bidrar til opplevelse av hastighet. Det må derfor antas at veiens omgivelser påvirker hastighetsfølelsen avhengig av topografi og tilstedeværelse av lett synlige objekter i ulike avstander fra veien.

Avstandsvurdering på grunnlag av bevegelsesparallakse påvirkes av observatørens egenbevegelse (Kemeny & Panerai, 2003). Sammenligning mellom vurdering av avstand i simulator og i virkelig trafikk har vist at avstand undervurderes i simulator, hvor bevegelsesparallaksen ikke påvirkes av førerens egenbevegelse. Dette skyldes at det visuelle bildet i simulatoren bare er todimensjonalt, og den simulerte bevegelsesparallaksen (ulik bevegelse av "nære" og "fjerne" objekter i bildet) er derfor uavhengig av observatørens ståsted.

Vi kjenner ikke til at betydningen av perspektivforandringer for opplevelse av kjørehastighet har vært undersøkt systematisk. Imidlertid har det vært antydning at stolper langs veien kan gi økt hastighetsfølelse og dermed lavere kjørehastighet (Sakshaug, 1986).

Den motsatte situasjonen har en ved kjøring i tunneler, hvor all informasjon på sidene befinner seg praktisk talt i ett plan (tunnelveggen). Dette betyr at holdepunktene for bevegelsesparallakse er få, og en rimelig hypotese er at dette reduserer følelsen av hastighet, dvs. at en blir mindre følsom for hastighetsendringer. I tunneler med sterk stigning kompliseres dette ytterligere ved at holdepunktene for stigning i stor grad mangler, sammenlignet med kjøring i dagen, noe som kan bidra til større hastighetsforskjeller mellom nedover- og oppoverbakker i tunneler enn ved kjøring i dagen.

Også auditive holdepunkter kan være viktige for hastighetsfølelsen, men da dreier det seg helst om *lærte* sammenhenger mellom f.eks. motorlyd eller vindsus og hastighet.

Hoffmann og Mortimer (1996) undersøkte bilføreres evne til å oppfatte hastighetsforskjeller mellom kjøretøyer (relativ hastighet) på basis av endringer i synsvinkel. Bare dersom endringen i synsvinkel (vinkelhastighet) er raskere enn  $0,003 \text{ rad/sekund}^1$ , er personer i stand til å skalere relativ hastighet. Dette betyr bl.a. at førere ikke er i stand til å vurdere hastigheten til møtende kjøretøyer ved forbikjøring, fordi beslutningen om forbikjøring må tas når bilen er så langt borte at vinkelhastigheten er under denne terskelen.

Det er viktig å påpeke at dette gjelder forbikjøring på rett strekning, hvor møtende bil befinner seg i fokus for observatørens bevegelsesretning. Imidlertid vil situasjonen være noe annerledes dersom veien går i en kurve; da vil det skje en sideveis forflytning av møtende bil i synsfeltet når denne beveger seg mot observatøren. Hastigheten på denne sideforflytningen vil kunne gi et holdepunkt for vurdering av kjørefarten til møtende bil i tillegg til det en får gjennom endring i synsvinkelen. Dette innebærer at det vil være lettere å vurdere farten på møtende bil på en kurvet enn på en rett strekning, og at det dermed også vil være lettere å anslå tilgjengelig strekning for forbikjøring. Vi kjenner imidlertid ikke til studier hvor dette har vært undersøkt.

---

<sup>1</sup> Rad er betegnelse på *radian*, som er en vinkel lik  $180^\circ/\pi$ , dvs. ca.  $57,3^\circ$ . Rad/sekund er et mål på vinkelhastighet, dvs. hvor raskt en vinkel endrer seg, i dette tilfelle *synsvinkelen* et objekt danner.

Når det gjelder kortere avstander, er det vist at førere reagerer raskere på hastighetsreduksjonen hos forankjørende bil enn på bremselysene. Liebermann m.fl. (1995) fant kortere reaksjonstider på faktisk bremsing enn på “juksebremsing” (bremselysene ble tent uten at det ble bremsset). Dette tolkes som at endring i relativ hastighet bedømmes på grunnlag av optisk ekspansjon – dvs. endring i størrelsen av et objekts projeksjon på retina.

For en mer detaljert diskusjon av det perseptuelle grunnlaget for opplevelse av hastighet vises til Riemersma (1984).

Et viktig og vel dokumentert faktum er at bilførere har en tendens til å underestimere sin egen kjørehastighet. (Evans, 1970; Häkkinen, 1963; Triggs og Berenyi, 1982; Milosevic og Milic, 1990; Recarte og Nunes, 1996; Denton, 1966; Conchillo et al., 2000). Dette betyr at førere som ikke kontrollerer hastigheten med speedometeret, stort sett kjører fortere enn de selv tror. En del tidlige studier viste *overvurdering* av farten særlig ved høy fart (Rockwell, 1972); dette kan imidlertid henge sammen med at auditive stimuli bidro til å øke fartsfølelsen i disse studiene. Farten undervurderes mer når en eliminerer auditiv påvirkning i form av dekkstøy, motordur og vindsus. En implikasjon er at farten oppleves mindre i biler som er godt isolert mot lyd og vibrasjoner. Om det er slik at også visuelle holdepunkter ved veiutformingen og veiens omgivelser påvirker hastighetsfølelsen, må en anta at graden av underestimering av hastighet påvirkes av disse forholdene, og at en ved hjelp av visuelle virkemidler vil kunne unngå eller redusere denne underestimeringen.

### **3 Øyehøyde og fartsfølelse**

Observatørens høyde over bakken har betydning for fartsfølelsen. Jo høyere opp, desto mindre fartsfølelse (Kemeny og Panerai, 2003). Dette kan bl.a. forklare at bilførere kjører fortere i biler hvor de sitter høyt enn hvor de sitter lavt (Rudin-Brown, 2004). Dette er også i samsvar med Gibsons teori (1950; 1979) om ”retinal streaming” som visuelt holdepunkt for fartsfølelse.

### **4 Bilføreres vurdering av sikkerhetsmarginer ved forbikjøring**

En stor del av kunnskapen om bilføreres evne til å vurdere fart og avstand kommer fra studier av forbikjøringssituasjoner. Vi vil derfor gi en oversikt over denne forskningen og de viktigste resultatene. Fokuseringen på forbikjøring henger naturlig nok sammen med at en korrekt beslutning om hvorvidt det er trygt å foreta en forbikjøring, bygger på en relativt kompleks vurdering av flere samtidige parametere ved både fart og avstand: (1) egen fart, (2) farten til forankjørende bil, (3) lengden av siktstrekningen (begrenset enten av veiens geometri/topografi eller møtende trafikk), og eventuelt (4) farten til møtende bil.

Det overordnede spørsmålet her er i hvilken grad bilistene foretar korrekte vurderinger av om det er tilstrekkelig tid, når en også trekker inn hensynet til sikkerhetsmargin, dvs. at forbikjøringen skal kunne fullføres trygt uten at verken

møtende eller forankjørende bil må senke farten. I neste omgang er det viktig å få fastslått hvor stor variasjon det er i disse vurderingene, og i hvilken grad vurderingene varierer med verdiene på de nevnte variablene.

Variasjonen i prediksjon av tid for forbikjøring vil kunne ha implikasjoner bl.a. for definisjoner av forbikjøringssikt ved valg av oppmerking (kjørefeltlinje vs. varsellinje/sperrelinje). Denne litteraturgjennomgangen vil danne grunnlag for drøfting av slike implikasjoner i neste omgang.

#### 4.1 Forbikjøring ved møtende trafikk

Implisitt i beslutningen om å foreta en forbikjøring ligger en projeksjon av kjøretøyenes bevegelser fram i tid, og slik at en forventer å ha fullført forbikjøringen en viss tid/avstand (sikkerhetsmargin) før en kommer fram til møtepunktet med bilen som kommer imot, eller til slutten på siktstrekningen. Det interessante spørsmålet er hvor godt samsvar det er mellom de forventede og de faktiske posisjonene kjøretøyene har etter forbikjøringen. Dette er en indikasjon på presisjonen i førerens vurdering av fart og avstand.

Så langt tilbake som i 1939 publiserte Forbes og Matson en studie av forbikjøring basert på filmopptak fra en bil (Forbes og Matson, 1939). Det ble gjort filmopptak og tidsregistrering av biler som kjørte forbi filmbilen. De gjorde en analyse av "clearance times", definert som tidsintervallet mellom fullføring av en forbikjøring og møte med bil i motsatt felt. "Clearance time" kan anses som et mål på sikkerhetsmargin, og de fant at 80 prosent av forbikjøringene ble foretatt med en sikkerhetsmargin på mer enn 1 sekund. Ca. 10 prosent hadde en negativ sikkerhetsmargin, dvs. at møtende bil måtte svinge unna eller bremse for å unngå kollisjon.

Crawford (1963) gjennomførte en serie eksperimentelle undersøkelser av forbikjøring på en flystripe der det var merket opp en vei. Han definerte *terskelverdien* for forbikjøring som tidsluken (fra beslutning om forbikjøring til forankjørende og møtende bil møtes) som ble akseptert i halvparten av tilfellene. I tid ble denne terskelverdien beregnet til  $7,2 s + 200/v$ , hvor  $v$  er relativ fart, dvs. fartsforskjellen mellom forankjørende og møtende bil. Dette betyr at terskelen avtar med økende relativ fart, med 7,2 sekunder som teoretisk minimumsverdi. Med andre ord, førerne aksepterer *kortere tidsmargin* med økende hastighet, og resultatene tyder derfor på økende undervurdering av tidsmarginen når hastigheten øker. Dette er en gjennomsnittlig terskel, med betydelig variasjon rundt denne verdien.

Eksempelvis innebærer formelen ovenfor at gjennomsnittlig forbikjøringsterskel dersom begge bilene kjører i 80 km/t (relativ fart 160 km/t) vil bli 8,45 sekunder, mens 60 km/t (relativ fart 120 km/t) gir 8,87 sekunder. Dersom vi antar at de aller fleste forbikjøring skjer ved relative hastigheter mellom 50 og 200 km/t, vil gjennomsnittlig forbikjøringsterskel variere mellom 11,2 og 8 sekunder.

Målt i avstand vil selvsagt terskelen øke med økende relativ hastighet. Terskelen på 8,45 sekunder ved relativ hastighet 160 km/t innebærer en avstand på 375 m

mellom forankjørende og møtende bil. Ved relativ hastighet på 120 km/t og terskel på 8,87 sekunder blir tilsvarende avstand 295 m.

Dersom en skal legge terskelverdien (50%-fraktilen) for bilførernes vurdering av sikker forbikjøringsstrekning til grunn for oppmerking av forbikjøringsstrekninger, betyr det at minste siktlengde ved 80 km/t må være 375 m og ved 60 km/t 295 m. Til sammenligning er møtesikt for den norske oppmerkingsnormalen satt til 220 m ved 80 km/t og 170 m ved 60 og 70 km/t.

Crawford fant videre at sikkerhetsmarginen avtok jo kortere tid som var tilgjengelig for forbikjøring, og varierte fra 4 sekunder og ned til under 0,5 sekunder. Observasjon av faktisk kjøring i trafikk ga sikkerhetsmarginer som var ca. 1 sekund lengre, men reduksjonen i sikkerhetsmargin med avtagende tidsluke var den samme både i det kontrollerte eksperimentet og i virkelig trafikk, nemlig 0,36 sekunder endring i sikkerhetsmargin pr. sekund endring i tidsluke.

En mulig forklaring på at sikkerhetsmarginene avtok ved kortere tidsmargin kan være at førerne ikke var i stand til å vurdere hastigheten til møtende bil når denne er langt unna. Flere studier viser at evnen til å vurdere hastighet ved lange avstander er dårlig (se Hoffmann & Mortimer, 1996). Det er derfor grunn til å tro at bilførerne vurderer sikkerhetsmarginen bare ut fra *avstanden* til møtende bil, og at hastigheten ikke har noen betydning. Farber et al. (1968) viste at beslutninger om forbikjøring kunne påvirkes ved å gi førere informasjon om hastigheten til møtende biler. De fant også at endringer i farten til bilen foran påvirket beslutningen om forbikjøring selv om tidsluken (relativ fart) var konstant. Det vil si at minste akseptable avstand til møtende bil økte dersom farten til bilen foran økte, selv om farten til møtende bil ble redusert tilsvarende, slik at tilgjengelig tid for forbikjøring var den samme. Dette tyder på at beslutningen om forbikjøring baseres på informasjon om *farten* til bilen foran og *avstanden* til møtende bil. Sannsynligheten for å velge å kjøre forbi ved en gitt avstand til møtende bil øker altså jo saktere bilen foran kjører, og ved en gitt fart for forankjørende bil øker sannsynligheten jo lengre unna møtende bil er, men den er uavhengig av farten til møtende bil. Dette betyr at risikoen for en feilaktig beslutning om forbikjøring er særlig stor i tilfeller hvor bilen foran kjører sakte og møtende bil kjører fort, sammenlignet med det motsatte tilfellet, selv om tidsluke (og relativ fart) er den samme i de to tilfellene.

Dette er også i samsvar med resultatene fra simulatorstudien til Leung og Starmer (2005), som viste at førerne kjørte forbi ved kortere tidsluker når farten til den møtende bilen var høy enn når den var lav. Dette kan skyldes at de ikke var i stand til å oppfatte farten til møtende bil, og at de vurderte tidsluken ut fra avstanden, som var den samme i begge tilfeller.

Jones og Heimstra (1966) fant at førernes estimater av minste tilstrekkelige strekning for forbikjøring var rimelig korrekte i gjennomsnitt, men det var stor variasjon i estimatene, dvs. både under- og overestimering. Førerne kjørte bak en bil og ble bedt om indikere siste sikre punkt for å starte en forbikjøring når det kom bil i mot. Underestimering innebærer at det ville vært farlig å foreta forbikjøringen på det tidspunktet føreren anga som det siste sikre.

En lignende undersøkelse av Gordon og Mast (1968) fant at førere hadde en tendens til å undervurdere nødvendig forbikjøringsstrekning når hastigheten på forankjørende bil var høy. Dette bidrar til å øke sannsynligheten for forbikjøring med økende hastighet. Den faktiske nødvendige strekningen for forbikjøring øker med økende fart, og dette resultatet må bety at den subjektive økningen i nødvendig strekning er mindre enn den faktiske, slik at en velger å kjøre forbi med kortere tidsmargin etter hvert som farten øker. Forfatterne tar disse resultatene som støtte for at det vil være nyttig med oppmerking av forbikjøringssoner. Muligheten for elektroniske systemer for å varsle om det er trygt å kjøre forbi nevnes også.

En kan reise spørsmålet om det forhold at bilførere ikke er i stand til å vurdere farten på møtende biler, har implikasjoner for oppmerking med kjørefeltlinje vs. sperrelinje/varsellinje. Det kan argumenteres for at kjørefeltlinjen (som betyr at sikten framover skal være lang nok for en forbikjøring) kan gi bilførere falsk trygghet i de tilfellene hvor en møtende bil har høy fart. Det kan tenkes at bilføernes vurderinger ville være like sikre om en bare hadde benyttet varsellinje overalt hvor det ikke er sperrelinje (slik det gjøres på veier med fartsgrense 60 km/t lavere i Norge). Vi kjenner imidlertid ikke til at det foreligger forskningsresultater angående bruken av kjørefeltlinje. Imidlertid er det ingen tvil om at overgang til bare to typer midtlinjer er en forenkling som også ville gjøre oppmerkingen lettere å forstå.

#### **4.2 Forbikjøring uten møtende trafikk**

Når det ikke er møtende trafikk, vil forbikjøringsmulighetene være begrenset av siktstrekningen. Normalt vil likevel muligheten for møtende trafikk ha betydning for en beslutning om forbikjøring, i den forstand at en bilfører vil regne med at en bil kan komme imot når som helst etter at forbikjøringen har begynt. Dersom bilføreren benyttet samme sikkerhetsmargin i forhold til en *tenkt* møtende bil der siktstrekningen slutter, som til en *faktisk* møtende bil i samme avstand, ville en forvente samme resultater ved å teste forbikjøring i begge tilfeller.

Farber og Silver (1967) undersøkte forbikjøring i situasjoner der siktstrekningen var begrensende faktor. I dette tilfellet er beslutningen avhengig av relativ fart i forhold til forankjørende bil, samt avstanden fram til det punktet hvor forbikjøringen forventes å være avsluttet.

Ved en gitt tidsavstand til slutten på siktstrekningen, var det flere som kjørte forbi når farten var høy (60 mph) enn når den var lav (45 mph), og det var flere som kjørte forbi når den relative farten var lav (10 mph) enn når den var høy (20 mph). Imidlertid samvarierte den relative farten med farten på forankjørende (og også gjennomsnittet av fartene for forankjørende og passerende), slik at lav relativ fart var korrelert med høy fart på forankjørende bil. Dermed er det vanskelig å si om det er lav relativ fart eller høy fart på forankjørende som øker sannsynligheten for forbikjøring. Det var også samvariasjon mellom forsøksbetingelsene og lengden på forbikjøringsstrekningen, slik at resultatene kan være vanskelige å tolke.



Et interessant funn var likevel at terskelavstanden for forbikjøring var ca. 150m (500 fot), med en variasjon på +/- 60 m (200 fot). Dvs. at ingen kjørte forbi dersom det var mindre enn 90 m til slutten av forbikjøringsstrekningen, og alle kjørte forbi dersom det var mer enn 210 m. Hele forbikjøringsstrekningen var 540 m. Variasjonen på +/- 60 m viser i følge forfatterne "excellent distance judgment". Det bør bemerkes at dette er vesentlig lavere terskler enn det som er påvist i undersøkelser med møtende trafikk, og det kan forklares av at det i dette tilfellet ikke var noen møtende trafikk å ta hensyn til.

Hostetter og Seguin (1969) fant at andelen som kjørte forbi når siktstrekningen var begrenset av veigeometrien, økte fra 27% når fri siktlengde var 330 eller 390 m, til 55 % når siktlengden var 415 m. Dette tyder på at forbikjøringsterskelen her var ca. 400 m. Dette er vesentlig høyere terskelverdier enn i den første studien, noe som kan forklares av at den siste studien registrerte forbikjøringer under kjøring i normal trafikk hvor møtende trafikk kunne påregnes, med skjult kamera, mens den førstnevnte foregikk med instrumentert bil på lukket bane.

Farber (1969) fant at terskelen for forbikjøring var lavere når forbikjøringsstrekningen var begrenset av veigeometri enn når den var begrenset av møtende bil. Terskelen var 840 m ved møtende bil, og 530 m uten møtende bil. Dette viser at sannsynligheten for møtende bil (1 vs. <1) har betydning for beslutningen om forbikjøring. Noe av forklaringen kan også være at førerne vurderte muligheten for møtende bil på grunnlag av at lysene fra den møtende bilen ville være synlige en stund før den kom inn på forbikjøringsstrekningen.

### **4.3 Forbikjøring i mørke vs. dagslys**

Farber (1969) fant at beslutninger om forbikjøring (dvs. ved hvilke avstander førere henholdsvis aksepterte eller avviste en mulighet for forbikjøring) varierte signifikant mer om natta enn om dagen. Farber antyder at det henger sammen med at *evnen til å vurdere avstanden til møtende bil er dårligere i mørke enn i dagslys*, og henviser til et eget eksperiment som har påvist dette. Det kan også hende at det er større individuelle variasjoner med hensyn til hva som oppfattes som en akseptabel avstand for forbikjøring i mørke enn i dagslys.

## **5 Vurdering av "time-to-contact" (TTC) og tidsluke til forankjørende**

En indikator for sikkerhetsmargin som har vært mye benyttet i forbindelse med modellering av bilføreratferd, er såkalt "time-to-collision" eller "time-to-contact" (TTC). Dette er definert som den tiden det ville ta for et objekt i bevegelse å komme i kontakt med et annet objekt dersom bevegelsen fortsetter med konstant fart og retning. Bilførerens mulighet for å kunne kontrollere TTC avhenger derfor av deres evne til samtidig persepsjon av fart og avstand. Og dersom det andre objektet også er i bevegelse, f.eks. en forankjørende bil, er TTC avhengig av *hastighetsforskjellen* mellom bilene, dvs. relativ hastighet.

TTC er relevant i forhold til både forankjørende og møtende trafikk, og i forhold til trafikk fra sideveier. Et typisk tilfelle som ligner på de situasjonene som ofte benyttes i eksperimentelle undersøkelser, er en bil fra en sidevei, som blir skjult av en sikthindring før den dukker fram igjen. For å unngå fare er det viktig at en bilfører ikke overvurderer tiden det tar før bilen kommer fram igjen.

For en teoretisk drøfting og gjennomgang av forskning om TTC, vises til Hancock og Manser (1998), og når det gjelder sammenhengen mellom TTC og tidsluke til forankjørende vises til Marshall et al. (1998). Et relatert begrep er "time-to-line-crossing" (TTLC), som er en indikator på sikkerhetsmargin i forhold til å krysse kantlinje eller midtlinje. TTLC er en funksjon både av fart og av bevegelsesretning. Endringer i disse parametrene har sine paralleller i bilførers persepsjon i form av ulike mønstre av "optical flow" eller "retinal streaming", dvs. transformasjoner av bevegelser i rommet til relative bevegelser innenfor netthinnebildet (Gibson, 1979; Hancock og Manser, 1998).

I følge Hancock og Manser (1998) bidrar følgende faktorer til mer nøyaktige anslag på TTC i forhold til en bil som nærmer seg:

- høy fart på bilen som nærmer seg
- lang observasjonstid
- lang observasjonsstrekning

På denne bakgrunn peker de på viktigheten av at veisystemet utformes med tilstrekkelig lange siktstrekninger, for å unngå kollisjoner som skyldes feilaktig vurdering av TTC.

Flere undersøkelser har vist at egen hastighet påvirker vurderingen av TTC (Gray og Regan, 2000; Gray et al., 2004); dvs. at evnen til å oppfatte relativ bevegelseshastighet er begrenset.

En simulatorstudie av Leung og Starmer (2005) viste en tendens til underestimering av TTC, men denne underestimeringen avtok når førerens egen hastighet økte. Det er også vist at underestimeringen øker proporsjonalt med økningen i faktisk TTC (Hancock og Manser, 1998). Anslagene på TTC ligger rundt ca. 60% av faktisk TCC.

Adaptasjon til optisk ekspansjon (f.eks. ved å kjøre lenge sammenhengende) fører til overestimering av TTC og avstand til forankjørende, og dermed økt risiko for påkjøring bakfra (Gray og Regan, 2000).

Silver og Farber (1968) undersøkte evnen til å bedømme tidsluker og relativ hastighet til forankjørende i forbindelse med beslutning om forbikjøring. Førerne hadde en tendens til å overestimere tidsluken til forankjørende når den relative hastigheten økte; dvs. jo raskere en tok innpå den forankjørende bilen. Dette kan trolig forklare en del ulykker med påkjøring bakfra, hvor en bil med relativt stor fart kjører inn i en saktegående eller stillestående bil, fordi føreren feilvurderer avstanden og bremses for sent.

## 5.1 Bilister akseptering av tidsluker ("gap acceptance")

Hvor korte tidsluker bilistene aksepterer ved kryssing er også en indikasjon på hvordan de vurderer fart og avstand. Harwood et al. (1996, referert av Schieber, 2000) fant f.eks. at bilførere fra en sidevei i gjennomsnitt aksepterer tidsluker på ned til 9,2 sekunder i trafikken på hovedveien. Ifølge Schieber (2000) innebærer AASHTOs modeller for minste sikre siktstrekning en tidsluke på minst 14,1 sekunder, og flere studier har derfor konkludert med at disse verdiene er for konservative og fører til unødvendig dyre løsninger, og at modeller for siktstrekning bør baseres på faktisk kunnskap om hvilke tidsluker bilistene aksepterer i kryss som erfaringsmessig har god sikkerhet.

Det er også viktig å ta hensyn til variasjonen mellom bilister her, og spesielt er det viktig med kunnskap om hvorvidt eldre førere trenger lengre tidsluker. Lerner et al. (1995) sammenlignet tre aldersgrupper mht lengden av minste aksepterte tidsluke ved tre ulike situasjoner når de kom fra en sidevei inn på en hovedvei: fortsette rett fram, svinge til venstre, eller svinge til høyre. De registrerte hvor lang tidsluken måtte være for at henholdsvis 50% og 85% av førerne skulle anse det som sikkert å kjøre. Disse kritiske tidslukene var 1,5 – 2 sekunder lengre for den eldste aldersgruppen (70 år +) enn for den yngste (20-40 år).

Staplin et al. (1997) undersøkte hvilke tidsluker ulike aldersgrupper aksepterte ved venstresving fra en hovedvei når de sto og ventet i venstresving-feltet. De fant at 50%-verdien for førere over 75 år var 6,6 sekunder, mens den var 5,9 sekunder for førere under 75 år.

Schieber (2000) påpeker at det trengs mer forskning for å finne ut hvilke verdier for aksept av tidsluker som skal legges til grunn for beregning av minste sikre siktstrekninger, og at gjeldende krav trolig er rimelig korrekte dersom en legger til grunn tidsluker som aksepteres av 85% av de eldre førerne.

## 6 Er det noen sammenheng mellom alder og persepsjon av fart og avstand?

Som nevnt foran trenger eldre lengre tidsluker for å føle seg trygg på å krysse en annen trafikkstrøm. Imidlertid fant Scialfa et al. (1991) at eldre undervurderer farten ved høye hastigheter. Dessuten overvurderer de avstandene til andre kjøretøy. Begge disse feilvurderingene burde bety at disse førerne lett tror de har mer tid til disposisjon for en manøver (f.eks. en venstresving) enn de faktisk har. Dette synes å stå noe i motstrid til resultatene vedrørende aksept av tidsluker ovenfor. Så her er det behov for mer detaljerte studier for å finne ut hvilke faktorer som påvirker førernes vurdering både av avstand, tid og hastighet ved kryssing.

Scialfa et al. fant også at eldre var mindre sensitive for *endringer* i fart.

Hutton m.fl. (1983) sammenlignet øyebevegelser hos eldre og yngre personer og fant at eldre hadde problemer med å holde blikket festet på objekter som beveger seg. Fikseringen ble "hengende etter" i større grad hos de eldre. I samsvar med

dette fant Shinar og Schieber (1991) at evnen til å oppdage bevegelser, både sideveis og fra-til-bevegelser, var dårligere hos eldre.

## 7 Gjennomgang av forskningsrapporter

Her følger korte sammendrag av utvalgte rapporter om bilførerers persepsjon av fart og avstand, i kronologisk rekkefølge.

### **Greenshields (1935): Distance and time required to overtake and pass cars**

I denne studien filmet man trafikk fra siden og studerte hvilke tidsluker som ble akseptert for forbikjøring på en vei med gjennomsnittsfart ca. 35 mph (56 km/t). Konklusjonen var at nedre grense var 10-11 sek. og 300-480 m fri veistrekning. De konkluderte med at forbikjøring bare burde tillates dersom fri sikt var over 300 m på vei med dette fartsnivået (høyere for veier med større fart).

### **Forbes and Matson (1939): Driver judgments in passing on the highway**

To eksperimenter ble gjennomført:

1) Undersøkelse av "flying pass" (ved observasjon fra forsøksbil som ble forbikjørt av bilister som ikke visste at de ble observert). Resultatet var at slike forbikjøringer forekom sjelden dersom fartsforskjellen var mindre enn ca. 10 km/t.

2) Undersøkelse av "clearance time" ved avsluttet forbikjøring (samme metode som under 1). 20% av bilistene foretok forbikjøring i situasjoner hvor "clearance time" var mindre enn 1 sek. Dette hadde ingen sammenheng med fart. Det var en tendens til å akseptere kortere tider på svingete veier med mer begrensede forbikjøringsmuligheter. Forfatterne anbefaler at 1 sek. "clearance time" inkluderes i beregning av total minstetid for forbikjøringer, i tillegg til persepsjonstid ved starten av forbikjøringen, og tiden selve forbikjøringen tar. Rundt halvparten av førerne lot være å kjøre forbi i situasjoner hvor "clearance time" ville vært større enn den tida de faktisk aksepterte når de kjørte forbi senere. Dette kan tyde på at førernes evne til å vurdere "clearance time" er begrenset. En andel på 10 % *negative* tider (for kort tid til forbikjøring, slik at den møtende og/eller den forbikjørte bilen må bremse eller vike) kan også tyde på dette.

### **Forbes et al. (1958): Measurement of driver reactions to tunnel conditions**

Undersøkelse av tidsluker og trafikkflyt under kjøring i kø i tunnel, både eksperimentelt med instrumentert bil, og ved observasjon av naturlig trafikk. Følgende faktorer førte til økning i tidsluker (og redusert flyt): nedoverbakke, høyrekurver, redusert belysning, og visuell innsnevring av kjørefeltet (rekkverk + smalere midtdeler: smalere vei, men uendret kjørefeltbredde). En interessant konklusjon er at de som et virkemiddel for økt flyt anbefaler å unngå bl.a. visuelle faktorer som øker fartsfølelsen!

### **Crawford (1963): The overtaking driver**

Omfattende artikkel basert på målinger av hvilke tidsluker førere aksepterer for forbikjøring, både i et kontrollert eksperiment og under observasjon av førere i normal trafikk.

I det kontrollerte eksperiment ble det målt gjennomsnittlig største avviste og minste aksepterte tidsluke til møtende bil som funksjon av hastighetsforskjell mellom forankjørende og møtende bil. Intervallet mellom disse kurvene ble antatt å representere betingelser hvor det var vanskelig å ta en beslutning om forbikjøring ("terskelsone").

- Et paradoksal resultat var at responstidene økte når tidslukene avtok og nærmet seg det kritiske intervallet, hvor det var spesielt viktig å reagere raskt dersom en skulle foreta en forbikjøring. Responstidene økte også når tidslukene var særlig lange. Dvs. at føreren tok beslutningene raskest når situasjonen var moderat vanskelig.
- Forbikjøringsstrekningen økte proporsjonalt med farten på forankjørende bil.
- Avstand (front-front) til den forbikjørt bilen idet forbikjøringen var avsluttet, var ca. 11 m, og den varierte ikke signifikant med farten.
- Førerne overvurderte ofte tidslukene ved høy fart.

Observasjonene i normal trafikk ga følgende resultater:

- Terskelen for tidsluke (hvor 50 % av førerne valgte å kjøre forbi) var 11,5 sekunder.
- For forbikjøring av en bil i 80 km/t under ideelle forhold (full akselerasjon) trengs en strekning på ca. 225 m. Merket strekning for fri sikt (kjørefeltlinje) bør derfor være minimum det dobbelte av dette, dvs. 450 m.

### **Todosiev & Fenton (1966): Velocity thresholds in car-following at night**

Dette var en simulatorstudie av kjøring i mørke, hvor en målte terskelen for persepsjon av relativ fart, ved ulike avstander til forankjørende. Avstanden ble simulert ved å variere avstanden mellom baklysene til bilen foran, og terskelen ble målt ved å vise de to baklysene en kort periode. Resultatene ble framstilt som diagrammer hvor terskelen vises som funksjon av eksponeringstid ved ulike avstander. (F.eks. var terskelen for relativ fart 0,7 mph ved en eksponering på 1 sekund og en simulert avstand på 129 fot.). Generelle ligninger for terskel ved henholdsvis positiv og negativ relativ fart er vist i artikkelen. Terskelen var lavere ved simulert mørke (bare to lyspunkter) enn ved simulert dagtid (hele bilen og veien er synlig). Dette forklarer forfatterne med at det er flere forstyrrende elementer i det visuelle bildet på dagtid. I alle fall viser resultatene at endring i synsvinkelen til forankjørende er et viktig holdepunkt for relativ fart.

### **Jones & Heimstra (1966): Ability of drivers to make critical passing judgments**

Bilførerers evne til å estimere minste sikre forbikjøringsstrekning ble undersøkt. Førerne kjørte bak en bil i 60 mph, og når det kom bil i mot, skulle de si "nå" for å angi siste sikre tidspunkt for å starte en forbikjøring. Eksperimentator målte tiden fram til møtende bil var vis à vis forankjørende. Disse tidene ble sammenlignet med faktisk tid brukt til forbikjøring når forsøkspersonen etterpå ble bedt om å kjøre forbi så fort som mulig på en sikker måte.

I gjennomsnitt var anslaget rimelig korrekt, men det var nesten like mange under- som overestimeringer. Underestimering vil si at det ville vært farlig å foreta forbikjøringen på det tidspunktet føreren anga som siste sikre. (cfr. også Gordon & Mast, 1968)

### **Farber, Silver & Landis (1968): Knowledge of closing rate versus knowledge of oncoming-car speed....**

I dette eksperimentet kjørte deltakerne tett bak en annen bil mens det kom en bil i mot på lang avstand. Førerne ble instruert om å kjøre forbi når tidsavstanden til den møtende bilen var 12 sekunder (etter egen vurdering). Dette ble gjort ved ulike kombinasjoner av farten på forankjørende og møtende bil.

De viktigste resultatene var:

- Informasjon om farten til møtende bil (eller "closing rate" for forankjørende og møtende) bidrar til mer korrekte beslutninger om forbikjøring.
- Beslutningene om forbikjøring hadde ingen sammenheng med farten på den møtende bilen.
- Minste aksepterte strekning for forbikjøring øker når farten til forankjørende bil øker, men mindre enn reduksjonen i tidsmargin, slik at akseptert tidsmargin reduseres når forankjørende bil kjører fortere.

Dette tyder på at beslutninger om forbikjøring først og fremst tas på grunnlag av farten til forankjørende og avstanden til møtende bil.

### **Silver & Farber (1968): Driver judgment in overtaking situations**

Bilførerers bedømmelse av tidsluke og relativ hastighet til forankjørende i forbindelse med beslutning om forbikjøring ble undersøkt eksperimentelt på en lukket veistrekning. Resultatene viste en tendens til økende overestimering av avstand til forankjørende med økende relativ hastighet. Dette kan føre til kortere tidsluker ved høy fart og dermed økt risiko for påkjøring bakfra.

### **Gordon & Mast (1968): Drivers' decisions in overtaking and passing**

Estimering av korteste mulige lengde for forbikjøring av forankjørende bil ble sammenlignet med faktisk strekning ved forbikjøring med full akselerasjon, ved

tre ulike hastigheter.

Betydelige avvik mellom estimert og faktisk lengde ble påvist. Det var en klar tendens til **underestimering ved økende hastighet**; dvs. at førerne trodde de trengte kortere strekning enn det som faktisk var nødvendig (cfr. Jones & Heimstra, 1966).

### **Reilly & Cameron (1969): Overtaking and passing...**

I denne artikkelen rapporteres to eksperimenter vedrørende vurdering av avstand og fart i forbindelse med forbikjøring. Begge eksperimentene ble gjennomført på en flyplass.

1. Mørkekjøring og baklyskonfigurasjon: Føreren skulle vurdere når de skulle bremse ned for en forankjørende bil som hadde stanset, når denne hadde baklys med liten vs stor avstand.

- Førerne underestimerte avstanden til "wide displays" (stor avstand mellom baklys) og overestimerte avstanden til "narrow displays"
- Kunnskap om bredden påvirket ikke under-/overestimeringen
- Faktisk avstand til bilen foran når føreren oppdager at avstanden begynner å avta, øker med hastighet. Dette tyder på at vinkelhastigheten er av betydning for persepsjon av avstand, siden vinkelhastigheten øker med farten, kan reduksjonen i avstand oppdages på lengre avstand.
- Det var store individuelle forskjeller i bedømmelsen av avstand

I dagslys var det ingen effekt av baklyskonfigurasjon på avstandsbedømmelse, og det var små individuelle forskjeller

2. Forsøk med innhenting av forankjørende bil, med møtende bil ("flying pass"-situasjon) og varierende sikkerhetsmarginer viste følgende:

- Førerne oppfattet ikke farten på møtende bil
- Beslutningen om å legge seg bak eller å kjøre forbi, var basert på avstand til møtende bil, samt fartsforskjellen i forhold til forankjørende
- Fordi farten til møtende bil ikke inngår i beslutningen er det en ikke-perfekt sammenheng mellom sikkerhetsmargin og beslutningen om å kjøre forbi eller legge seg bak.
- Ved en gitt tidsmargin var det flere forbikjøring ved lav enn ved høy fart, og det var flere forbikjøring ved liten enn stor fartsforskjell mellom egen og forankjørende bil. Dette forklares ved at møtende bil må være nærmere for å gi samme sikkerhetsmargin ved lav som ved høy fart (og ved stor fartsforskjell), og det bekrefter at avstanden til møtende bil er en viktigere determinant enn faktisk sikkerhetsmargin.
- Det var ingen vesentlige forskjeller mellom kjøring i lys og mørke
- Informasjon om farten på møtende bil påvirket ikke beslutningene om forbikjøring
- Et visuelt referanseobjekt av kjent størrelse hadde heller ingen betydning for beslutningen om forbikjøring

### **Salvatore (1969): Velocity sensing.**

Denne artikkelen gir en nyttig oversikt og diskusjon av forskning på under- og overestimering av fart, og betydningen av perifer vs. sentral visuell stimulering. Dessuten rapporteres to eksperimenter (et i laboratorium og et under faktisk kjøring) hvor synsfeltet er avgrenset slik at en eliminerer enten sentral eller perifer informasjon. Ingen klare forskjeller ble funnet. Det kan innvendes at sammenligningen av sentral og perifer stimulering omfatter bare input rett forfra og rett fra siden; det ville vært interessant å prøve ut en mindre perifer stimulering i tillegg (skrått forfra), som kan være viktig for fartsfølelsen under naturlig bevegelse.

### **Rockwell (1972): Skills, judgment and information acquisition in driving**

Dette er et bokkapittel med en omfattende gjennomgang av kunnskapsstatus når det gjelder ulike bilførerferdigheter. Det inneholder bl.a. oversikt over resultater fra eksperimenter vedrørende vurdering av fart og avstand til forankjørende. Her presenteres noen av de mest relevante resultatene:

- Terskel for persepsjon av akselerasjon varierte fra 0,012 til 0,014 g
- Terskel for persepsjon av endret fart varierte mellom 3,5 og 5,9 mph

Persepsjon av egen fart og avstand er undersøkt med to ulike metoder:

- Estimering: Angi hvilken fart en kjører i
- Produksjon: Prøve å kjøre i en bestemt fart

Begge metodene viste overestimering ved høy fart.

#### *Vurdering av egen fart (mph):*

Korrekt/ønsket fart	Estimering	Produksjon
30	27	31
50	50	45
70	75	62
80	88	68

#### *Avstand til forankjørende (fot):*

Korrekt/ønsket avstand	Fart	Estimering		Produksjon	
		50 mph	70 mph	50 mph	70 mph



100	70	50	90	60
300	180	130	180	130
500	280	210	240	180

Her var det inkonsistens mellom metodene. Ved estimering vurderte førerne avstanden som mindre enn den faktisk var (underestimering), og ved produksjon valgte de en mindre avstand enn den de ble bedt om å holde, dvs. at de overestimerte den avstanden de holdt. (Denne inkonsistensen er ikke kommentert i artikkelen.)

*Terskel for endring i avstand (fot) til forankjørende:*

Opprinnelig avstand	Økning		Senkning	
	fot	%	fot	%
50	3	6,0	4	8,0
100	8	8,0	10	10,0
200	10	5,0	15	7,5

Terskelen for persepsjon av endring varierte mellom 5 og 10 % av opprinnelig avstand, og var høyere når avstanden ble redusert enn når den økte, dvs. at førerne trenger lengre tid for å oppfatte når bilen foran bremses enn når den øker farten.

#### **Probst (1986): Thresholds for detection of changes in headway are elevated during car ride**

En sammenligning mellom “car-following” i simulator og på vei viste at reaksjonstiden for endring i tidsluke øker med en faktor på mellom 1,5 og 3 når føreren er i bevegelse i forhold til omgivelsene (dvs. under normal kjøring) sammenlignet med når han sitter stille (simulator). Dette viser at resultater vedrørende persepsjon av bevegelse ikke uten videre kan overføres fra laboratorieundersøkelser til bilkjøring.

#### **Milosevic & Milic (1990): Speed perception in road curves.**

Farten på tilfeldige biler ble målt i en kurve, og førerne ble deretter stanset og bedt om å anslå egen fart. Det var en gjennomgående tendens til å underestimere farten.

#### **Hoffmann og Mortimer (1994; 1996): 1) Drivers' estimates of time to collision, 2) Scaling of relative velocity between vehicles**

Her rapporteres undersøkelser av bilføreres evne til å oppfatte hastighetsforskjeller mellom kjøretøyer (relativ hastighet) på basis av endringer i synsvinkel. Bare ved ekspansjon (vinkelhastighet) som er raskere enn 0,003

rad/sekund<sup>2</sup> er personer i stand til å skalere relativ hastighet. Dette betyr bl.a. at førere ikke er i stand til å vurdere hastigheten til møtende kjøretøyer ved forbikjøring, fordi beslutningen om forbikjøring må tas når bilen er så langt borte at vinkelhastigheten er under terskelen.

### **Recarte & Nunes (1996): Perception of speed in an automobile: Estimation and production.**

To eksperimenter på bane viste tendens til å undervurdere egen fart, og at undervurderingen var størst ved lav fart. I det første eksperimentet var det en passasjer i forsetet som skulle anslå hva farten var (*estimering* av fart), og i det andre ble en fører bedt om å kjøre i en bestemt fart (*produksjon* av fart).

### **Gray et al. (1998, 2000, 2001, 2004): (Flere ulike undersøkelser av time-to-contact - TTC)**

Denne forskergruppen har gjennomført en serie undersøkelser omkring sammenhengen mellom egenbevegelse og objektbevegelse når det gjelder oppfattelse av TTC. De viktigste resultatene var:

- Enøyde personer er ikke bedre i stand til å vurdere TTC enn normalt seende som bruker bare ett øye. Dette tyder på at evnen til å anslå TTC på grunnlag av monokulære holdepunkter ikke forbedres gjennom erfaring (Steeves et al., 2000), men er en genetisk bestemt ferdighet.
- Underestimering av TTC, som er påvist i mange undersøkelser hvor en har benyttet okklusjon av objektet som beveger seg, skyldes i stor grad at observatøren har en tendens til feilerindring av stoppunktet (der okklusjonen skjer), slik at det oppleves å være lengre fram i bevegelsesretningen (Gray og Thornton, 2001)
- Vurdering av TTC er avhengig av observatørens egen bevegelse (Gray and Regan, 2000). TTC oppfattes å være kortere når observatøren og objektet beveger seg i samme retning (f.eks. når en tar igjen en bil) enn når de beveger seg i motsatt retning (f.eks. når en bil kommer i mot), når faktisk TTC er den samme. Eksperimenter med stasjonære observatører har derfor begrenset overføringsverdi til situasjoner der både observatør og objekt er i bevegelse, som f.eks. bilkjøring (Gray et al., 2004).

### **Brackstone (2000): Examination of the use of fuzzy sets to describe relative speed perception**

Ved hjelp av "fuzzy sets"-logikk ble det gjort en undersøkelse for å beskrive persepsjon av endringer i relativ fart og avstand til forankjørende. Det ble

---

<sup>2</sup> Rad er betegnelse på *radian*, som er en vinkel på  $180^\circ/\pi$ , dvs. ca.  $57,3^\circ$ . Rad/sekund er et mål på vinkelhastighet, dvs. hvor raskt en vinkel endrer seg, i dette tilfelle *synsvinkelen* et objekt danner.

beregnet terskelverdier for relativ fart, synsvinkelhastighet og 1/TTC, definert som 76% riktig persepsjon.

Resultatene viste at terskelen for å oppfatte endring i avstand til forankjørende (dvs. endring i relativ fart) er høyere når avstanden avtar enn når den øker.

”Bias” (persipert nullpunkt eller konstant avstand) ble definert som midtpunktet i fordelingen av vurderinger av når avstanden var konstant (sammenlignet med økende eller avtagende). Det ble påvist en positiv bias, dvs. at de fleste oppfattet at avstanden var konstant når den faktisk avtok (økning i relativ fart, synsvinkelhastighet og 1/TTC). Det refereres til flere tidligere studier som har vist ”bias” i samme størrelsesorden.

*Terskel for persepsjon av endring i avstand til forankjørende.*

Parameter	Økende avstand	Avtagende avstand	”Bias”
Relativ fart (m/s)	1,615	1,813	0,562
Synsvinkelhastighet (mrad/s)	1,34	1,38	0,27
1/TTC (s <sup>-1</sup> )	0,044	0,047	0,015

#### **Park et al. (2001): Drivers’ characteristics in the perception of a lead vehicle’s deceleration level**

Et eksperiment hvor retardasjon av forankjørende bil ble vurdert ut fra filmklipp, viste at graden av retardasjon ble undervurdert. Underestimering økte jo større retardasjonen var.

#### **Cavallo et al. (2001): Distance perception of vehicle rear lights in fog**

En eksperimentell undersøkelse i et ”tåkekammer” viste at avstanden til en stillestående bil (avstanden varierte mellom 8 og 28 m) ble overvurdert med ca. 60% i tåke sammenlignet med klar sikt. Avstanden ble overvurdert mer når bilen bare hadde ett tåkelys enn når den hadde to lys med stor avstand mellom.

#### **Hesketh & Godley (2002): A comparison of time estimations in driving with target-only in motion, self-only in motion, and self-and-target in motion**

Det ble gjort et eksperiment hvor testpersoner skulle anslå tidspunktet for når de ville passere en bil som de var i ferd med å innhente eller møte, under visuell okklusjon. Når bilen var 2,5 sek. unna, ble øynene til testpersonen tildekket. Tidsestimatene var mest nøyaktig når bare den andre bilen var i bevegelse og minst nøyaktig når bare personen selv beveget seg.

**Andersen et al. (2004): Visual information for car following by drivers. Role of scene information.**

En simulatorstudie ble gjennomført for å undersøke hvilke visuelle holdepunkter en bilfører benytter for å holde konstant avstand til forankjørende bil, når denne varierer farten. De fant at førerne holdt mer stabil avstand når simulatoren viste veiens omgivelser. Dette tyder på at førerne bruker annen informasjon enn synsvinkel for å holde avstanden, slik som bilens høyde i synsfeltet i forhold til horisonten, og ”retinal streaming” for å vurdere egen hastighet. På grunnlag av disse resultatene drøftes implikasjoner for ulykkesrisiko ved kjøring i mørke og tåke, hvor disse holdepunktene er betydelig redusert.

**Rudin-Brown (2004): Vehicle height affects drivers’ speed perception: Implications for rollover risk**

En simulatorstudie av kjørefart (uten tilgang til speedometer) viste høyere fart når føreren satt med øyehøyde 166 cm enn når øyehøyden var 104 cm. Forfatteren forklarer det ut fra visuelle holdepunkter for fartsopplevelse (”optic flow” langs bakken øker jo lavere en sitter). Hun mener dette kan bidra til å forklare økt ulykkesrisiko for SUVer – det kan skyldes bl.a. at de gir mindre fartsfølelse og derfor kjøres fortere.

**Tresilian et al. (2004): Initiation of evasive manoeuvres during self-motion: A test of three hypotheses.**

I en computer-basert styreoppgave hvor forsøkspersonene skulle unngå å kolliderer med hindringer, ble det vist at unngåelsesmanøvrene ble styrt av en terskel for ”rate of image expansion” (ROE) snarere enn TTC eller avstand. Dette synes å være i samsvar med Gibsons ”retinal streaming”-teori.

**Leung & Starmer (2005): Gap acceptance and risk-taking by young and mature drivers, both sober and alcohol-intoxicated, in a simulated driving task.**

Førere ble testet på tre kjøreoppgaver i simulator, og effektene av alder (18-21 år vs. 25-35 år), kjønn og alkoholpåvirkning ble undersøkt.

- 1) Oppdagelse av møtende bil i horisonten: Oppdagelsestiden var forlenget når farten til den møtende bilen var lavere, spesielt på svingete vei. Alkoholpåvirkning ga økt oppdagelsestid, og de erfarne førerne trengte lengre tid enn de unge.
- 2) Estimering av TTC for møtende bil: TTC ble generelt underestimert, dvs. at førerne forventet et møtepunkt som var nærmere enn det som faktisk var tilfellet, og dermed hadde en viss sikkerhetsmargin. Underestimeringen (og sikkerhetsmarginen) var mindre når farten på møtende bil økte fra 50 til 90 km/t. (Kommentar: Dette kan også forklares av at vurderingen ble gjort ved lengre avstand til møtende bil når farten var 90 km/t, og at det er avstanden som er det viktigste holdepunktet. TTC var den samme i begge tilfeller.)

3) Forbikjøring ved møtende trafikk: Bilistene aksepterte kortere tidsluker når den møtende bilen kjørte i 90 km/t enn i 50 km/t. De erfarne førerne gjennomførte forbikjøringene raskere (kjørte fortere) enn de unge. Artikkelen inneholder mange aktuelle referanser til tidligere forskning.

## 8 Litteraturhenvisninger

- Andersen, G.J., Sauer, C., Saidpour, A., 2004. Visual information for car following by drivers - Role of scene information. *Driver and Vehicle Simulation, Human Performance, and Information Systems for Highways; Railroad Safety; and Visualization in Transportation* 1899, 104-108.
- Assum, T., Bjørnskau, T., Fosser, S., Sagberg, F., 1999. Risk compensation - the case of road lighting. *Accident Analysis and Prevention* 31(5), 545-553.
- Avolio, B.J., Kroeck, K.G., Panek, P.E., 1985. Individual differences in information-processing ability as a predictor of motor vehicle accidents. *Human Factors* 27(5), 577-587.
- Cavallo, V., Colomb, M., Dore, J., 2001. Distance perception of vehicle rear lights in fog. *Human Factors* 43(3), 442-451.
- Conchillo, A., Hernandez, M.J., Recarte, M.A., Ruiz, T., 2000. Performance in real traffic environments. *Psicothema* 12, 152-156.
- Crawford, A., 1963. The overtaking driver. *Ergonomics* 6(2), 153-170.
- Denton, G.G., 1966. A subjective scale of speed when driving a motor vehicle. *Ergonomics* 9, 203-210.
- Evans, L., 1970. Speed estimation for a moving automobile. *Ergonomics* 13, 219-230.
- Farber, E., 1969. Passing behavior on public highways under daytime and nighttime conditions. *Highway Res.Record* 292, 11-23.
- Farber, E., Silver, C.A., 1967. Knowledge of oncoming car speed as determiner of driver's passing behavior. *Highway Res.Record* 195, 52-65.
- Farber, E., Silver, C.A., Landis, D., 1968. Knowledge of closing rate versus knowledge of oncoming-car speed as determiners of driver passing behavior. *Highway Res.Record* 247, 1-6.
- Forbes, T.W., Matson, T.M., 1939. Driver judgments in passing on the highway. *The journal of Psychology* 8, 3-11.
- Forbes, T.W., Zagorski, H.J., Holshouser, E.L., Deterline, W.A., 1958. Measurement of driver reactions to tunnel conditions. *Highway Research Board Proceedings* 37, 345-357.
- Gibson, J.J., 1950. *The perception of the visual world*. Boston: Riverside Press.
- Gibson, J.J., 1979. *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company.
- Gordon, D.A., 1966. Experimental isolation of the driver visual input. *Highway Res.Record* 122, 19-34.
- Gordon, D.A., Mast, T.M., 1968. Drivers' decisions in overtaking and passing. *Highway Res.Record* 247, 42-50.
- Gordon, D.A., Michaels, E.M., 1963. Static and dynamic visual fields in vehicular guidance. *Highway Research Record* 840(0), 1-15.

- Gray, R., Macuga, K., Regan, D., 2004. Long range interactions between object-motion and self-motion in the perception of movement in depth. *Vision Research* 44(2), 179-195.
- Gray, R., Regan, D., 2000. Risky driving behavior: A consequence of motion adaptation for visually guided motor action. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance* 26(6), 1721-1732.
- Gray, R., Thornton, I.M., 2001. Exploring the link between time to collision and representational momentum. *Perception* 30(8), 1007-1022.
- Greenshields, B.D., 1935. Distance and time required to overtake and pass cars. *Highway Research Board Proceedings* 15, 332-342.
- Häkkinen, S., 1963. Estimation of distance and velocity in traffic situations. Report no. 3. Helsinki: Institute of Occupational Health.
- Hancock, P.A., Manser, M.P., 1998. Time-to-contact. In: Feyer, A.M. og Williamson, A. *Occupational injury: Risk, prevention, and intervention*. Kap. 5, s. 44-58. London: Taylor & Francis.
- Harwood, D.W., Mason, J.M., Byrdia, R.E., Pietrucha, M.T., Gittings, G.L., 1996. Intersection sight distance. NCHRP Report 383. Washington, DC: National Academy Press.
- Hesketh, B., Godley, S.T., 2002. A comparison of time estimations in driving with target-only in motion, self-only in motion, and self-and-target in motion. *Ecological Psychology* 14(3), 111-125.
- Hoffmann, E., Mortimer, R.G., 1996. Scaling of relative velocity between vehicles. *Accident Analysis and Prevention* 28(4), 415-421.
- Hoffmann, E.R., Mortimer, R.G., 1994. Drivers' estimates of time to collision. *Accident Analysis and Prevention* 26(4), 511-520.
- Hostetter, R.S., Seguin, E.L., 1969. The effects of sight distance and controlled impedance on passing behavior. *Highway Res.Record* 292, 64-78.
- Jones, H.V., Heimstra, N.W., 1966. Ability of drivers to make critical passing judgments. *Highway Res.Record* 122, 89-92.
- Karttunen, R., Häkkinen, S., 1986. Road accident investigation teams in Finland : research on accidents involving personal injuries in 1979 - 1983. Helsinki: Helsinki University of Technology.
- Kemeny, A., Panerai, F., 2003. Evaluating perception in driving simulation experiments. *Trends in Cognitive Sciences* 7(1), 31-37.
- Leung, S., Starmer, G., 2005. Gap acceptance and risk-taking by young and mature drivers, both sober and alcohol-intoxicated, in a simulated driving task. *Accident Analysis and Prevention* 37(6), 1056-1065.
- Lerner, N.D., Huey, R.W., McGee, H.W., Sullivan, A., 1995. Older driver perception-reaction time for intersection sight distance and object detection. Final report. Volume 1. FHWA-RD-03-168. McLean, VA: Federal Highway Administration.
- Liebermann, D.G., Ben-David, G., Schweitzer, N., Apter, Y., Parush, A., 1995. A field study on braking responses during driving. I. Triggering and modulation. *Ergonomics* 38(9), 1894-1902.
- Marshall, R., Emery, C., Mahach, K., 1998. Determinants of headway selection. 77th Annual TRB Meeting Washington, D.C.

- Milosevic, S., Milic, J., 1990. Speed perception in road curves. *Journal of Safety Research* 21(1), 19-23.
- Park, K.S., Lee, A.J., Koh, B.K., 2001. Drivers' characteristics in the perception of a lead vehicle's deceleration level. *International Journal of Cognitive Ergonomics* 5(2), 125-136.
- Probst, T., 1986. Thresholds for detection of changes in headway are elevated during car ride. In: Gale, A.G., Freeman, M.H., Haslegrave, C.M., Smith, P., Taylor, S.P. *Vision in vehicles*, 157-166. Amsterdam: Elsevier Science.
- Recarte, M.A., Nunes, L.M., 1996. Perception of speed in automobile: Estimation and production. *Journal of Experimental Psychology-Applied* 2(4), 291-304.
- Reilly, R.E. and Cameron, B.J., 1969. Overtaking and passing under adverse visibility conditions. Volume III: Driver judgment and decision-making in overtaking and flying pass situations. Technical Report 1-218. The Franklin Institute Research Laboratories.
- Riemersma, J.B.J., 1984. Driving behaviour in road curves. A review of literature. Monograph C-12. Soesterberg: RVO-TNO.
- Rockwell, T.H., 1972. Skills, judgment and information acquisition in driving. In: Forbes, T.W. *Human factors in highway traffic safety research*, 133-164. New York: J.Wiley & Sons, Inc.
- Rudin-Brown, C.M., 2004. Vehicle height affects drivers' speed perception - Implications for rollover risk. *Transportation Research Record* 1899, 84-89.
- Sakshaug, K., 1986. Fartsgrenseundersøkelsen -85: Fartsgrenseendringers effekt på fart og ulykker. SINTEF rapport STF63 A86012. Trondheim: SINTEF.
- Salvatore, S., 1969. Velocity sensing - comparison of field and laboratory methods. *Highway Res.Record* 292, 79-91.
- Schieber, F., 2000. Highway research to enhance the safety and mobility of older road users. I: *Transportation in an aging society*. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Scialfa, C.T., Guzy, L.T., Leibowitz, H.W., Garvey, P., Tyrell, R.A., 1991. Age differences in estimating vehicle velocity. *Psychology and Aging* 6, 60-66.
- Shinar, D., Schieber, F., 1991. Visual requirements for safety and mobility of older drivers. *Human Factors* 33(5), 507-519.
- Silver, C.A., Farber, E., 1968. Driver judgment in overtaking situations. *Highway Res.Record* 247, 57-62.
- Staplin, L., Harkey, D.L., Lococo, K.H., Tarawneh, M.S. 1997. Intersection geometric design and operational guidelines for older drivers and pedestrians. Volume 1. Final Report. FHWA-RD-96-132. McLean, VA: Federal Highway Administration.
- Steeves, J.K.E., Gray, R., Steinbach, M.J., Regan, D., 2000. Accuracy of estimating time to collision using only monocular information in unilaterally enucleated observers and monocularly viewing normal controls. *Vision Research* 40(27), 3783-3789.
- Todosiev, E.P., Fenton, R.E., 1966. Velocity thresholds in car-following at night. *Highway Res.Record* 122, 94-104.

- Tresilian, J.R., Wallis, G.M., Mattocks, C., 2004. Initiation of evasive manoeuvres during self-motion: a test of three hypotheses. *Experimental Brain Research* 159(2), 251-257.
- Triggs, T.J., Berenyi, J.S., 1982. Estimation of automobile speed under day and night conditions. *Human Factors* 24, 111-114.