

# **Sammenhengen mellom synsevne og alder**

## **Bakgrunnsnotat**

**Statens vegvesen**

**Alf Glad  
Veg- og trafikkavdelingen  
Vegdirektoratet**

## Bakgrunn

Bakgrunnen for denne rapporten er et nordisk prosjekt ”Dimensjonerende trafikant”. Prosjektet tar sikte på å gi et mulig grunnlag for å utforme vegsystemet slik at det er i overensstemmelse med trafikantenes evner; trafikantene skal være dimensjonerende for utformingen av vegsystemet. Målsettingen forutsetter at en kjenner til trafikantenes evner og kapasitet på funksjonsområder som er relevante når en ferdes i trafikken. Med denne kunnskapen som utgangspunkt kan utforme veger og vegsystemer slik at disse ikke stiller krav til trafikantene som overstiger trafikantene evner og kapasitet. I kartleggingen av evner og kapasitet bør en ta for seg de trafikantene som en vet eller antar har reduserte evner og kapasitet. Det er flere slike grupper, f.eks. barn, eldre, funksjonshemmede. For å gjøre problemet mer håndterbart ble det bestemt at prosjektet i første omgang skal konsentreres om eldre førere.

Kartleggingen av evner og kapasitet retter seg mot tre hovedområder: Synsevne, kognitive funksjoner og motorisk kapasitet. Dette dokumentet tar for seg hvordan synsevnen endres med alderen.

## Grunnleggende synsfunksjoner

Synsevnen kan deles inn i flere grunnleggende synsfunksjoner (f.eks. synsskarphet, fargesyn, dybdesyn, synsfelt osv). I dette prosjektet rettes oppmerksomheten mot tre av disse: Synsskarphet, kontrastfølsomhet og synsfeltet. I tillegg omfatter prosjektet synsevne under blinding. Dette er ikke en grunnleggende synsfunksjon, men en effekt av lysforhold som kan ha stor innflytelse på grunnleggende synsfunksjoner som synsskarphet og kontrastfølsomhet.

Målet med denne delen av prosjektet er å kartlegge hvordan de aktuelle synsfunksjonene (inkludert blinding) endres med alderen. Kartleggingen er gjennomført ved å gå gjennom relevant litteratur. Av alle de undersøkelsene som belyser dette problemet er det noen som er mer relevant enn andre. Disse er:

- \* Undersøkelser med store utvalg med et bredt aldersspekter som inkluderer personer med høy alder.
- \* Undersøkelser der utvalget består av førere. I alle land stilles det krav til førernes syn. Førerpopulasjonen vil derfor normalt ikke omfatte personer med særlig dårlig syn (i alle fall for noen synsfunksjoner), mens det i større grad vil være tilfelle i en befolkningspopulasjon.
- \* Undersøkelser der målingene av synet foregår med de brillene eller kontaktlinsene personen vanligvis bruker. Det sikrer at en finner den synsevnen personene har i det daglige livet, og vanligvis også i kjøresituasjoner.
- \* Undersøkelser der måleenheten som brukes gjør resultatene (eventuelt etter omregninger) sammenlignbare med resultatene fra andre undersøkelser.
- \* Undersøker som er foretatt i de senere årene. Bedring av behandlingstilbudene har ført til bedre øyehelse og bedre synsevne. Dette har sannsynligvis hatt en større virkning blant eldre enn blant unge fordi synslidelser forekommer oftere blant eldre enn blant unge. Eldre undersøkelser kan derfor gi et uriktig bilde av utviklingen i synsevnen med alderen.

Det er forholdsvis få undersøkelser som tilfredsstillende alle disse betingelsene. Av den grunn har det vært nødvendig å ta hensyn til resultater fra undersøkelser der én eller flere av betingelsene er brutt.

Det er søkt etter relevant litteratur i litteraturlister, gjennom internett og gjennom litteraturlister i artikler/bøker.

## Synsskarphet

Synsskarphet er betegnelsen på evnen til å se små detaljer, dvs øyets oppløsningsevne. Det skilles mellom statisk og dynamisk synsskarphet. Ved måling av statisk synsskarphet observerer personen en testfigur som er i ro i forhold til personen, mens testfiguren beveger seg i forhold til personen når en måler dynamisk synsskarphet. Bevegelsen er vanligvis på tvers av synsretningen.

Det er en forholdsvis høy men ikke perfekt sammenheng mellom statisk og dynamisk synsskarphet (Burg, 1966). Det betyr at en måler litt andre egenskaper ved synssansen ved dynamiske tester enn ved statiske. Der en har sett på sammenhengen mellom synsskarphet og ulykkesrisiko i trafikken har en funnet en sterkere sammenheng for dynamisk enn for statisk synsskarphet. Det er derfor grunn til å se på effekten av alder på både statisk og dynamisk synsskarphet.

### Statisk synsskarphet

Synsskarphet kan måles på ulike måter. Den vanligste er å la en person se på en tavle med linjer med testfigurer der størrelsen på testfigurene er like store i hver linje. Testfigurene blir mindre for hver linje nedover tavlen. Testfigurene kan f.eks. være bokstaver, en E som vises i ulike orienteringer, en ring med en åpning i og der åpningen kan ha ulik orientering eller et svart-hvitt rutemønster. Personen skal lese f.eks. bokstavene fra toppen og nedover. Personens synsskarphet bestemmes da ut fra hvor små bokstaver hun/han kan se eller mer presist hvor små de kritiske detaljene i bokstavene er, når bokstaven identifiseres.

Synsskarpheten (ofte kalt visus) angis ofte som en brøk der tallet over brøkstreken viser avstanden en person kan identifisere testfiguren og tallet under brøkstreken viser avstanden der en person med normalt syn kan identifisere figuren. Avstanden oppgis i meter eller fot. Brøken omtales som Snellen visus eller synsskarphet. Synsskarpheten angis altså relativt til normal synsskarphet. En person med normal synsskarphet skal kunne se en testfigur der den kritiske detaljen utgjør en vinkel på ett bueminutt. Testtavlene er laget slik at detaljene i én av linjene vil utgjøre 1' på testavstanden, vanligvis 6 m. Denne personen vil få en visus på 6/6. En person som på 6 meters avstand akkurat kan identifisere figur som en normal person kan identifisere på f.eks. 12 meter, vil ha en visus på 6/12. En person med godt syn kan f.eks. identifisere en figur på 6 meters avstand som en normal person bare kan identifisere på 4 meter. Denne personen vil ha en visus på 6/4.

I stedet for en brøk oppgis ofte synsskarpheten som en desimalverdi der  $6/12 = 0,5$ ,  $6/6 = 1$  og  $6/4 = 1,5$ . I vegtrafikkloven settes det et krav om at visus skal være 0,5 eller bedre for førere av personbiler.

I de senere årene er det blitt mer og mer vanlig å måle synsskarpheten i logMAR enheter. LogMAR er logaritmen til vinkelen (bueminutter) til den minste detaljen som kan sees (Minimum Angle Resolution). LogMAR tavlene som brukes har en reduksjon i størrelsene på testfigurene på 0,1 logaritmiske enheter for hver linje nedover. Sammenhengen mellom de ulike måleenhetene er vist i tabell 1.

Tabell 1 Sammenhengen mellom ulike måleenheter som er brukt ved måling av synsskarphet

Snellen brøk	8/6	6/6	6/12	6/24	6/60
Snellen desimal	1,3	1,0	0,5	0,25	0,1
logMAR	-0,12	0	0,30	0,60	1,00
Oppløsningsvinkel (bueminutter)	0,75	1,0	2,0	4,0	10,0

Det har lenge vært kjent at synsskarpheten avtar med alderen. Pitts (1982) gir en oversikt over resultater fra eldre undersøkelser der det går tydelig fram at synsskarpheten reduseres klart etter 40-50 års alderen. Som tidligere nevnt vil synsskarpheten være avhengig av øyehelsen og at korreksjonen (brille, kontaktlinse) som brukes er riktig. En kan regne med at øyehelsen er bedre og at korreksjon er riktigere enn det som var tilfelle tidligere. De eldre undersøkelsen gir derfor antakelig et noe galt bilde av synsskarpheten i befolkningen i dag og det gjelder særlig for eldre.

Av de undersøkelsene som er gjennomgått er det valgt ut seks som kan gi et bilde av utviklingen av synsskarpheten med alder. Disse undersøkelsene har et til dels meget store utvalg, dekker et stort aldersspenne som omfatter eldre og er rimelig representativ for førerpopulasjonen. Tabell 2 viser forhold ved utvalgene i disse undersøkelsene.

Tabell 2 Forhold ved utvalgene i 6 utvalgte undersøkelser som viser sammenhengen mellom alder og statisk synsskarphet

	Utvalgs- størrelse	Aldersspenn	Utvalgstype	Korreksjon <sup>1</sup>	Land
Burg (1966)	17500	16 - 92 år	Førere	Vanlig	USA
Attebo & al (1996)	3647	49 - 97 år	Befolkningen	Vanlig	Australia
Decina & Staplin (1993)	12400	16 - 76+ år	Førere	Vanlig	USA
van Pol (2001)	777	50 - 85 år	Befolkningen	Antakelig vanlig	Nederland
Haegerstrom-Portnoy et al (1999)	900	58 – 104 år	Befolkning	Vanlig	USA
Owsley et al (1983) <sup>2</sup>	91	19 – 87 år	Befolkning	Vanlig <sup>3</sup>	USA

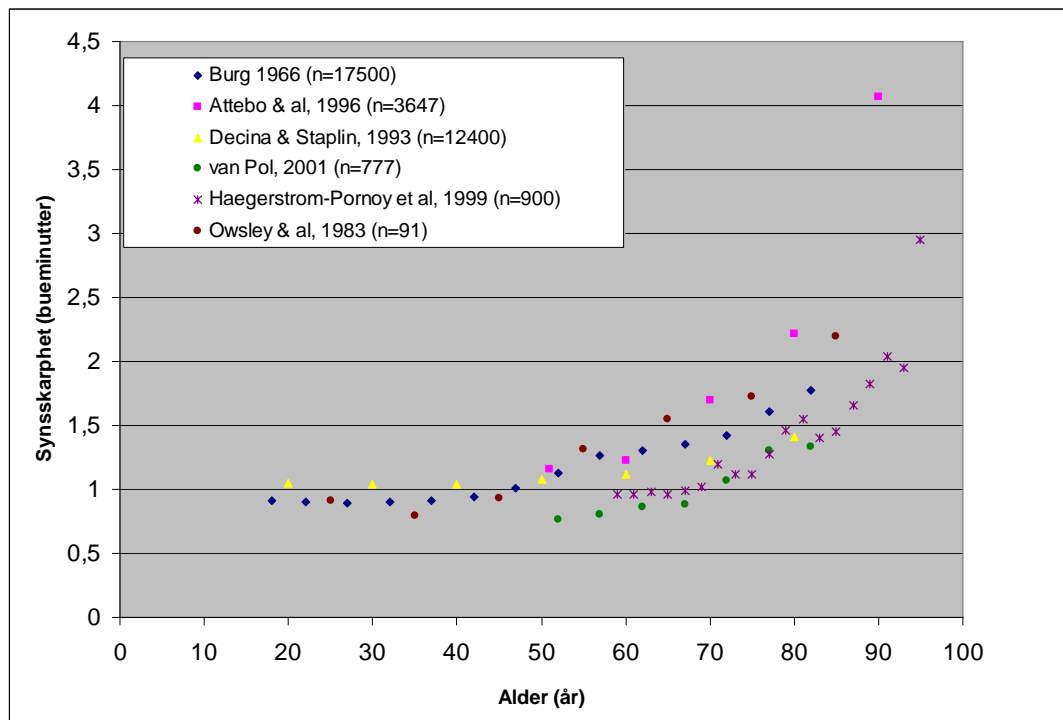
I undersøkelsene er det brukt forskjellige måleenheter. For sammenlikningens skyld er alle resultater regnet om til vinkelen (bueminutter) som den minste oppfattbare detaljen utgjør. Resultatene fra disse undersøkelsene er vist i figur 1.

<sup>1</sup> Vanlig betyr den korreksjonen personen vanligvis bruker. Optimal betyr at det i forbindelse med målingene er foretatt en optimal korreksjon av personen.

<sup>2</sup> Personer med øyelidelser ble utelukket fra undersøkelsen

<sup>3</sup> Vanlig korreksjon men med tilleggskorreksjon tilpasset den korte testavstanden som ble brukt.

Figuren viser at resultatene for de eldre spriker en del. Det kan skyldes forskjeller i utvalgene som er brukt eller at målebetingelsene er forskjellig. Forskjeller i luminansnivå og kontrast har innflytelse på synsskarpheten (Haegerstrom-Portnoy et al, 1999). Det er derfor vanskelig å fastslå den absolutte synsskarpheten for ulike aldersgrupper. Imidlertid viser undersøkelsene hvordan synsskarpheten endres med alder. Synsskarpheten synes å være forholdsvis konstant fram til 50 årene, deretter avtar den i økende grad med alderen.



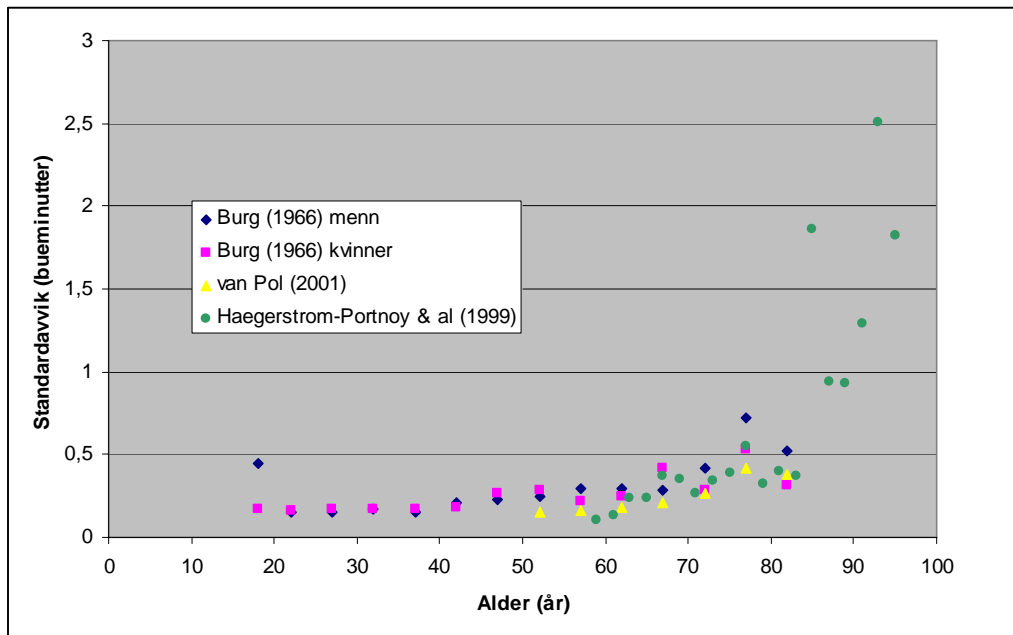
Figur 1 Sammenhengen mellom alder og synsskarphet. Resultater fra 6 større undersøkelser

Den minste detaljen en 80-åring kan se må være omtrent 1,5 ganger større enn detaljen en 50-åring kan se og ved 90 år må den være omtrent dobbelt så stor.

Figur 2 viser at spredningen i måleresultatene øker med alderen<sup>4</sup>. Fram til 60-års alderen er det liten endring i standardavviket. Med videre økende alder er det en akselererende økning. Det er bare én undersøkelse som viser standardavviket ved særlig høy alder (rundt 90 år). Utvalget i denne undersøkelsen er trukket fra befolkningen og kan derfor omfatte personer som ikke er førere. De høye verdiene en ser i dette aldersområdet må derfor tolkes med forsiktighet. Det er imidlertid rimelig at en finner en sterk økning i spredningen i synsskarpheten ved høy alder. I denne aldersgruppen kan en regne med å finne en del personer med øyelidelser som svekker synsskarpheten, f eks aldersrelatert makuladegenerasjon og katarakt. Dette bidrar til å øke spredningen.

Disse resultatene viser at mange eldre vil ha betydelig dårligere synsskarphet enn det gjennomsnittet for aldersgruppen viser.

<sup>4</sup> Haegerstrom-Portnoy et al (1999) oppgir median og kvartiler. Kvartilverdien er omregnet til standardavvik.

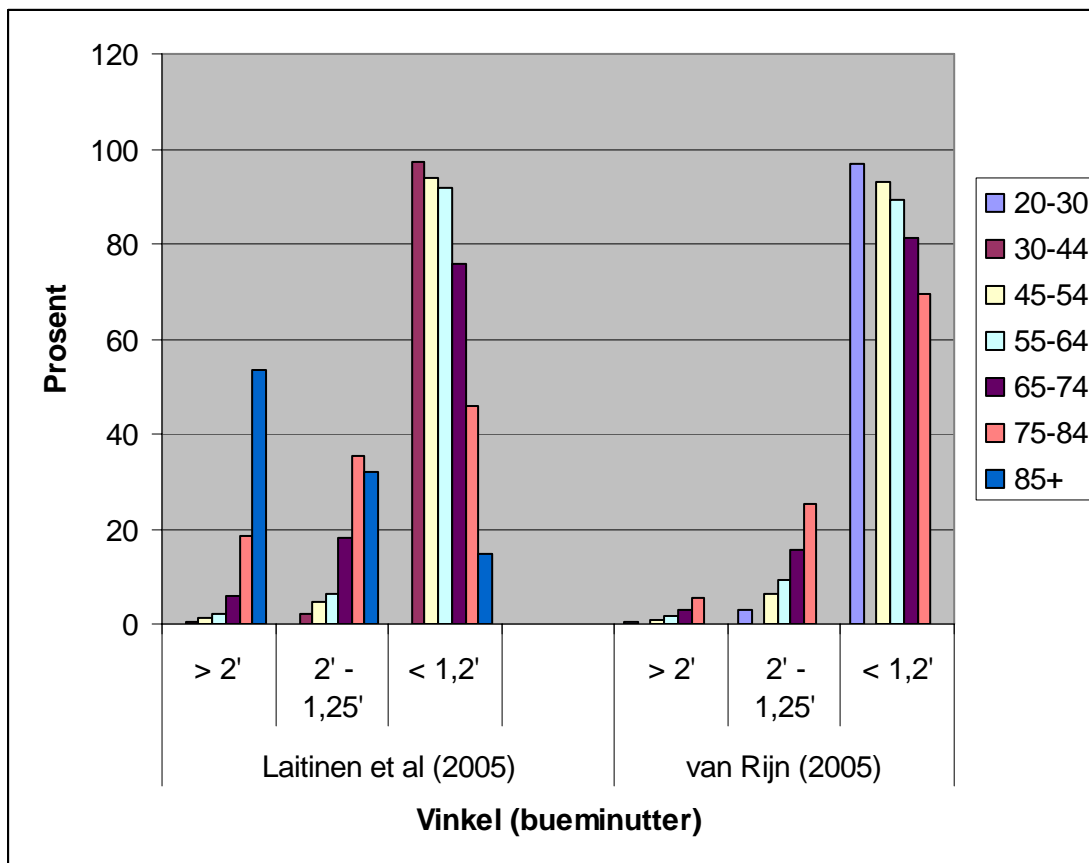


Figur 2 Standardavviket for måling av synsskarphet i ulike aldersgrupper (bueminutter). Resultater fra tre undersøkelser.

Samlet sett kan en si at synsskarpheten endrer seg lite fram til 50 års alderen. Deretter avtar den i økende tempo med økende alder. Spredningen i synsskarpheten viser noe av det samme. For de eldste vil det derfor være en betydelig andel som har svært dårlig synsskarphet. En detalj som akkurat er synlig for en gjennomsnittlig person i 50-årene må være 1,35 ganger så stor for en gjennomsnittsperson i 70-årene og ca 1,7 ganger så stor for en gjennomsnittlig person i 80-årene.

I to andre omfattende undersøkelser (Laitinen et al, 2005 og van Rijn (2005) av synsskarphet oppgis ikke gjennomsnittlig synsskarphet for de enkelte aldersgruppene, men andelen innen hver aldersgruppe som faller innenfor visse synsskarphetsgrenser. Utvalgsstørrelsen i Laitinen et al (2005) var 6663 personer trukket tilfeldig fra befolkningen i Finland mens utvalgsstørrelsen i van Rijn (2005) var 2422 personer trukket fra førerpopulasjoner i Nederland, Tyskland, Østerrike, Spania og Belgia. I disse undersøkelsene er synsskarpheten oppgitt i snellenbrøk. Disse verdiene er omregnet til vinkler (bueminutter). Resultatene fra disse to undersøkelsene er vist i figur 3.

Det er klare forskjeller i resultatene fra disse undersøkelsene. Andelen blant de eldste med synsskarphet over 2 bueminutter er klart større hos Laitinen et al enn hos van Rijn. Dette reflekterer antakelig at utvalget i den først er representativt for befolkningen mens det i den andre er representativt for førerpopulasjonen. Egentlig skulle det ikke være noen med synsskarphet under 2 bueminutter (0,5 snellenbrøk) siden dette er kravet for førere. Resultatene viser likevel at kravene til synsskarphet for førere er rimelig effektive når det gjelder å fjerne de med dårligst synsskarphet fra førerpopulasjonen. Van Rijn finner imidlertid at blant førere i aldersgruppene 65-74 og 75+ år er henholdsvis 2,8 og 5,3 % som ikke tilfredsstillt kravene til synsskarphet. Om dette også vil gjelde for de nordiske landene er uklart.



Figur 3 Resultater fra to undersøkelser av synsskarphet. Andelen (%) innen ulike aldersgrupper som faller innenfor visse grenser for synsskarphet. Laitinen et al har ingen personer i aldersgruppen 20-30 år og van Rijn slår sammen alle personer over 74 år.

Van Rijn finner at det er en betydelig andel førere med synsskarphet mellom 2' og 1,25', dvs svekket synsskarphet men ikke under kravet til førere. Selv blant de yngste (20-30 år) er det nær 3 % som faller i dette området. Andelen øker med alderen og når over 25 % for førere over 74 år.

Resultatene til Laitinen et al (2005) og van Rijn (2005) synes å være i rimelig overensstemmelse med resultatene som er presentert i figur 1 når en tar hensyn til spredningen i disse (figur 2).

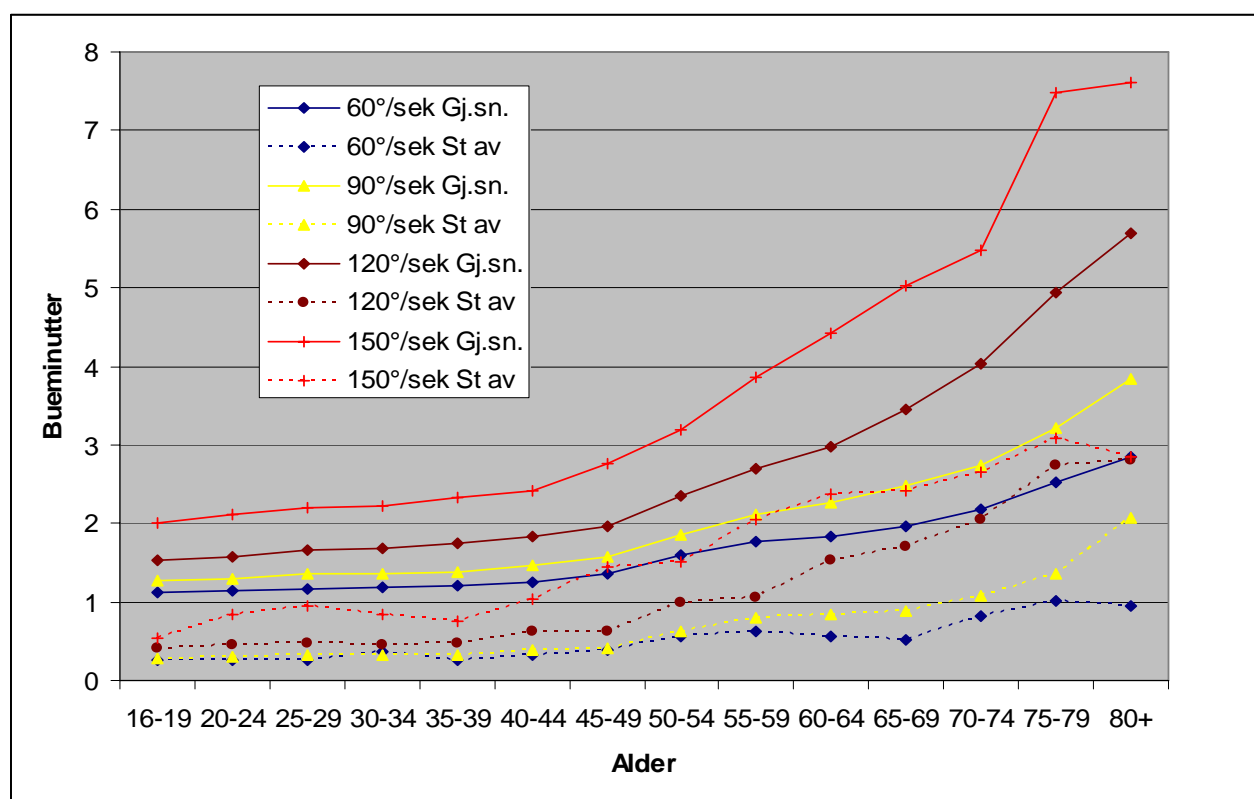
Resultatene fra de undersøkelsene som er refererte ovenfor, er framkommet under gode synsbetingelser (høy belysning og stor kontrast mellom testfigur og bakgrunn). I trafikken kan synsbetingelsene være dårlige. Haegerstrom-Portnoy et al (1999) har vist at statisk synsskarphet reduseres når belysningen og kontrasten avtar og at dette har større effekt på eldre enn på yngre. Det betyr at situasjonen for eldre i trafikken antakelig er betydelig dårligere enn det en kan få inntrykk av ut fra resultatene som er presentert ovenfor.

## Dynamisk synsskarphet

Dynamisk synsskarphet er et mål på hvor små detaljer en person kan se i en testfigur som beveger seg i forhold til personen. Ved måling av den dynamiske synsskarpheten vil vanligvis testfiguren bevege seg på tvers av personens synsretning, slik at vinkelstørrelsen til figuren er konstant.

Det er en utbredt oppfatning at dynamisk synsskarphet er mer relevant for daglige aktiviteter, inkludert bilkjøring, enn statisk synsskarphet (Committee of vision, 1985).

Den mest omfattende undersøkelse av dynamisk synsskarphet og alder er foretatt av Burg (1966). Han testet 17500 førere i alderen 16-92 år med en testfigur som beveget seg med fire ulike hastigheter: 60, 90, 120 og 150 grader/sekund. Resultatene (gjennomsnitt og standardavvik) fra hans undersøkelse er vist i figur 4. Det var liten forskjell mellom menn og kvinner så bare resultatene for menn er vist her.



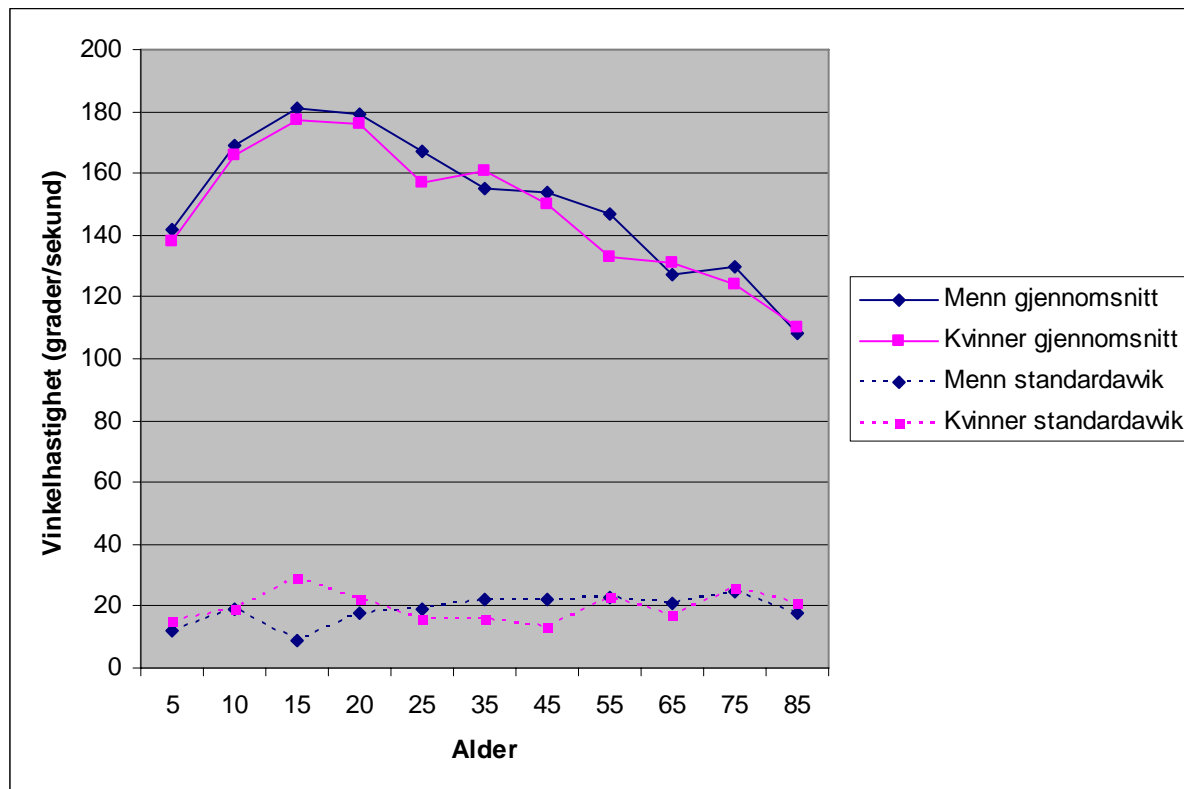
Figur 4 Dynamisk synsskarphet for ulike aldersgrupper og hastighet på testfiguren. Gjennomsnitt og standardavvik oppgitt i bueminutter. Menn (Burg, 1966)

Synsskarpheten avtar med økende hastighet og denne reduksjonen er klart større for eldre enn for unge. For den enkelte hastighet er synsskarpheten forholdsvis lite påvirket av alderen fram til 40-50 årene, deretter avtar synsskarphet til dels sterkt med videre økende alder.

Ved en kjørefart på 48 km/t vil et objekt som er 9 meter til siden for føreren ha en vinkelhastighet på om lag 80 grader/sekund (Long og Crambert, 1990). Detaljer som er nødvendig for å identifisere objektet må da være dobbelt så store for førere i 70 årene som for førere i 40 årene.



Ishigaki og Miyao (1994) målte dynamisk synsskarphet ved å bruke et testobjekt med konstant størrelse, men der hastigheten til testfigurens bevegelse kunne varieres. Testfiguren var en Landoltring med åpning på 40 bueminutter, altså en kritisk detalj som var svært stor. De fant for hver person den høyeste hastigheten der testfiguren kunne identifiseres. I undersøkelsen deltok 826 personer i alderen 5-92 år.



Figur 5 Vinkelhastigheten for ulike aldersgrupper der en testfigur med fast størrelse kunne identifiseres. Gjennomsnitt og standardavvik for menn og kvinner (Ishigaki & Miyao, 1994)

For personer rundt 20 år var denne hastigheten 180 grader/sek. Med økende alder sank grensehastigheten jevnt og var ca 110 grader/sek for personer i 80 årene. Spredningen i resultatene (standardavvik) var omtrent like stor for alle aldersgruppene.

Long og Crambert (1990) målte dynamisk synsskarphet der hastigheten var 30, 60, 90 og 120 grader/sekund, belyningsstyrke var 35 og 105 cd/m<sup>2</sup> og inspeksjonstid var 0,2 og 0,6 sek. I undersøkelsen deltok 48 personer der halvparten var unge (studenter) og den andre halvparten personer over 60 år. De fant at den dynamiske synsskarpheten ble redusert når hastigheten økte, når inspeksjonstiden ble kortere og når belysningen ble redusert. Disse negative effektene var større for eldre enn for yngre. Ved hastighet 30 grader/sek, inspeksjonstid 0,6 sek og høy belysning hadde den unge og den eldre gruppen samme synsskarphet, mens ved 120 grader/sek, lav belysning og kort inspeksjonstid var synsskarphetsterskelen nesten dobbelt så stor for de eldre som for unge.

Disse undersøkelsene viser at eldre har til dels betydelig dårligere synsskarphet enn unge i dynamiske synssituasjoner og de eldre kommer dårligere ut i forhold til de unge jo større vinkelhastigheten er.

Resultatene til Long og Crambert (1990) tyder på at en kan bedre forholdene for de eldre i en situasjon som stiller krav til den dynamiske synsskarpheten ved å øke belysningen og

inspeksjonstiden. Det er også vist at det er en korrelasjon mellom statisk og dynamisk synsskarphet (Burg, 1967) slik at forhold som bedrer statisk synsskarphet (kontrast og størrelse) også vil bedre den dynamiske synsskarpheten og antakelig mer for de eldre enn for de unge.

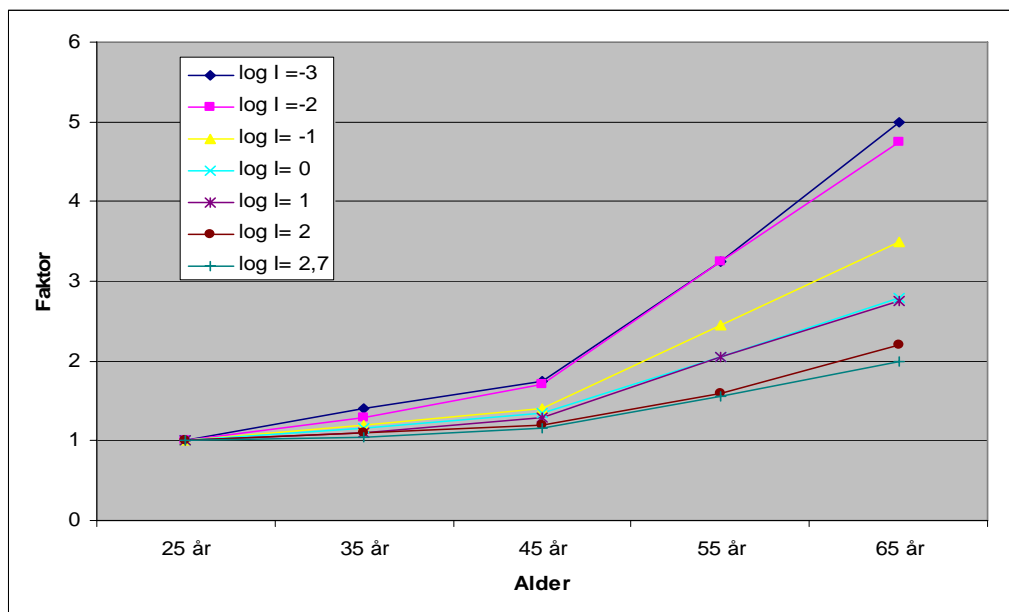
## Kontrastfølsomhet

Kontrastfølsomheten viser hvor små forskjeller i lyshet mellom to flater en person kan se. Det er brukt tre hovedmetoder for å måle kontrastfølsomheten. Disse er så forskjellige at resultater som er fremkommet med de ulike metodene blir presentert hver for seg.

### Tradisjonell metode

I den tradisjonelle metoden som brukes for nærmere studier av øyets funksjonsmåte (Pirenne, 1962) blir personen presentert for et stort felt (bakgrunnsfelt) med luminans  $I$ . Midt i dette feltet er et lite felt (testfelt) som har en luminans som er  $I + \Delta I$ <sup>5</sup>. Ved å variere  $\Delta I$  kan en finne den minste luminansforskjellen mellom bakgrunns- og testfelt som personen kan se. Dette er tilvekstterskelen (increment threshold) eller terskelen for positiv kontrast. Kontrast defineres som  $\Delta I/I$  og kontrastfølsomheten som  $I/\Delta I$ .

Det er funnet bare én undersøkelse der denne metoden er brukt, som har et forholdsvis stort utvalg og som viser resultater for flere aldersgrupper. Pitts (1982) presenterer resultater fra en tidligere undersøkelse av Blackwell & Blackwell (1971). I denne undersøkelsen ble kontrastterskelen målt på 156 personer i alderen 25 – 65 år og med forskjellig luminansnivå på bakgrunnsfeltet. Pitts (1982) presenterer resultatene grafisk og relativt til kontrastterskelen til personene i 20-årene. Resultatene er lest av fra figuren og replottet i figur 6.



Figur 6 Kontrastterskelen for ulike aldersgrupper relativt til kontrastterskelen til personer i 20-årene. Målingene er foretatt med ulike luminansverdier ( $I$ ) for bakgrunnsfeltet. Undersøkelse av Blackwell & Blackwell (1971) som er referert i Pitts (1982).

Det er to forhold som er verd å merke seg. Det ene er at kontrastterskelen øker med alderen, forholdsvis langsomt fram til 40-50 års alderen deretter raskere med økende alder. Det andre er at med avtagende luminans på bakgrunnsfeltet blir økningen av kontrastterskelen med

<sup>5</sup> Testfeltet kan også ha luminans  $I - \Delta I$  (decrement threshold)

alderen stadig sterkere. Ved den høyeste bakgrunsluminansen ( $\log I = 2,7$ ) vil en 65 åring ha en kontrastterskel som er dobbelt så stor som den til en 20 åring. Ved den laveste bakgrunsluminansen ( $\log I = -3$ ) er kontrastterskelen for en 65 åring 5 ganger større enn den til en 25 åring. Dette skulle bety at i en kjøresituasjon vil en økning i belysningen forbedre synsbetingelsene mer for de eldre enn for de unge.

## Kontrasttavler

I kliniske sammenhenger måles kontrastfølsomheten ved hjelp av veggtafler der bokstaver eller andre testfigurer har varierende kontrast mot bakgrunne. Vanligvis er kontrasten negativ dvs at bokstavene/figurene er mørkere enn bakgrunnen. Bokstavene/figurene er så store at de ved høy kontrast er lett å identifisere. Bokstavene/testfigurene har høy kontrast på den øverste linjen på tavlen og kontrasten blir mindre for hver linje nedover<sup>6</sup>. Kontrastterskelen vil være den minste kontrasten der personen kan identifisere bokstaven/testfiguren. I slike målinger defineres kontrast ofte som  $(L_b - L_t) / (L_b + L_t)$  der  $L_b$  = luminansen til bakgrunnen og  $L_t$  = luminansen til testfiguren.

Det er funnet fire undersøkelser som måler kontrastfølsomheten ved hjelp av tavler og som har et stort utvalg med et vidt aldersspenn. Tabell 2 viser forhold ved utvalget i disse undersøkelsene

Tabell 2 Forhold ved utvalget i 4 undersøkelser som måler kontrastfølsomheten ved hjelp av kontrasttavler

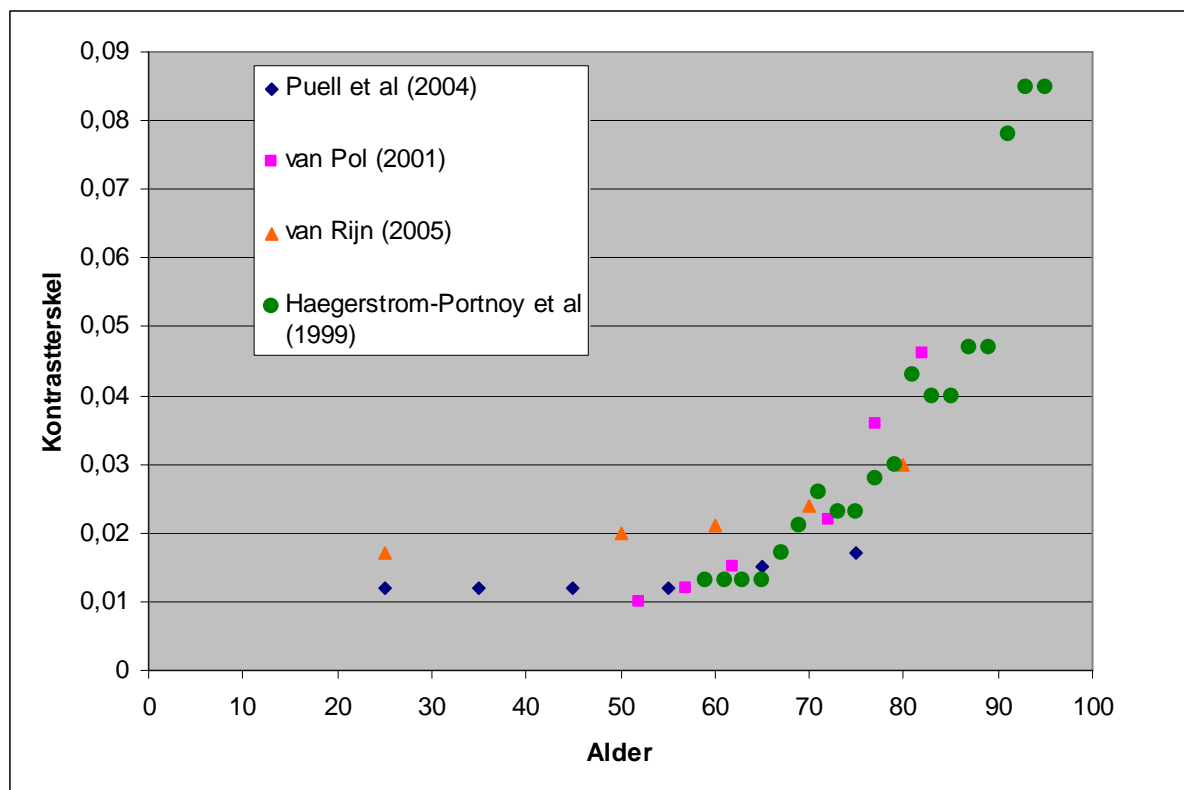
	Utvalgsstørrelse	Aldersspenn	Type utvalg	Korreksjon	Land
Puell et al (2004)	292	21 - 80	Befolkning	Optimal	Spania
Van Pol (2001)	777	50 - 85 år	Befolkningen	Antakelig vanlig	Nederland
Van Rijn (2005)	2422	20 - 75+	Førere	Vanlig	Nederland, Tyskland, Østerrike, Spania, Belgia
Haegerstrom-Portnoy et al (1999)	900	58 - 104 år	Befolkning	Vanlig	USA

Haegerstrom-Portnoy et al (1999) viser medianen og 1. og 2. kvartil i sine resultater mens de andre undersøkelsene viser gjennomsnitt og for Puell et al (2004) og van Pol (2001) også standardavviket.

I undersøkelsene er det brukt noe forskjellig måleenhet for kontrastfølsomheten. For å gjøre resultatene sammenlignbar er alle resultater regnet om til kontrastverdier (differensen mellom luminansen til testfiguren og luminansen til bakgrunnen dividert på luminansen til

<sup>6</sup> En forholdsvis hyppig brukt tavle har 6 bokstaver på hver linje og der kontrasten for de 3 bokstavene til venstre er høyere enn for de 3 til høyre. På neste linje har de tre bokstavene til venstre lavere kontrast enn de tre til høyre på linjen ovenfor og de tre til høyre lavere kontrast enn de tre til venstre. Kontrasten avtar altså både fra venstre mot høyre og ovenfra og nedover.

bakgrunnen). Resultatene fra undersøkelsene med disse omregningene er vist i figur 7. For Haegerstrom-Portnoy et al (1999) er medianverdien vist.



Figur 7 Sammenhengen mellom kontrastterskel og alder. Resultater fra fire undersøkelser

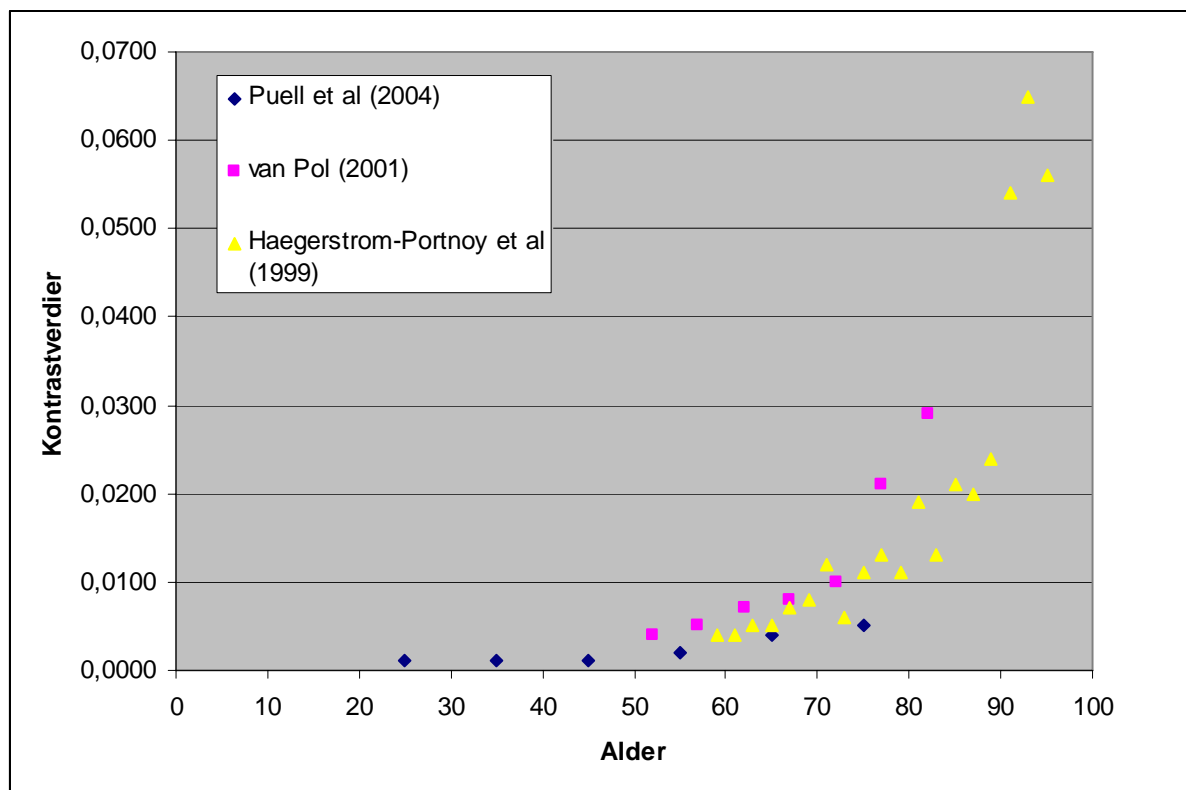
Figur 7 viser en del forskjell mellom resultatene fra de ulike undersøkelsene. Dette kan skyldes ulike testbetingelser, f eks ulik belysning. I undersøkelsen til Puell et al (2004) hadde personene optimal korreksjon. Dette kan bidra til å senke kontrastterskelen i forhold til personer som brukte sin vanlige korreksjon. Resultatene fra Haegerstrom-Portnoy et al (1999) og van Pol (2001) viser en sterkere økning av kontrastterskelen med alder enn det en ser for de andre undersøkelsene. Det er uklart hva årsaken til dette er.

Resultatene som vist i figur 7 tyder på at kontrastterskelen endres lite fram til 50-60 års alderen. Deretter øker den ganske sterkt med alderen. I forhold til personer i 20-årene har personer i 70-årene en terskel som er ca dobbelt så stor og for de i 80-årene omtrent 3 ganger så stor.

Bare Haegerstrom-Portnoy et al (1999) har med personer i 90-årene. Disse har en svært høy kontrastterskel. I utvalget var det 148 personer som var 85 år eller eldre. Det kan tenkes at antallet personer over 90 år er ganske lite slik at det er stor usikkerhet knyttet til resultatene til disse aldersgruppene. På den annen side vil hyppigheten av øyelidelser (f eks katarakt) som kan ha en sterk innflytelse på kontrastfølsomheten, øke med alderen. Det er derfor forståelig at personer i 90-årene kan ha en svært høy kontrastterskel.

I tre av undersøkelsene er et spredningsmål for måleresultatene vist. Puell et al (2004) og van Pol (2001) oppgir standardavviket mens Haegerstrom-Portnoy et al (1999) oppgir kvartilene.

For å få et felles mål på spredningen er kvartilene i Hægerstrom-Portnoy et al (1999) omregnet til standardavvik.<sup>7</sup> Figur 8 viser hvordan spredningen endres med alderen.



.Figur 8 Sammenhengen mellom standardavvik i målingene av kontrastterskel og alder. Resultater fra tre undersøkelser

Som for kontrastterskelen synes spredningen å øke for alvor først etter 50-60 års alderen. Som tidligere nevnt er det bare én undersøkelse som har med personer i 90-årene og antallet personer i denne aldergruppen kan være lite, noe som kan gjøre resultatene usikre. Som pekt på ovenfor er det mulig at en del personer i denne alderen har alvorlig øyelidelser noe som kan øke kontrastterskelen betydelig og dermed øke spredningen i målingene.

Disse resultatene viser at en gjennomsnittlig person over 60-70 år kan ha vesentlig dårligere kontrastfølsomhet enn en gjennomsnittsperson yngre enn 50 år. I tillegg øker spredningen i kontrastfølsomheten med alderen for de eldste slik at for noen av de eldre vil kontrastfølsomheten være svært dårlig.

### Kontrastfølsomhetsfunksjon

I den senere tiden er det blitt nokså vanlig å måle kontrastfølsomheten ved hjelp sinusmodulerte lysfordelinger der både frekvens og amplitude i fordelingen kan varieres. Vanligvis velger en visse frekvenser og bestemmer hvor stor amplitude som skal til for at personen skal se stripemønstret som sinusmodulering gir. Dette gir en såkalt kontrastfølsomhetsfunksjon (KFF)<sup>8</sup>. Funksjonen viser altså kontrastfølsomheten ved ulike

<sup>7</sup>  $((3.\text{kvartil} - 1.\text{kvartil})/2)/0,67$

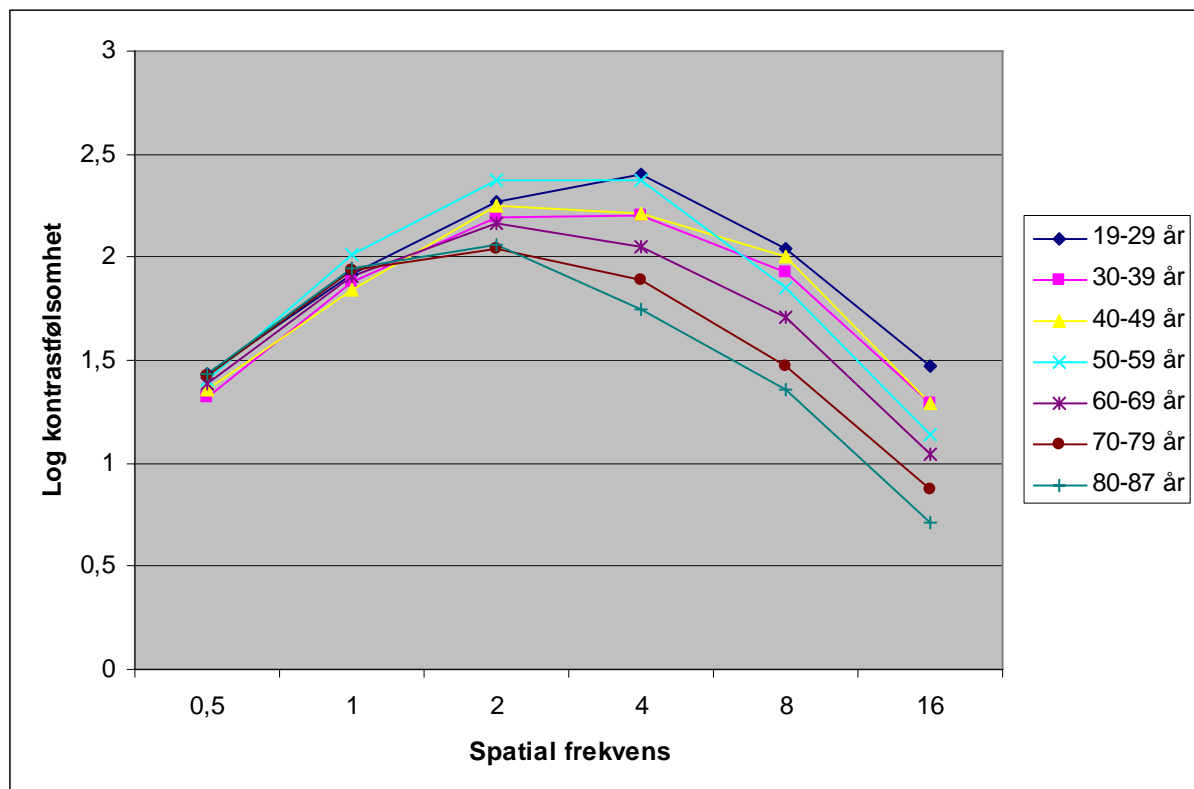
<sup>8</sup> På engelsk 'contrast sensitivity function' (CSF)

frekvenser av den spatiale sinusmodulerte lysfordelingen. I disse målingene defineres kontrast som  $(L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$ .

KFF bestemmes i dag vanligvis gjennom målinger der en bruker en veggtafle der ulike felt som er organisert i linjer på tavlen, har sinusoidale stripemønstre med forskjellig frekvens og amplitude. Hver linje har samme frekvens, men amplituden og dermed kontrasten avtar fra venstre til høyre. Kontrastfølsomheten for hver frekvens bestemmes av hvilke stripemønstre personen kan og ikke kan se.

I eldre undersøkelser ble ofte det sinusoidale stripemønsteret generert i en datamaskin og vist på en skjerm. En kan da lett vise mønstre med ulike frekvenser og variere amplituden for å finne terskelen for de valgte frekvensene.

Resultatene fra Owsley et al (1983) illustrerer KFF og hvordan den varierer med alderen (figur 9).



Figur 9 Kontrastfølsomhetsfunksjonen for ulike aldersgrupper. (Owsley et al, 1983)  
 $Kontrastfølsomhet = 1/kontrastterskel$

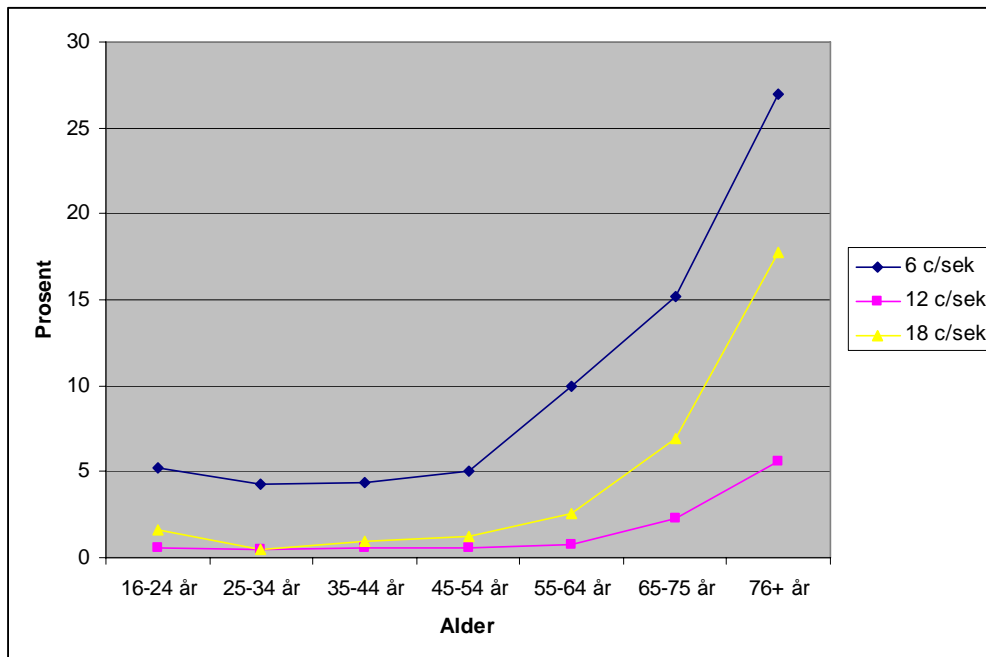
Høyeste kontrastfølsomhet finner en for frekvenser mellom 2 og 6 c/grad. Dette er typisk for KFF. Videre er det, som vist i figuren, vanlig at følsomheten avtar mer med økende enn ved avtakende frekvenser og særlig om en bruker høyere frekvenser enn 16 c/grad. Dette gjelder for alle aldersgrupper.

Figur 9 viser at det er liten forskjell i følsomheten mellom aldersgruppene ved de lave frekvensene mens forskjellen er betydelig for de høye. Målinger ved høye frekvenser og særlig for høyere frekvenser enn det som er brukt i Owsley et al, vil likne på synsskarphetsmålinger. Forskjell i kontrastfølsomhet mellom aldersgrupper for slike frekvenser samsvarer da også med resultater fra synsskarphetsmålinger der kontrasten mellom testfigur og bakgrunne ble variert (Haegerstrom-Portnoy et al, 1999).

Andre undersøkelser (Ivers et al, 2000; Evans & Ginsburg, 1985; Ross et al, 1985; Derefeldt et al, 1979) som har undersøkt sammenhengen mellom KFF og alder, finner omtrent den samme formen på funksjonen, men følsomhetsnivået kan variere betydelig mellom undersøkelsene. Disse undersøkelsene viser at kontrastfølsomheten avtar med alderen, men vanligvis gjelder det for alle frekvenser og ikke bare ved de midlere og høye som i Owsley et al (1983). Forskjellen i følsomheten mellom unge og eldre er imidlertid større ved høye enn ved lave frekvenser.

Decina & Staplin (1993) undersøkte KFF for et stort utvalg (n=12400) førere der aldersspennet var 16-76+ år. Resultatene presenteres som andelen innen hver aldersgruppe og for hver frekvens, som har dårligere kontrastfølsomhet enn normalt. Det er uklart hva som menes med normalt. Normalverdien kan være én som gjelder for alle uansett alder eller den kan være forskjellig for forskjellige aldersgrupper.

Resultatene (se figur 10) viser at andelen med kontrastfølsomhet under det normale er forholdsvis konstant opp til 50 årsalderen. Deretter stiger den i et akselererende tempo, men noe forskjellig for de ulike spatiale frekvensene. Uansett hvordan normalt er definert tyder resultatene på at en betydelig større andel av de eldre har en kontrastfølsomheten som er dårligere enn det en finner blant unge og middelaldrende.



Figur 10 Andelen innen ulike aldersgrupper og for forskjellige spatiale frekvenser, som har dårligere kontrastfølsomhet enn "normalt". Decina & Staplin (1993)

Samlet sett viser disse undersøkelsene av KFF at følsomheten avtar med alderen og mer ved høye enn ved lave frekvenser

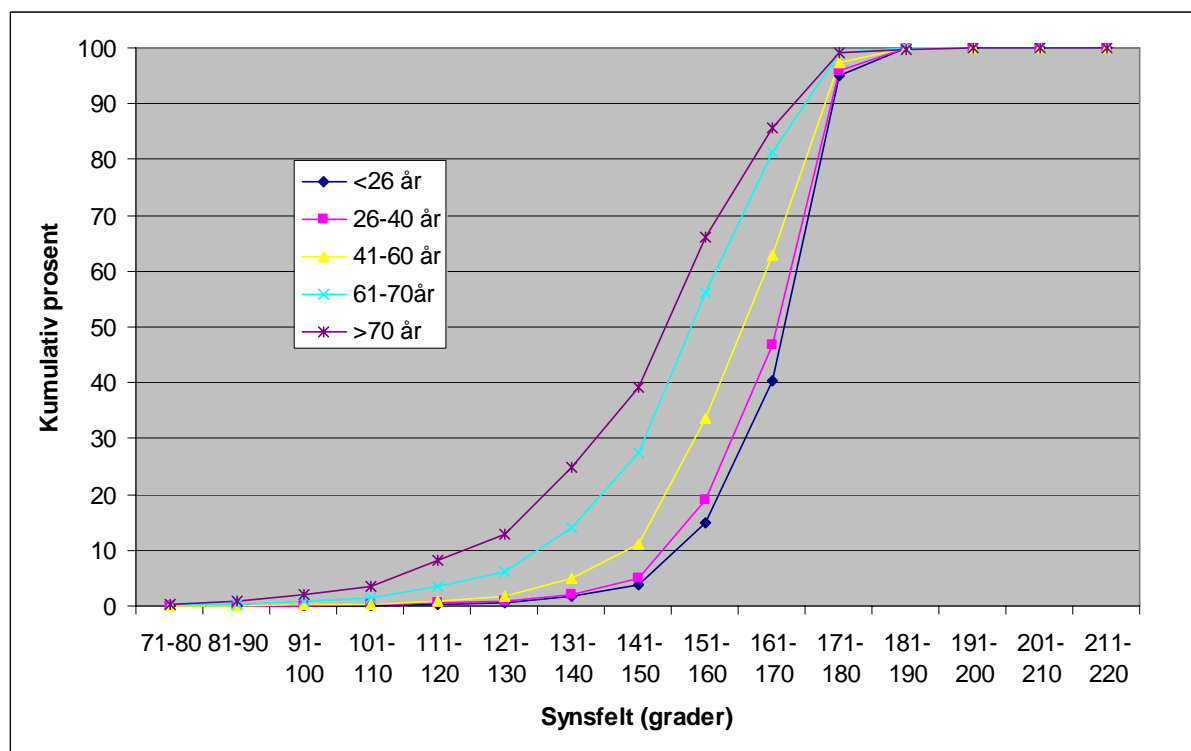
## Synsfelt

Synsfelt er betegnelsen på det område en person kan se objekter eller lys i når han/hun holder blikket festet på et punkt. Størrelsen oppgis som antall grader synsfeltet dekker i ulike retninger fra punktet blikket er rettet mot.

Synsfeltets størrelse måles ofte ved at en person plasseres foran en halvkule med hodet i sentrum av kulen og at det presenteres lysblink på ulike steder i halvkulen. Når lysblinkene presenteres ut mot kanten av halvkulen vil en finne at personen går over fra å se blinkene til ikke å se de. Denne overgangen viser grensen for synsfeltet.

En alternativ metode er å la personen se på et punkt rett fram å så føre f eks et lite mørkt sirkulært felt fra periferien og innover og la personen rapportere når han/hun ser punktet. Bakgrunnen som punktet sees mot er lys. En kan også bruke et lyst felt og la bakgrunnen være mørk. Poenget er at testfeltet må ha en rimelig høy kontrast mot bakgrunne. Både synsskarpheten (Pirenne, 1962a), lysfølsomhet (Pirenne, 1962b) og kontrastfølsomhet (Regan & Beverley, 1983) avtar ut mot periferien av synsfeltet. Resultatet av en synsfeltmåling vil derfor være avhengig av størrelsen av testfeltet og kontrasten mellom testfeltet og bakgrunnen. Er feltet lite og kontrasten liten må en føre testfeltet lenger inn fra periferien for at personen skal se det og det målte feltet blir da mindre enn om en brukte et testfelt større felt med større kontrast mot bakgrunnen.

Council & Allen (1974) har gjort den mest omfattende undersøkelse som viser sammenhengen mellom størrelsen av synsfeltet og alder. I undersøkelsen deltok 52000 førere i North Carolina. Bare den horisontale utstrekningen av synsfeltet ble målt med den andre metoden som er omtalt ovenfor. Resultatene fra denne undersøkelsen er vist i figur 11.



Figur 11 Sammenhengen mellom størrelsen av synsfeltet og alder. Figuren viser kumulativ prosent dvs ordinaten viser andelen som har et synsfelt lik eller mindre enn absisseverdien. Council & Allen (1974)



Kurvene i figuren viser for de ulike aldersgruppene andelen som har et synsfelt som er lik eller mindre enn abscisseverdien.

Ut fra resultatene ser det ut til at fra 20 års alderen og opp til 40 års alderen endres synsfeltsstørrelsen lite. Andelen med synsfelt på 150 grader eller mindre er omtrent den samme for de yngste som for de i alderen 26-40 år, dvs ca 5 %. Med videre økende alder blir andelen større og for førere over 70 år er den ca 40 %.

Der en stiller krav til førernes synsfelt er ofte kravet en horisontal utstrekning på 120 grader. Ut fra resultatene til Council & Allen (1974) er andelen som ikke tilfredsstillende dette kravet under 0,5 % for personer 40 år eller yngre. Blant personer i alderen 41-60 år er andelen 0,9 %, for 61-70 år 3,4 % og for over 70 år 8,2 %.

I et EU-prosjekt (van Rijn, 2005) ble synsfeltet målt blant 2373 førere fra fem land (Nederland, Belgia, Tyskland, Østerrike og Spania). I prosjektet ble det undersøkt hvor stor andel som ikke tilfredsstilte det vanlige kravet til synsfelt, dvs en horisontal utstrekning på 120 grader og ingen overlappende skotomer i dette området. Resultatene ble klassifisert som akseptabel, tvilsom og uakseptabel. Tabell 3 viser for ulike aldersgrupper andelen tvilsomme og uakseptable.

*Tabell 3 Andelen (%) med synsfelt som klassifiseres som tvilsom eller uakseptabel i forhold til kriteriet om et horisontalt synsfelt på 120 grader og uten overlappende skotomer (van Rijn, 2005)*

	Alder				
	20-30 år	45-54 år	55-64 år	65-74 år	>74 år
Tvilsom	0	0,5	0,6	1,2	2,4
Uakseptabel	0	0,5	0,6	0,8	2,7

Selv blant de eldste er det en liten andel (2,7 %) som har et uakseptabelt synsfelt.

Decina & Staplin (1993) målte synsfeltet til 12400 førere i Pennsylvania, USA. Testingen foregikk ved at lys kunne blinke 45, 55, 75 og 85 grader ut til venstre eller høyre side. Det er altså bare den horisontale utstrekningen av synsfeltet ble undersøkt og målingene er ganske grove. Resultatene er vist i tabell 4.

*Tabell 4 Sammenhengen mellom synsfeltsstørrelse og alder. Andelen (%) for ulike aldersgrupper som har synsfelt av visse størrelser (Decina & Staplin, 1993)*

	Alder						
	16-24 år	25-34 år	35-45 år	46-55 år	56-65 år	66-75 år	76+ år
<140°	0,5	0	2	1	2	3	8
140-155°	3	5	6	9	19	29	38
170°	97	96	92	89	78	66	52

Resultatene blir presentert som andelene med synsfelt på < 140 grader, 140-155 grader og 170 grader. Resultatene viser at det er først etter 50-60 års alderen at en finner andeler av betydning med redusert synsfelt.

Johnson & Keltner (1983) undersøkte synsfeltet til 10000 fører i Kalifornia. Undersøkelsen omfattet områder som lå 40 grader opp, ned eller nasalt og 60 grader ut til siden i hvert øye. Resultatene presenteres som andelen som har avvikende eller alvorlig avvikende synsfelt. Klassifiseringen avvikende ble brukt om det synsfeltet for det enkelte øye var mindre enn måleområdet i undersøkelsen eller hadde skotomer innen dette området. Betegnelsen alvorlig avvik ble brukt når bortfall i synsfeltet var omfattende.

Tabell 5 Andelen i ulike aldersgrupper avvikende og alvorlig avvikende synsfelt (Johnson & Keltner, 1983)

	Alder										
	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	>65
Avvik	2,1	2,2	2,2	3,1	2,4	2,5	2,3	3,5	2,6	4,8	9,2
Alvorlig avvik	0,2	0,1	0,2	0,0	0,4	0,0	0,4	0,1	0,5	0,9	3,7

En finner avvik i synsfeltet for alle aldersgruppene men andelen øker for de over 50-60 år. Andelen med alvorlige avvik er ubetydelig fram til 60 år alderen og for de over 65 år er den 3,7 %.

For å få et overblikk over resultatene fra de ulike undersøkelsene viser figur 12 for ulike aldersgrupper andelen som har synsfeltsstørrelse under visse kriterier. Kriteriene er noe forskjellig for de ulike undersøkelsene men like nok til en får et bilde av hvordan andelen med redusert synsfelt endres med alderen.

Andelene varierer noe mellom undersøkelsene. Det kan skyldes at noe forskjellige kriterier er brukt og at målemetoden har vært forskjellig. Dessuten er andelen lest av fra figurer i publikasjoner noe som gjør verdiene noe usikre. Utvalgene i alle undersøkelsene består av førere. I land der det er krav til føreres synsfeltsstørrelsen vil en forvente en liten andel som har klart redusert synsfelt. Dette gjelder for resultatene til van Rijn (2005) og en ser da også at andelen med synsfelt under kriteriet (120 grader horisontal utstrekning og uten skotomer) er liten selv for de eldste.

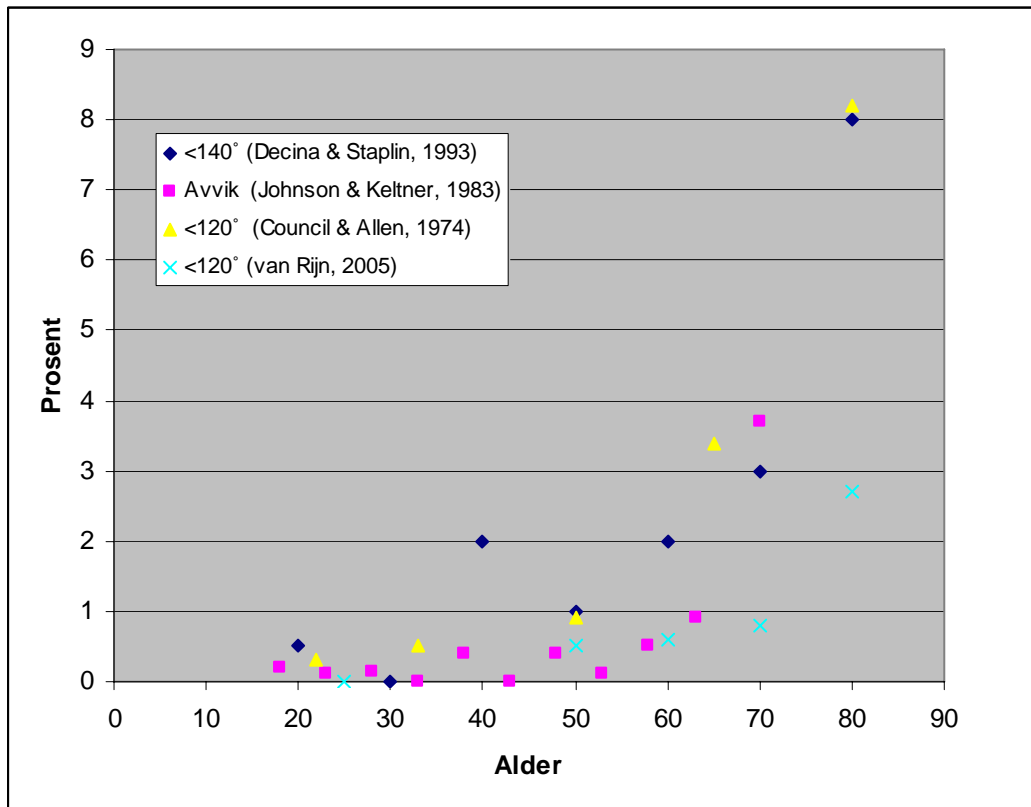
Figur 12 viser at fram til 50-årene er få som har et klart redusert synsfelt (f eks <120 grader horisontal utstrekning). Med videre økende alder stiger andelen og for et uselektert utvalg (ikke krav til synsfelt) er den for 70-åring mellom 3 og 4 % og for 80-åring rundt 8 %. I selekterte utvalg (van Rijn, 2005) er det blant 70-åring under 1 % som har et horisontalt synsfelt mindre enn 120 grader.<sup>9</sup>

Resultatene i disse undersøkelsene er basert målinger der det har vært en forholdsvis stor kontrast mellom testfelt og bakgrunn. I en kjøresituasjon kan kontrasten mellom et relevant objekt og bakgrunnen være liten. Siden kontrastfølsomheten avtar utover mot periferien av

<sup>9</sup> Det er uklart i hvilken grad synsfeltskravet blir fulgt opp i praksis i de ulike landene som inngikk i undersøkelsen.

synsfeltet (Regan & Beverley, 1983) kan det være at objektet må være ganske nært senteret av synsfeltet før det kan sees. En vet også at kontrastfølsomheten avtar med alderen (se tidligere kapittel) slik at et lavkontrastobjekt må være nærmere synsfeltsentret for eldre enn for yngre.

I en faktisk kjøresituasjon kan altså det funksjonelle synsfeltet (området der relevante objekter faktisk sees) være betydelig mindre enn det resultatene i disse undersøkelsene viser og det gjelder antakelig i større grad for eldre enn for yngre.

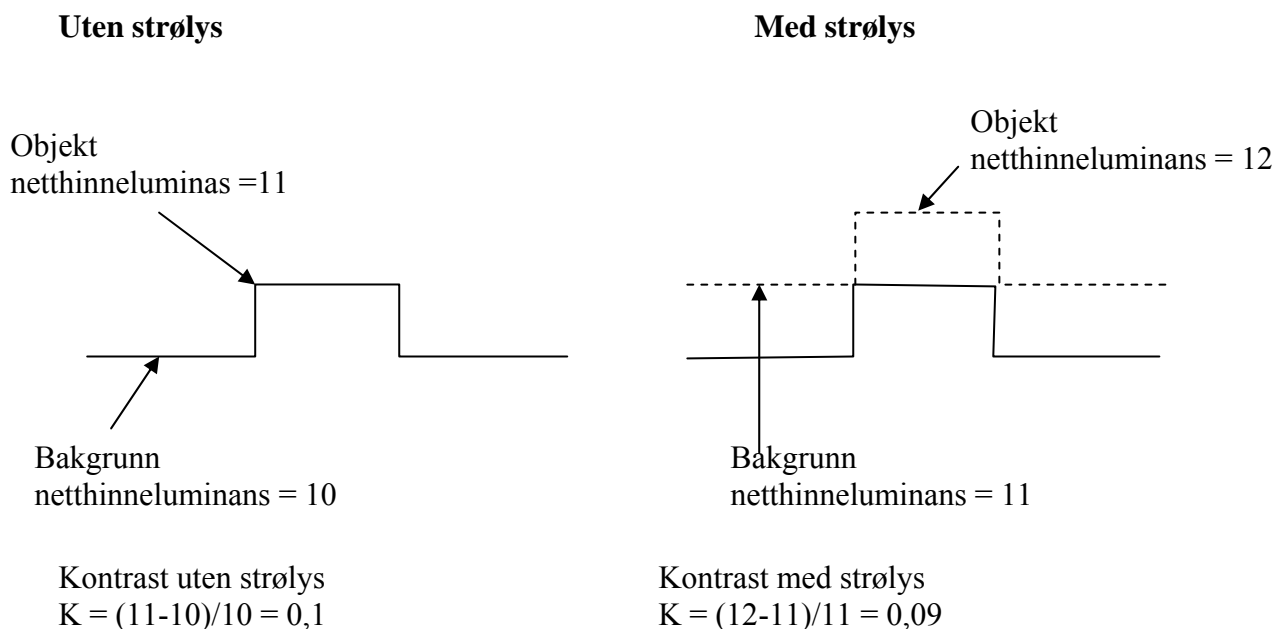


Figur 12 Andel med innskrenket synsfelt ut fra kriterier som er noe forskjellig for de ulike undersøkelsene. Resultater fra 4 undersøkelser

## Blending

Blending er betegnelsen på den negative effekten en sterk lyskilde i synsfeltet har på synsfunksjoner som kontrastfølsomhet og synsskarphet. Et objekt plassert nær en sterk lyskilde vil være vanskeligere å se fordi kontrasten mellom objektet og bakgrunnen blir redusert. Siden synsskarpheten blir dårligere når kontrasten reduseres (Haegerstrom-Portnoy et al, 2000) vil en sterk lyskilde også redusere synsskarpheten.

Årsaken til blending er at lyset fra en punktluskilde ikke bare samles i et punkt på netthinnen, men noe av lyset vil spres over store områder av netthinnen (strølyset). Spredningen skyldes urenheter i hornhinnen og linsen, refleksjoner inne i øyet og at lys trenger gjennom øyevæggen (van den Berg, 1995). Hvordan strølyset reduserer kontrasten er illustrert i figur 13.



Figur 13 Effekten av strølyset på kontrast

Avbildningen av et objekt og dets bakgrunn vil gi en viss luminansfordeling på netthinnen. Strølyset (stiplet linje) kommer som et tillegg i denne luminansfordelingen. Dette fører til et høyere luminansnivå i avbildningen, men differansen mellom luminansnivåene til objekt og bakgrunn vil være den samme. Siden kontrasten er bestemt av denne differansen i forhold til bakgrunns luminansen blir kontrasten mindre.<sup>10</sup> For å opprettholde samme kontrast må altså luminansnivået til objektet økes proporsjonalt med økningen av bakgrunns luminansen.

<sup>10</sup> En økning av belysningen av selve objektet og dets bakgrunn vil ikke redusere kontrasten. Luminansene til objekt og bakgrunn er bestemt av belysningsstyrken og reflektansen (andelen av innfallen lys som blir reflektert) til objektet og bakgrunnen. Selv om belysningen endres vil derfor forholdet mellom differansen (objekt – bakgrunn) og bakgrunn være den samme og dermed gi samme kontrast.

Virkingen av en blendingslyskilde kan undersøke ved å måle kontrastterskelen i et område ved siden av lyskilden. Ved å variere lysstyrken til blendingslyskilden og avstanden mellom lyskilden og området der kontrastterskelen måles kan en finne effekten av disse variablene på kontrastterskelen. Sagt på en annen måte undersøker en hvordan mengden strølys varierer med styrken av blendingslyskilden og lateral avstanden fra denne.

I de senere årene er en ny metode blitt introdusert, der en mer direkte måler intensiteten av strølyset. Denne metoden ble brukt av IJspeert et al (1990) for å måle mengden strølys av en blendingslyskilde i et utvalg på 129 personer og med aldersspenn på 20-82 år. Ved siden av alderen til forsøkspersonene ble også blendingsvinkel (vinkelavstanden mellom blendingslyskilden og området der strølysmengden ble målt) variert. For alle de vinkelavstandene som ble brukt, fant de at strølysmengden økte med økende alderen, forholdsvis langsomt opp til 50-års alderen, deretter gradvis raskere.

Ut fra resultatene til IJspeert et al (1990) har en kommet fram til likninger som viser hvordan strølysintensiteten varierer med faktorer som personens alder, blendingsvinkel, intensiteten til blendingslyset og personens øyefarge. Vos (2003) presenterer en likning som gjelder for blendingsvinkler mellom 1 og 30 grader, et område som dekker aktuelle blendings situasjoner i trafikken. I denne likningen er ikke øyefarge tatt med som en faktor.

$$L_{\text{strølys}} = (E_{\text{blendingslys}} * 10 (1 + [\text{alder}/70]^4)) / \Theta^2$$

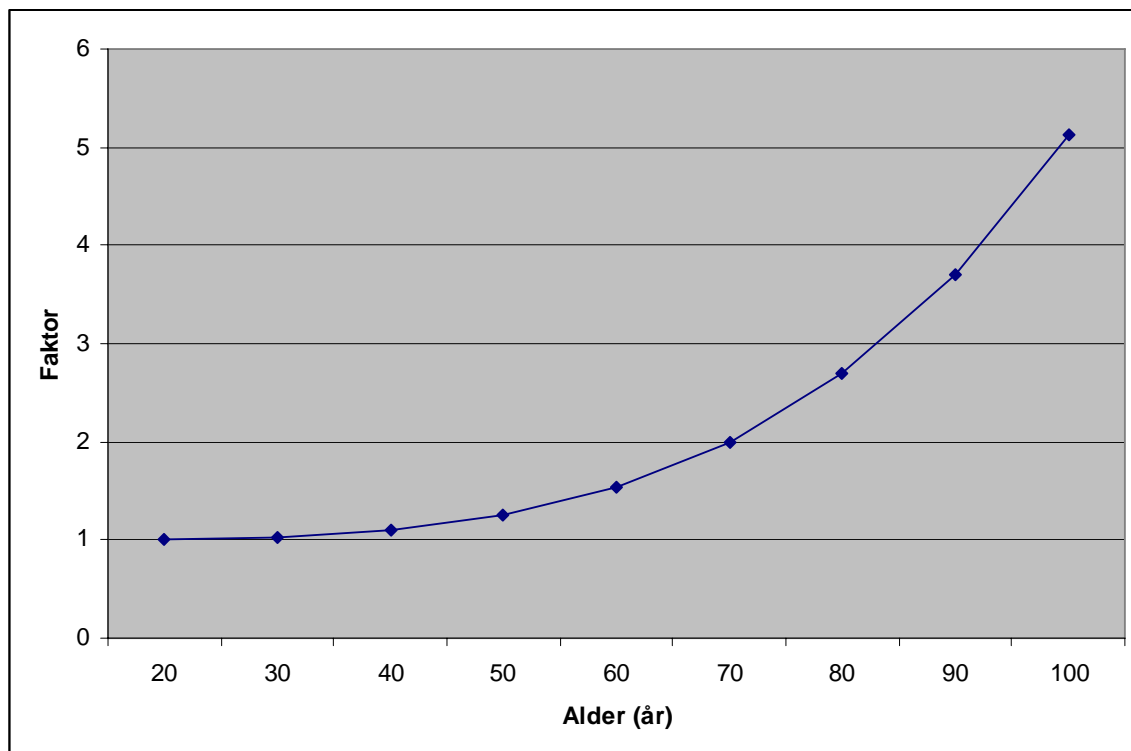
L = luminans i cd/m<sup>2</sup>

E = belysningen av øyet av blendingslyset (lux)

Alder oppgis i år

Θ = blendingsvinkel (grader)

Denne funksjonen er vist grafisk i figur 14.



Figur 14 Sammenhengen mellom alder og mengden strølys. Basert på funksjon gitt av Vos (2003).

Abscissen i figuren viser hvor mange ganger høyere strølysintensitet en person i en viss alder vil få av en blendingslyskilde i forhold til strølysintensiteten til en person på 20 år. Strølysintensiteten øker med alderen i et akselererende tempo. En 70-åring vil ha dobbelt så høy strølysintensitet som en 20-åring og for en 90-åring vil den være mellom 2 og 3 ganger så høy.

Resultatene til IJspeert et al (1990) som er grunnlaget for likningen Vos (2003) kommer fram til, er basert på et utvalg av personer som hadde god synsskarphet (1,0 eller bedre) og var uten øyelidelser. I et utvalg som er representativt for førere vil det særlig blant de eldre være personer med ulike øyelidelser som f eks katarakt. Katarakt øker mengden strølys og hyppigheten av denne lidelsen øker med alderen. IJspeert et al (1990) peker da også på at med et mer normalt utvalg ville strølysintensiteten stige raskere med alderen enn det de fant og da også raskere enn det som figur 14 viser.

I et EU-prosjekt (GLARE) ble strølysintensiteten målt i et utvalg på 2044 førere fra 5 land (Nederland, Belgia, Tyskland, Østerrike og Spania) (van Rijn, 2005). Resultatene oppgis i log strølysenheter der økende verdi viser økende strølysintensitet. En verdi over 1,4 ansees å innebære en svekkelse og en verdi rundt 2 for en alvorlig svekkelse. van Rijn oppgir andelen innen hver gruppe som har verdi innen visse intervaller av strølysenheter. Resultatene fra disse målingene er vist i tabell 6.

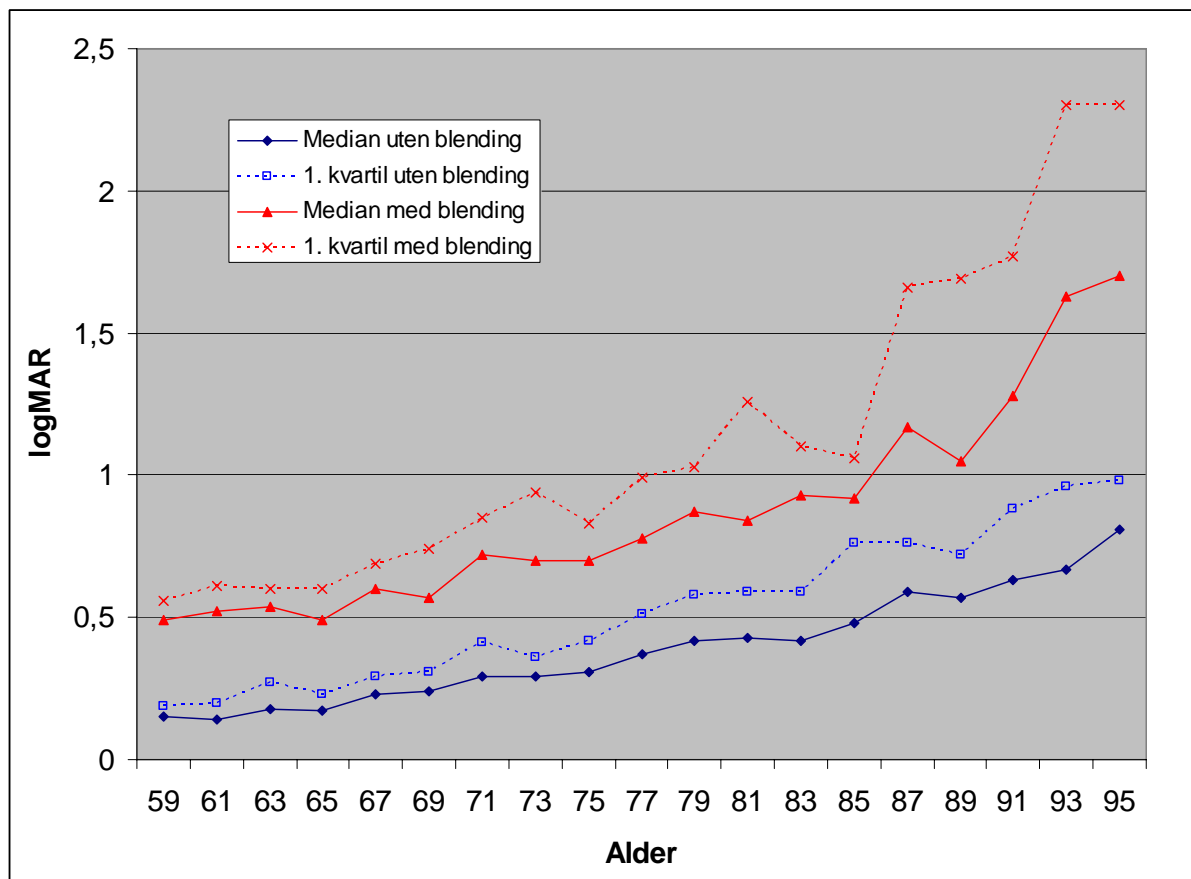
Tabell 6 Sammenhengen mellom strølysintensitet og alder (van Rijn, 2005)

Log strølysenhet	Alder				
	20-30	45-54	55-64	65-74	75+
<1	85,8	40,5	15,9	7,4	4,8
1-1,4	14,2	58,6	79,4	81,4	65,7
1,41-1,8	0	0,8	4,7	10,9	27,8
>1,8	0	0	0	0,2	1,7

Tabellen viser at strølysintensiteten øker klart med alderen. Mens ingen har strølysverdi over 1,4 i den yngste aldersgrupper er andelen i aldersgruppen 65-74 år ca 11 % og i for de over 75 år rundt 30 %. Andelen med verdi over 1,8 som innebærer en alvorlig svekkelse, er liten selv blant de eldste.

Haegerstrom-Portnoy et al (1999) undersøkte sammenhengen mellom alder og virkningen av blending på synsskarpheten. I undersøkelsen deltok 900 personer i alderen 58-102 år. Synsskarpheten ble målt med en liten bokstavgavle der kontrasten mellom bokstaver og bakgrunn var forholdsvis liten, ca 10 %. Omgivelsene til tavlen var transparent og kunne belyses bakfra. Uten lys bakfra hadde omgivelsene en luminans på 80 cd/m<sup>2</sup> og med lys bakfra (blendingssituasjonen) en luminans på 3300 cd/m<sup>2</sup>.

Resultatene fra disse målingen med blending er vist i figur 15. I samme figur er det tatt med resultater fra samme undersøkelse der synsskarpheten for en bokstavgavle med kontrast 16-19 % ble målt men uten blending. Bakgrunns luminansen under denne siste betingelsen er ikke oppgitt, men antakelig lå den i nærheten av det som ble brukt i synsskarphetmålingen i blendingsforsøket. Avstanden til bokstavgavlen i blendingsforsøket var 40 cm mens den i kontrastfølsomhetsforsøket var ca 3 meter. Disse forskjellene i målebetingelsene gjør at en ikke uten videre kan se hvor mye blendingen reduserer synsskarpheten. Når resultatene fra begge betingelsene er tatt med i figuren er det for å illustrere sammenhengen mellom virkningen av blending og alder.



Figur 15 Synskarphet for ulike aldersgrupper under blending og under tilnærmet samme betingelser uten blending. Median og 1. kvartil. (Hægerstrom-Portnoy et al, 1999)

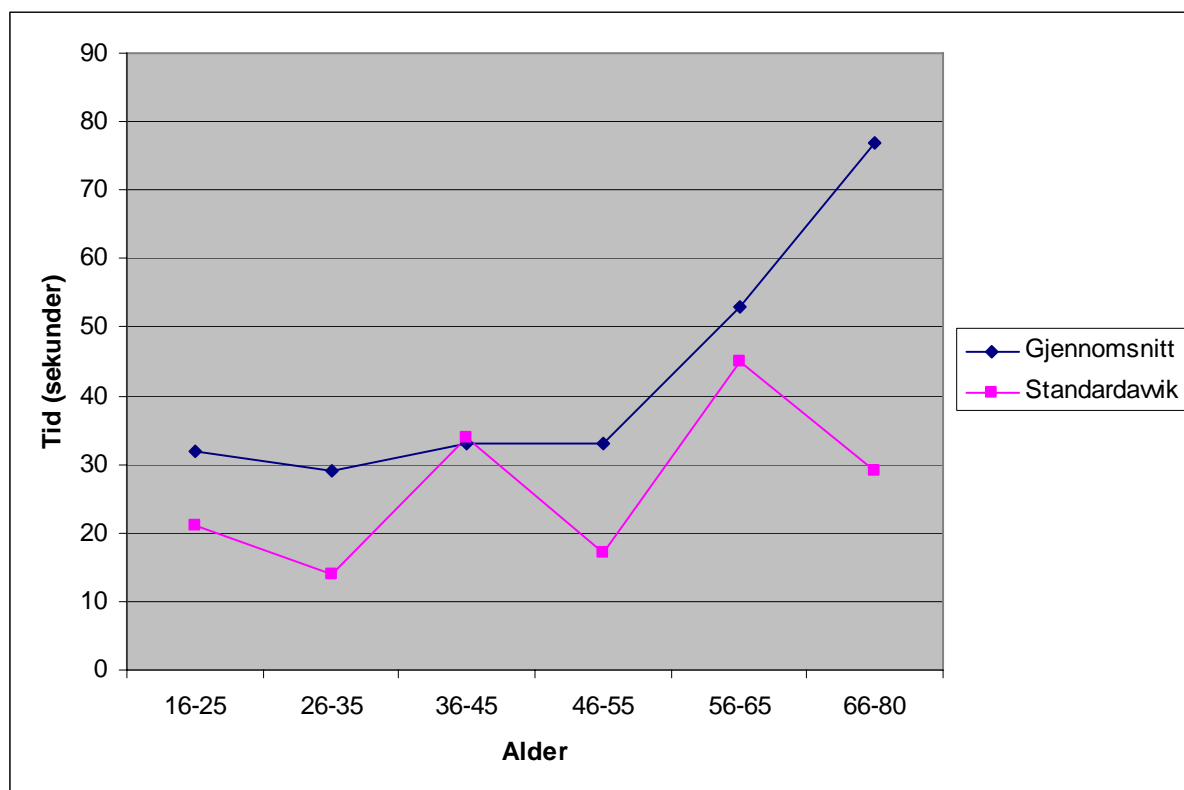
På tross av de ulikheten i forsøksbetingelsene som er nevnt ovenfor er det neppe tvil om at blending reduserer synsskarpheten og at denne reduksjonen øker med alderen. Et annet trekk er at spredningen i synsskarpheten er større med enn uten blending og at spredningen øker raskere med alderen med blending enn uten blending. Med blending vil altså en betydelig del av de eldre ha svært dårlig synsskarphet. Under de blendingsbetingelsene som ble brukt her, vil en fjerdedel av personene i 90-årene trenge bokstaver som er om lag 30 ganger eller mer større enn bokstavene en vanlig 60-åring trenger for å identifisere dem.

## Mørkeadaptasjon

Effekten av blinding måles i en statisk situasjon. Blendingslyset er hele tiden til stede under målingen av f.eks. kontrastfølsomheten eller synsskarpheten. I trafikken kan situasjoner der lysnivået skifter raskt fra høyt til lavt (f.eks. kjøring inn i tunnel) eller fra lavt til høyt (kjøring ut av tunnel) skape store problemer. Store og raske skifter i lysnivået gjør at synssystemet for en periode ikke er tilpasset det lysnivået som omgivelsene har. I disse periodene fungerer synet dårlig. Det er derfor av interesse å kjenne til hvor mye synsevnen reduseres i denne tilpassingsperioden, hvor lang tid tilpassingen tar og om grad av svekkelse og lengden av tilpassingstiden er avhengig av alder.

Disse problemene inngår ikke i oppdraget men et par undersøkelser der en ser på effekten av en kraftig og rask reduksjon i lysnivået på kontrastfølsomheten er tatt med her for å illustrere problemet.

Collins (1989) målte tiden det tok fra en person hadde sett på et felt med høy luminans ( $4,6 \cdot 10^4 \text{ cd/m}^2$ ) til en viss kontrastfølsomhet var nådd. Denne kriteriefølsomheten var relatert til personenes kontrastfølsomhet under vanlige betingelser. Resultatene er altså ikke influert av at personene i utgangspunktet kunne ha forskjell i kontrastfølsomhet. Luminansnivået under målingene av kontrastfølsomheten var  $10,1 \text{ cd/m}^2$ . I forsøket deltok 65 personer i alderen 16-79 år. Resultatene fra forsøket er vist i figur 16.

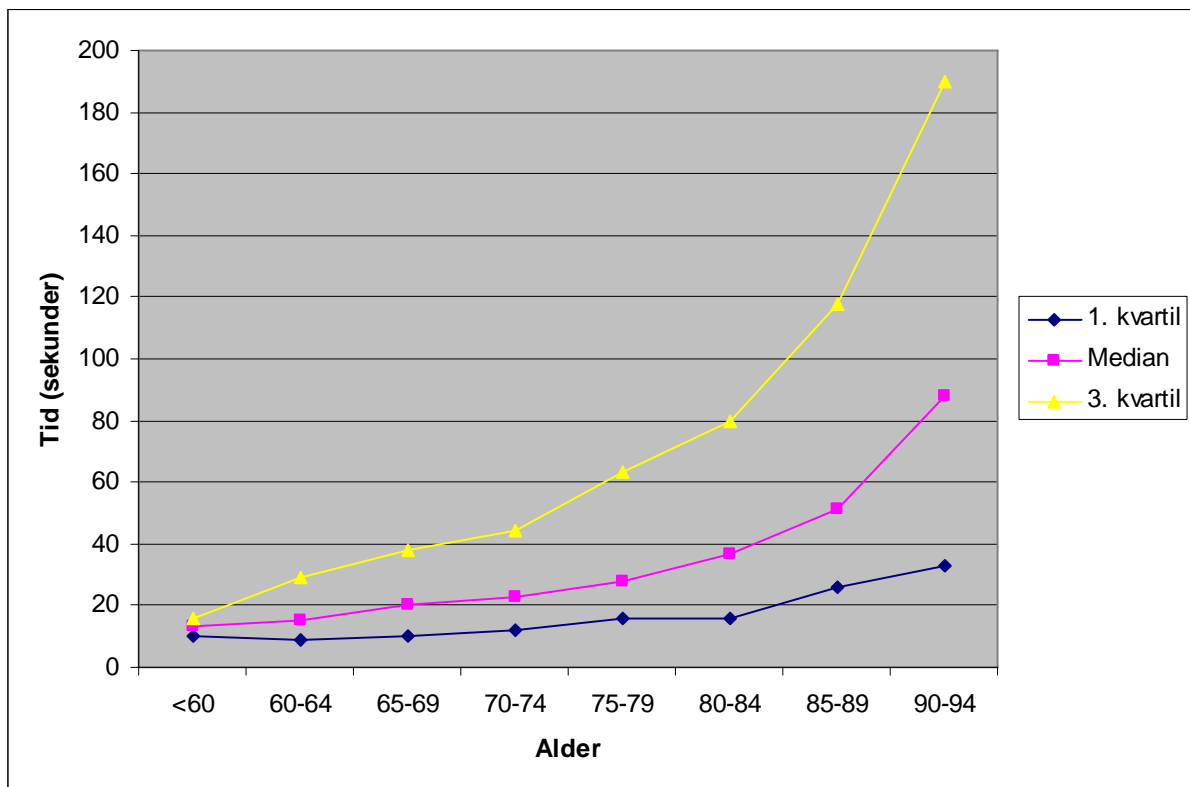


Figur 16 Tid for å gjenvinne kontrastfølsomheten etter å ha sett på et felt med høy luminans (Collins, 1989)



Gjennvinningstiden er forholdsvis konstant for personer under 50 år. For de over 50 år øker gjennvinningstiden sterkt med økende alder. Gjennomsnittlig gjennvinningstid for aldersgruppen 66-80 år er mer enn dobbelt så lang som den til de unge. Spredningen i gjennvinningstiden øker også med alderen, men denne økningen er moderat i forhold til økningen av gjennomsnittet.

Haegerstrom-Portnoy et al (1999) målte også gjennvinningstiden for personer som hadde sett på et felt med høy luminans, men i stedet for kontrastfølsomheten var det synsskarpheten som skulle gjenvinnes. Målingene ble foretatt på 900 personer i alderen 58-102 år. Personene så først på et felt med luminans  $3300\text{cd/m}^2$  og deretter på en liten tavle med bokstaver med liten kontrast (0,1) mot bakgrunnen. Den synsskarpheten som skulle nåes og som gjennvinningstiden måles i forhold til, var tilpasset den enkelte personen ut fra personens synsskarphet i en vanlig testsituasjon. Resultatene av målingene er vist i figur 17.



Figur 17 Tid for å gjenvinne synsskarpheten etter å ha sett på et felt med høy luminans. Median og kvartiler (Haegerstrom-Portnoy et al, 1999)

Gjennvinningstiden øker med alderen, først langsomt men etter hvert raskere. I forhold til gjennvinningstiden for en 60-åring er gjennvinningstiden for 70-80 åringer omtrent dobbelt så lang, for 80-90 åringer 3 ganger så lang og for personer i 90 årene 6-7 ganger så lang. Spredningen øker sterkt med alderen. Mens de aller fleste 60-åringer har en gjennvinningstid på under 20 sekunder, vil en fjerdedel av de i 80-årene ha en gjennvinningstid på 80 til 120 sekunder eller mer og for de i 90 årene vil en fjerdedel ha en gjennvinningstid på 3 minutter eller mer. Ved høy alder kan altså gjennvinningstiden for mange bli svært lang.

Disse to undersøkelser tyder på at eldre har betydelig større synsproblemer enn unge og middelaldrende ved en overgang fra lyse til mørke omgivelser.

# **Sammendrag av forskningsrapporter**

Sammendragene er ordnet etter synsfunksjoner og satt opp alfabetisk etter forfatter innen hver synsfunksjon. Noen undersøkelser omfattet flere synsfunksjoner og er da nevnt flere steder

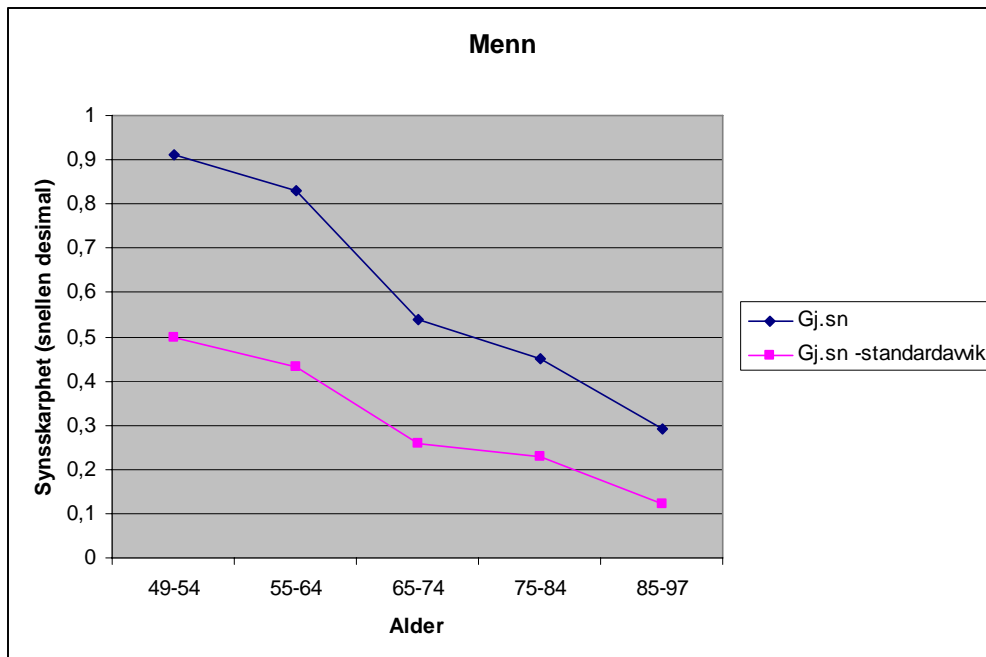
# Synsskarphet

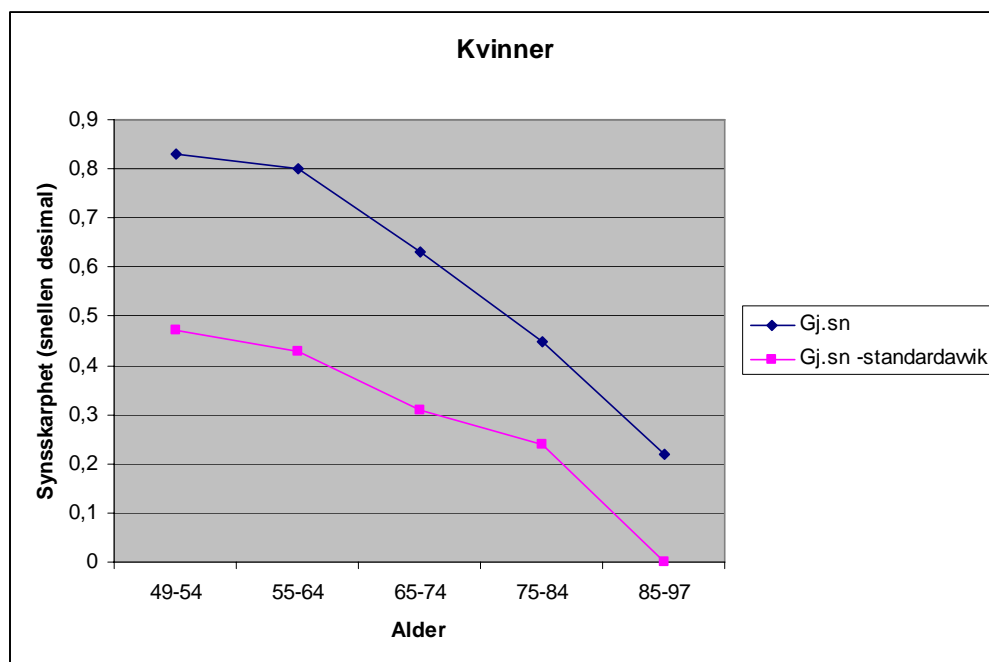
**Attebo, K., Mitchell, P. og Smith, W. (1996)**

Visual acuity and the causes of visual loss in Australia. *Ophthalmology*, vol 103, 357-364

Beboerne eldre enn 48 år i Blue Mountain regionen utenfor Sydney i Australia deltok i en synsundersøkelse. I alt deltok 3647 personer i undersøkelsen. Det utgjør 88 % av de aktuelle personene i regionen. Ulike synsfunksjoner deriblant synsskarphet ble målt ved siden av kartlegging av øyensykdommer, funksjonsevne ol. Synsskarpheten ble målt med en logMAR tavle (logMAR – logaritmen til Minimum Angular Resolution). Resultatene oppgis som antall bokstaver som kan leses på tavlen. Jo flere bokstaver som kan leses jo bedre er synsskarpheten. Målingene ble foretatt på hvert øye for seg og resultatene for det beste øyet blir presentert. Det er skilt mellom menn og kvinner og mellom 5 aldersgrupper. Målingene ble foretatt med den korreksjonen personene kom med og etter en nøyaktig korreksjon foretatt på teststedet. Det første settet med målinger er mest interessant i denne sammenhengen. Resultatene er presentert grafisk. Ut fra figurene er antall leste bokstaver lest av og dette er omregnet til snellendesimal. Rapporten oppgir både gjennomsnittresultatene og standardavviket fra målingene.

Figurene nedenfor viser for menn og for kvinner gjennomsnittlig synsskarphet (rød søyle) for de ulike aldersgruppene. De grønne søylene viser gjennomsnittet minus ett standardavvik. Det vil si den synsskarpheten som ca 16 % av utvalget har dårligere enn.





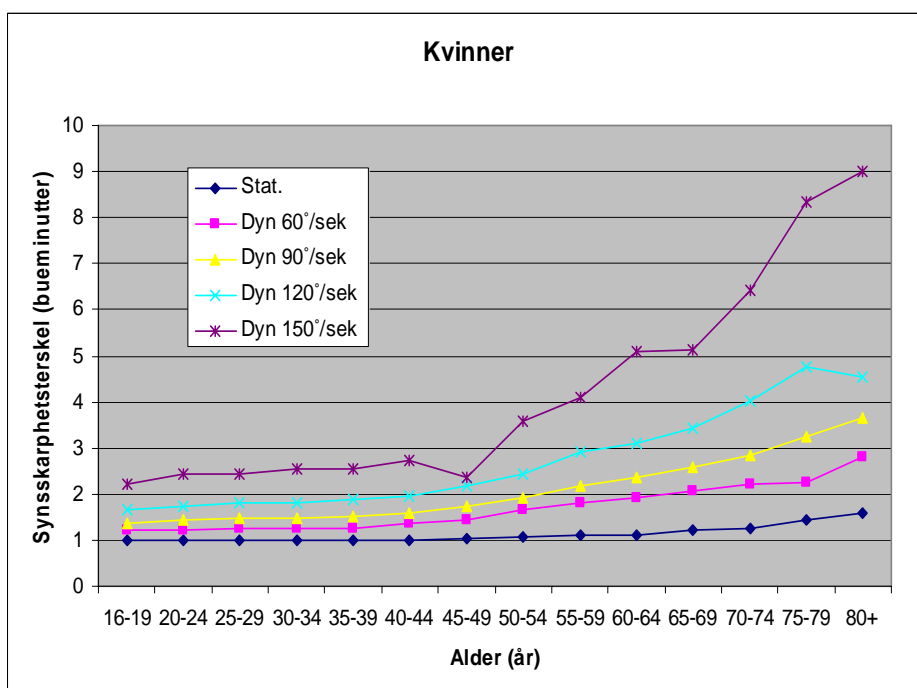
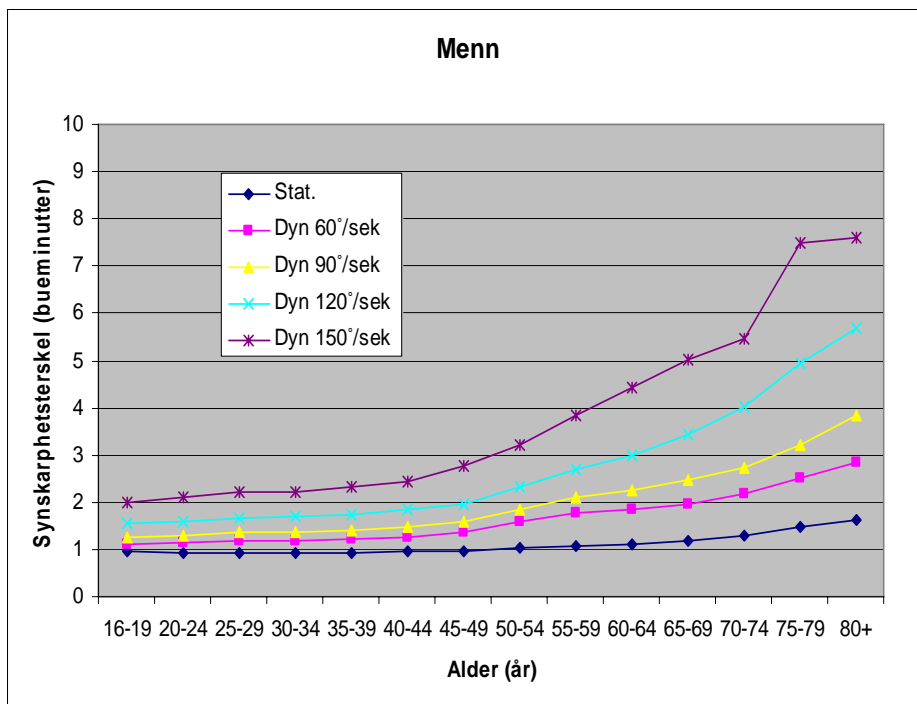
Resultatene viser at synsskarpheten synker ganske klart fra 50-60 års alderen og at den dårligste tredjedelen av personene i de høyere aldersgruppene har en synsskarphet som er svært dårlig, 0,2-0,3 eller lavere. Det betyr at de på 20 fots (6 m) avstand akkurat kan se det en gjennomsnittlig ung person ser på 20 m eller mer.

I undersøkelsen ble det vist at med riktig korreksjon ble synsskarphet klart forbedret. Dette gjaldt for alle aldersgruppene.

### **Burg, A. (1966)**

Visual acuity as measured by dynamic and static tests: A comparative evaluation. *Journal of Applied Psychology*, vol 50, 460-466

Burg målte både statisk og dynamisk synsskarphet blant 17500 førere i alderen 16-92 år i Kalifornia. I den dynamiske testen ble det brukt 4 vinkelhastigheter på testfiguren, 60, 90, 120 og 150 °/sek. Synsskarpheten måles ved å presentere et svart-hvitt rutemønster for personene. Størrelsen på rutene kunne varieres. Rutemønstret kunne vises i fire ulike posisjoner og personenes oppgave var å angi posisjonen. Rutemønstret ble projisert på en buet skjerm foran personen og dekket 180° av personens horisontale synsfelt. I den statiske testen ble rutemønstret vist midt i skjermen og i den dynamiske beveget rutemønstret seg fra venstre mot høyre. Personene brukte sin vanlige korreksjon om de hadde noen. Resultatene viser derfor synsskarpheten personene ville ha under kjøring. I resultatene er det skilt mellom menn og kvinner og både gjennomsnitt og standardavvik er oppgitt. Resultatene presenteres som størrelsen i buesekunder på den minste ruten i rutemønstret som personene kunne angi riktig posisjon for. Gjennomsnittlig synsskarphetsterskel for menn og for kvinner og for de ulike aldersgruppene er vist nedenfor.



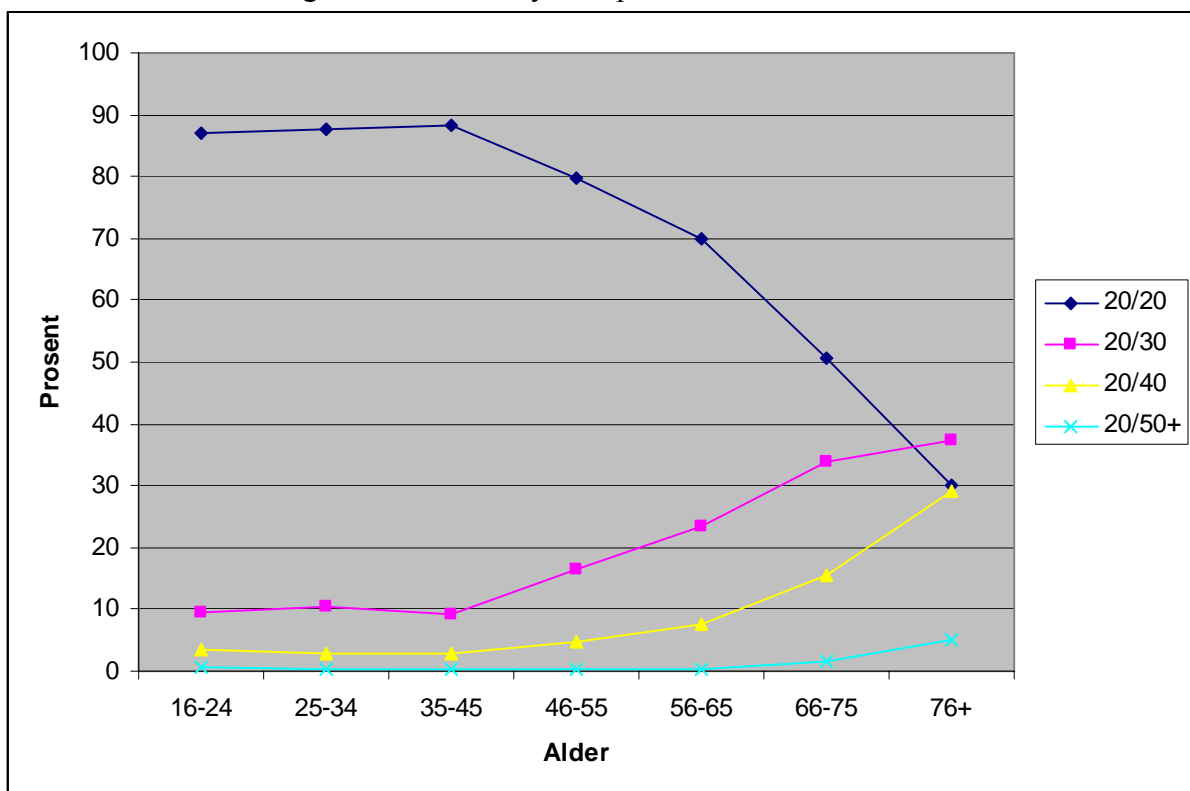
Synsskarphetsterskelen er lavere for den statiske enn den dynamiske presentasjonen og øker progressivt med hastigheten i den dynamiske testen. Terskelen øker med økende alder. Denne økningen er moderat for statisk synsskarphet. For den dynamiske synsskarpheten er økningen med alderen mer markert og særlig når testfiguren beveger seg med høy hastighet. For den statiske testen starter økningen for alvor først etter 60 år, mens den for den dynamiske testen starter tidligere (40-50 år). Burg fant at kvinner hadde litt høyere terskel enn menn og det gjaldt for både den statiske og dynamiske synsskarpheten. Forskjellen mellom menn og kvinner er imidlertid liten både i forhold til alderseffekten og til spredningen i resultatene. Standardavviket er større for de dynamiske enn for de statiske resultatene og øker også med

hastigheten i de dynamiske testbetingelsene. Det er også en økning i standardavviket med økende alder for alle betingelsene.

**Decina, L.E. og Staplin, L. (1993)**

Retrospective evaluation of alternative vision screening criteria for older and younger drivers. *Accident Analyses and Prevention*, vol 25, 267-275

Undersøkelsen ble gjennomført tidlig på 90-tallet i Pennsylvania, USA. Synsfunksjoner, deriblant synsskarphet, ble målt på 12400 førere som kom for å fornye førerkortet. Personene visste ikke at synet ville bli undersøkt ved oppmøtet. Synsskarpheten ble målt binokulært og med den korreksjonen personene møtte opp med. Resultatene er presentert grafisk og viser andelen innen hver aldersgruppe som har synsskarphet 20/20, 20/30, 20/40 og 20/50 eller dårligere. Resultatene viser at andelen som har normal synsskarphet (20/20) avtar med alderen mens andelen med dårligere enn normal synsskarphet øker med økende alder



Denne undersøkelsen har stor validitet fordi den viser fordelingen av synsskarpheten blant førere slik en vil treffe dem ute på vegene. Blant de eldste (76 år eller mer) er det nær 30 % som så vidt tilfredsstillende kravene til synsskarphet for å kjøre bil (20/40).

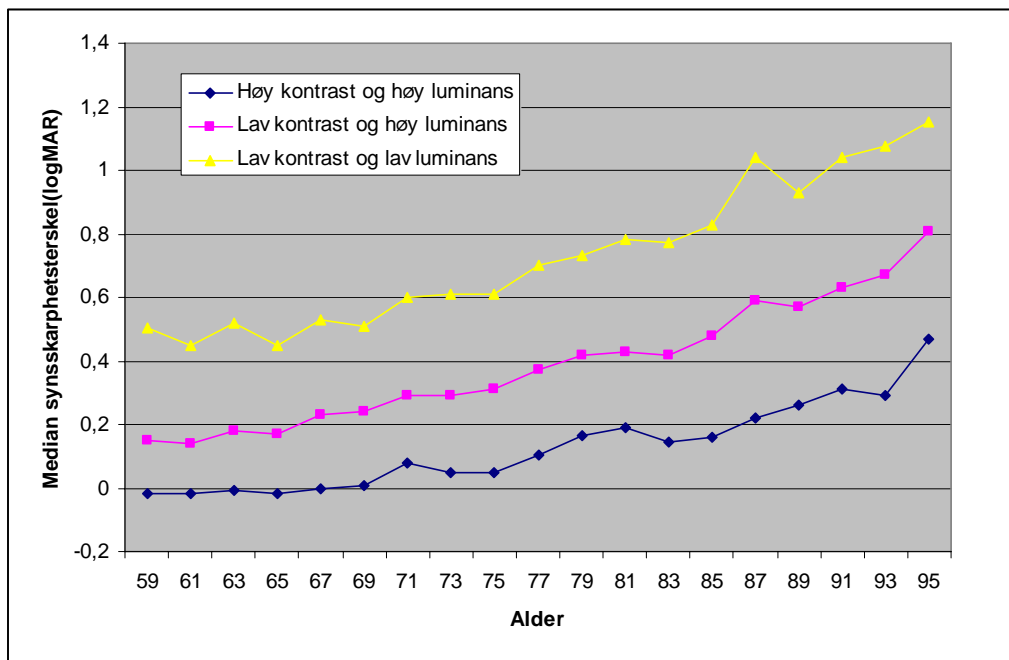
**Haegerstrom-Pornoy, G., Schneck, M.E. og Brabyn, J.A. (1999)**

Seeing into old age: Vision function beyond acuity. *Optometry and Vision Science*, vol 76, 141-158

Undersøkelsen omfattet testing av 900 personer i alderen 58-102 år. Synsskarpheten ble målt under tre ulike betingelser: Høy kontrast og høy luminans, lav kontrast og høy luminans og tilslutt lav kontrast og lav luminans. Undersøkelsen viser altså hvordan kontrast, luminans og alder virker inn på synsskarpheten. Synsskarpheten ble målt med den korreksjonen personene vanligvis brukte og personer med øyesykdommer ble inkludert i undersøkelsen. Utvalget synes derfor representativt for eldre i Kalifornia.

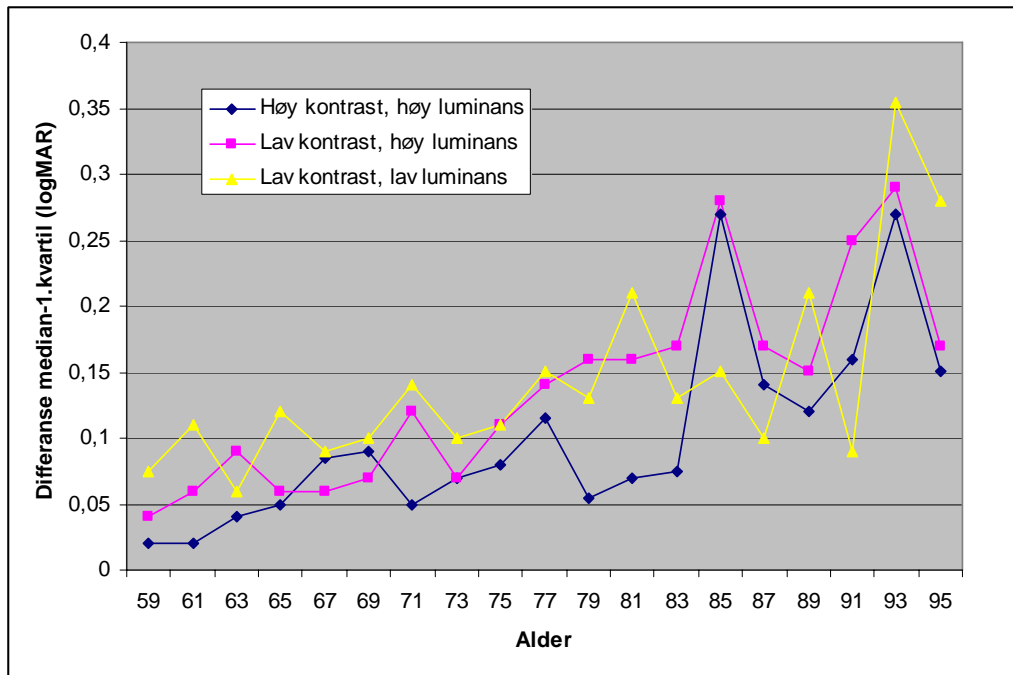
Resultatene oppgis som logMAR-verdier (logaritmen til vinkelen (bueminutter) av minste detalj som kan sees) og både verdien for 1., 2. og 3. kvartil oppgis. Resultatene presenteres grafisk i rapporten. Verdiene er avlest og replottet her. (LogMAR-verdiene 0, 0,3 og 1,0 tilsvarer henholdsvis 6/6, 6,12 og 6,60 i Snellenotasjon.)

Figuren nedenfor viser hvordan medianen endres med betingelsene og alderen. Reduksjon av kontrasten og belysningen hever synsskarphetsterskelen for alle aldersgruppene, men denne hevingen blir større med økende alder. Lav belysning og kontrast er altså verre for eldre enn for middelaldrende.



Spredningen i resultatene øker med alderen. Figuren nedenfor viser differansen mellom 1.kvartil (verdien som 75% presterer bedre enn) og medianen for de ulike betingelsene og alder.





Figuren viser at differensen og altså spredningen i prestasjonene øker med økende alder under alle betingelsene.

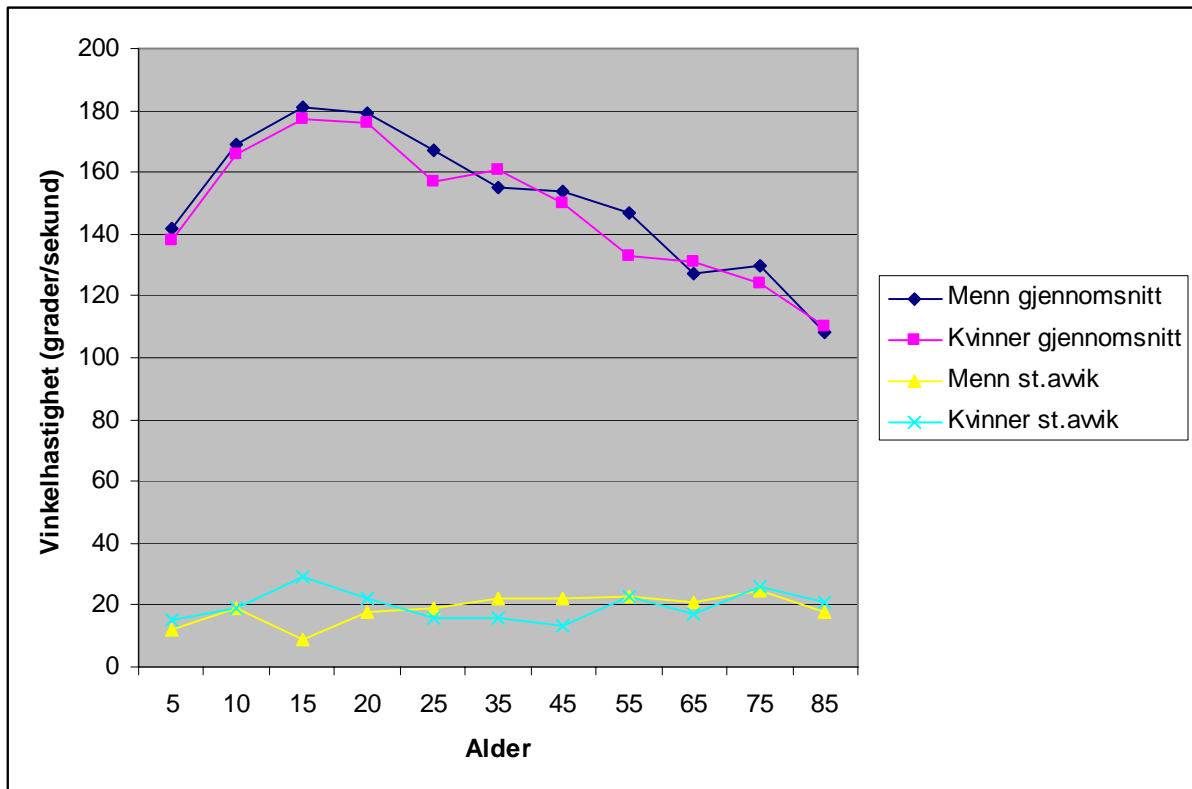
#### **Ishigaki, H. og Miyao, M. (1994)**

Implications for dynamic visual acuity with changes in age and sex. *Perceptual and Motor Skills*. vol 78, 363-369

I undersøkelsen deltok 826 personer i alderen 5-92 år. Det er ikke gitt andre opplysninger om personene enn kjønn og alder. Personene ble presentert for en Landoltring, dvs en ring med et åpning i. Ringen kunne dreies slik at posisjonen til åpningen varierte. Personenes oppgave var å angi åpningens posisjon. Ringen og åpningen var stor slik at det var lett å se åpningen når ringen ble presentert stasjonært. Ringen ble projisert på en skjerm og beveget seg fra venstre mot høyre med en vinkelhastighet som kunne varieres. Målingene begynte med en høy vinkelhastighet som gradvis ble redusert til personen kunne angi åpningens posisjon korrekt. Målingene viser altså den høyeste vinkelhastigheten der åpningen ble korrekt angitt.

Resultatene presenteres i en figur og viser gjennomsnitt og standardavvik for menn og kvinner og de ulike aldersgruppene. Verdiene er lest av fra figuren og replottet i figuren nedenfor.

Det er resultatene for de voksne personene som er av interesse her. Figuren viser at den dynamiske synsskarpheten avtar jevnt med alderen etter 20 års alderen. Dette gjelder både for menn og kvinner. Spredningen i resultatene er omtrent den samme for både menn og kvinner og endrer seg lite med alderen. Yngre personer kan oppfatte detaljer i et objekt som beveger seg i forhold til seg selv ved en vinkelhastighet som er omtrent 50 % høyere enn det personer i 70-80 års alderen greier.



**Ivers, R.Q., Mitchell, P. og Cumming, R.G. (2000)**

Visual function test, eye disease and symptoms of visual disability: A population-based assessment. *Clinical and Experimental Ophthalmology*, vol 23, 41-47

Denne undersøkelsen omfattet bl a synsundersøkelse av innbyggere 49 år eller eldre bosatt i Blue Mountain området i nærheten av Sydney i Australia. Av populasjonen på 4433 personene i aldersgruppen ble 3654 (82,4 %) undersøkt. Synsundersøkelsene omfattet flere synsfunksjoner, også synsskarphet. Måleenheten er logMAR (logaritmen til minimum angular resolution) og presenteres som logMAR verdien ved 1., 2. (median) og 3. kvartil for aldersgruppene 49-59 år, 60-69 år, 70-79 år og 80 år eller eldre. Målingene ble foretatt både med personens vanlige korreksjon og med særlig tilpasset korreksjon (nær optimal) foretatt i forbindelse med undersøkelsen. I denne sammenhengen er det måleresultatene med vanlig korreksjon som er mest interessant siden det vil samsvare med korreksjonen under kjøring.

Resultatene presenteres som antall bokstaver (0-70) som blir riktig identifisert på logMAR-tavlen. Jo flere bokstaver som identifiseres jo bedre er synsskarpheten. I artikkelen oppgis resultatet ved 1., 2. og 3. kvartil. Resultatene er vist i tabellen nedenfor. Ved siden av antall bokstaver som er identifisert er det også angitt en tilnærmet snellenbrøk som antallet bokstaver tilsvarer.

		1. kvartil		2. kvartil		3. kvartil	
		Bokstaver lest	Tilnærmet Snellen	Bokstaver lest	Tilnærmet Snellen	Bokstaver lest	Tilnærmet Snellen
49-59		52	6/6	55	6/6	59	6/4
60-69		48	6/7	53	6/6	57	6/4
70-79		42	6/9	49	6/7	53	6/6
80+		32	6/15	41	6/9	47	6/7

Resultatene viser at synsskarpheten avtar svakt akselererende med alderen. En person med alder over 80 år må omtrent 30% nærmere for å akkurat se en detalj enn det en person i 50-årene må. Spredningen i synsskarpheten øker også med økende alder. En person blant de over 80 år og som ligger ved 1. kvartil kan akkurat se en detalj på 6 meters avstand, mens en i 50-årene og som ligger ved 1. kvartil kan se samme detalj på ca 6 meters avstand.

**Leitinen, A., Koskinen, S., Härkänen, T., Reunanen, A., Laatikainen, L. og Aromaa, A. (2005)**

A nationwide population-based survey on visual acuity, near vision, and self-reported visual function in the adult population in Finland. *Ophthalmology*, vol 112, 2227-2237

I denne undersøkelsen ble synsskarpheten målt i et representativt utvalg av den finske befolkningen over 30 år. Utvalgsstørrelsen var på 6663 personer. Synsskarpheten ble målt med den korreksjonen personene vanligvis brukte. Ut fra resultatene som presenteres er det beregnet andelen innen hver aldersgruppe som faller innen forskjellige synsskarphetsintervaller. Resultatet av disse beregningene er vist nedenfor.

Andelen som har normal eller nær normal synsskarphet ( $\geq 0,8$ ) er forholdsvis stor opp til 60 års alderen. Med videre økende alder avtar andelen sterkt og er bare ca 15 % for personer 85 år eller mer. Av særlig interesse er det å se på andelen som har svekket synsskarphet men ligger over kravet til å kjøre lett bil (0,5-0,8). Denne andelen er godt under 6-7 prosent helt opp til 60 års alderen men øker til 18,3 % for aldersgruppen 65-74 år og er over 30 % hver av aldersgruppene 75-84 og 85+ år. Omtrent en 1/3 av de eldre i Finland har altså en synsskarphet som ligger ned mot synsskarphetsgrensen for å kjøre lett bil. Blant 75-84 åringer er det omtrent 20% som har synsskarphet under 0,5 og blant personer som er 85 år eller eldre er andelen over 50%. Hvis synskravene til å få førerkort håndheves effektivt vil disse personene ikke få førerkort og dermed ikke høre til førerpopulasjonen. En kan imidlertid regne med at en god del av de eldre førerne har en synsskarphet som ligger i den nedre delen av det som er akseptabelt.

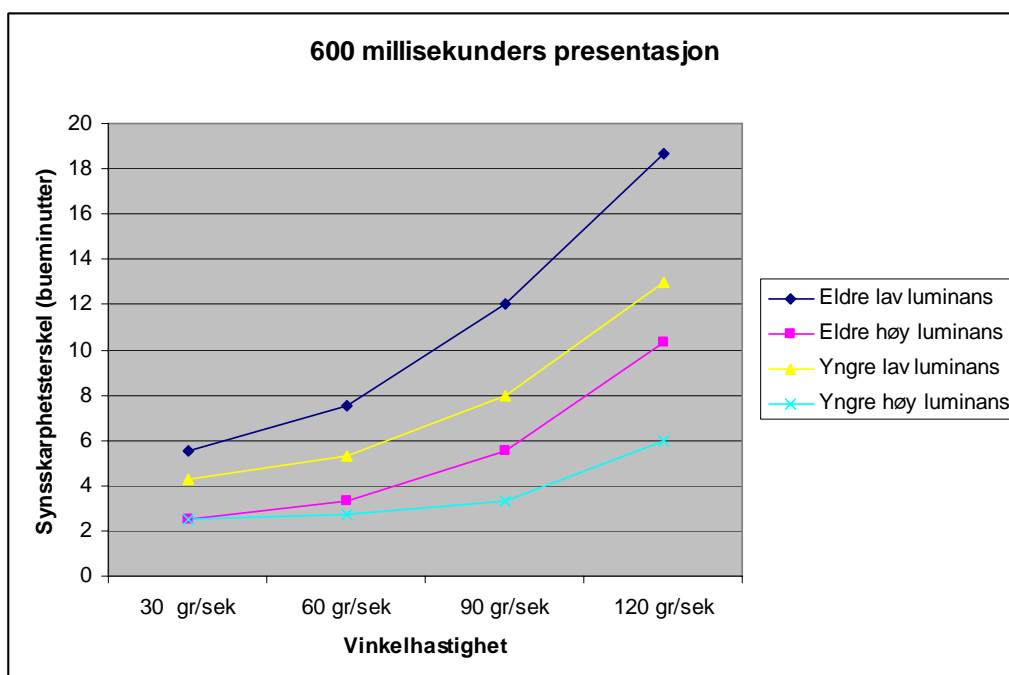
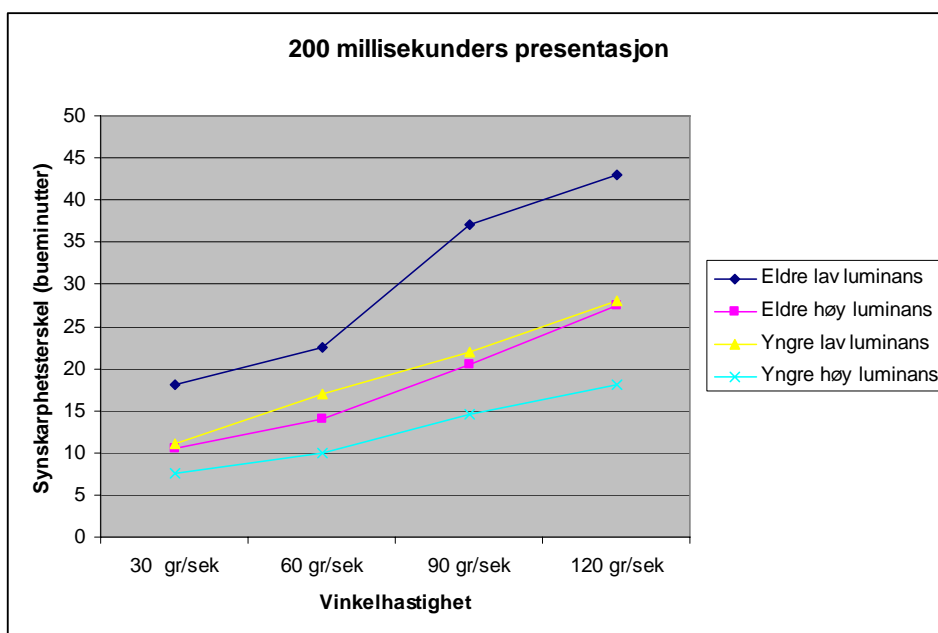
**Long, G.M. og Crambert, R.F. (1990)**

The nature and basis of age-related changes in dynamic visual acuity. *Psychology and Aging*, vol 5, 138-143

Undersøkelsen ble gjennomført med 48 personer, 24 i alderen rundt 20 år og 24 med alder over 60 år. Personer med synssvekkelser som skyldtes sykdom ble utelukket fra undersøkelsen.

Dynamisk synsskarphet (dss) ble målt ved å la en ring med en åpning ble projisert på en buet skjerm foran personene. Plasseringen av åpningen kunne ha fire posisjoner (oppe-høyre, nede-høyre, oppe-venstre og nede-venstre). Størrelsen av ringen kunne varieres slik at størrelsen av åpningen varierte mellom 3 min og 70 min. Det som ble målt i undersøkelsen var hvor liten åpningen i ringen kunne være og posisjonen til åpningen kunne angis. Måleresultatet er

vinkelen til åpningen i minutter. Ringen beveget seg fra venstre til høyre og kunne ha fire vinkelhastigheter (30, 60, 90 og 120 grader/sek). Personenes oppgave var å angi posisjonen til åpningen i ringen. Ringen kunne presenteres i enten 200 ms eller 600 ms. Med den korte presentasjonstiden rakk personene bare å foreta en rask forflytning av øyet. Med den lange kunne personene foreta flere raske forflytninger av øyet og også la øye følge bevegelsen til ringen. Bakgrunnsintensiteten var  $32 \text{ cd/m}^2$ , mens ringens intensitet kunne være 35 eller  $105 \text{ cd/m}^2$ . Den høye intensiteten ble brukt for å kompensere for det lystapet en finner i øynene hos eldre. Alle målingene ble gjort med personenes høyre øye. Halvparten av personene fikk en presentasjonsvarighet av ringen på 200 ms og den andre halvparten 600 ms. I begge disse gruppene var fordelingen på kjønn og alder omtrent den samme. Resultatene oppgis grafisk. Verdiene er avlest fra figurene og replottet i figurene nedenfor.



Resultatene viser at eldre har dårligere dynamisk synsskarphet enn yngre under de samme betingelsene. De eldres prestasjon under høy luminans på testfiguren er omtrent den samme

eller bedre enn prestasjonen til yngre under lav luminans på testfiguren. Forfatterne mener at dette indikerer at den dårlige prestasjonen til eldre skyldes lystapet i de eldres øyer. Når det kompenseres for dette (høyere luminans på ringen) presterer de like godt som de unge.

**Owsley, C., Sekuler, R. og Siemen, D. (1983)**

Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Research*, vol 23, 689-699

I undersøkelsen deltok 91 personer i alderen 19-87 år. I utvalget var det en overvekt av eldre. Personer over 60 år ble rekruttert fra et eldresenter i en forstad til Chicago, mens de unge ble rekruttert fra Northwestern University i Chicago. Synsskarpheten ble målt med tavler sett på 3 meters avstand. Målingene ble gjennomført med forskjellige tavler for de unge og de eldre. Personene ble korrigert for testavstanden før testingen begynte. Personer med øyensykdommer ble utelukket fra undersøkelsen. Dette vil føre til at utvalget har bedre synsskarphet enn det en ville finne i befolkningen. Måleresultatene oppgis som vinkelen (i minutter) til den minste detaljen personen kan se. Resultatene er vist i tabellen nedenfor. Der er også den inverse verdien av minste vinkel vist. Denne verdien samsvarer med de vanlige målene på synsskarphet. En invers verdi på 1 tilsvarer snellenbrøken 6/6 som regnes som normal synsskarphet for unge og middelaldrende personer. Den inverse verdien 0,5 tilsvarer kravet til føreres synsskarphet i dag.

	19-29 år	30-39 år	40-49 år	50-59 år	60-69 år	70-79 år	80-89 år
N	12	6	8	5	18	28	14
Vinkel (min)	0,91	0,79	0,93	1,31	1,55	1,73	2,20
1/ vinkel	1,10	1,27	1,08	0,76	0,65	0,58	0,45

Antallet personer i noen av aldersgruppene er lite slik at tilfeldigheter kan gi store utslag. Det kan kanskje forklare den meget høye inverse verdien for 30-39 årsgruppen (1,27). Resultatene viser et klart fall i synsskarpheten med økende alder for personer over 50 år. Personene i aldersgruppen 80-89 år må ha detaljer som er 2-3 ganger så store som det de yngste trenger

**Pitts, D.G. (1982)**

The effect of aging on selected visual functions: Darkness adaptation, visual acuity, stereopsis and brightness contrast. I Sekuler, R., Kline, D. og Dismukes, K.: *Aging and human visual function*. Alan R. Liss, Inc., New York

Pitts ser på sammenhengen mellom alder og en rekke synsfunksjoner deriblant synsskarphet. For synsskarphet presenterer han resultater fra en rekke tidligere gjennomførte undersøkelser. Han peker på at målingen av synsskarphet er foretatt under noe forskjellige betingelser i de undersøkelsene han gjennomgår. Ved å velge ut de som er mest sammenlignbare (8 undersøkelser) kan han likevel få fram et bilde av hvordan synsskarpheten varierer med alderen. Synsskarpheten synes å øke svakt opp til 20-30 årene. Den er rimelig konstant til 40-50 årene (rundt 1,0 (Snellen desimal)) for så å synke med et svakt akselererende tempo med økende alder (rundt 0,5 ved 80 års alderen). Spredningen i prestasjonene synes å øke med økende alder.

Det går ikke fram om målingene er gjort med eller uten korreksjon, om personer med øyensykdommer er med og hvilken grad personene som deltar er representative for befolkningen. Dette gjør det vanskelig å tolke resultatene bortsett fra at synsskarphet avtar

klart med økende alder over 40-50 år. Resultatene indikerer at detaljer som en gjennomsnittlig 80-åring akkurat kan se på 6 meters avstand kan en 40-åring akkurat se på 12 meters avstand. Pitts mener at en viktig årsak til redusert synsskarphet med økende alder er økende hyppighet av ulike øyesykdommer for eksempel katarakt og macula degenerering.

**van Pol, E. (2001)**

The relationship between visual function and neuropsychological test performance in older individuals. Faculteit der Psychologie, Universiteit Maastricht

Undersøkelsen ble gjennomført på et utvalg av 777 personer som var 50 år eller eldre. Data til undersøkelsen ble hentet fra en større undersøkelse som ble gjennomført ved universitetet i Maastricht i Nederland. Delundersøkelsen som skal presenteres her omfatter ved siden av testing av synsfunksjoner også testing av kognitive funksjoner. Blant synstestene var en test av synsskarphet.

Synsskarpheten måles med Landolt C tavle på 5 m avstand og måleresultatene oppgis som snellenbrøk. Målingene ble antakelig gjennomført med den vanlige korreksjonen personene brukte. Både gjennomsnitt og standardavvik oppgis. Resultatene vises i tabellen nedenfor.

	Alder (år)						
	50,5-55,5	55,5-60,5	60,5-65,5	65,5-70,5	70,5-75,5	75,5-80,5	80,5-85,5
Gj.snitt	1,32	1,26	1,16	1,13	0,94	0,76	0,75
Stand. av.	0,34	0,33	0,31	0,36	0,32	0,36	0,30

Målt synsskarphet ligger betydelig over det en ellers finner i slike undersøkelser. En normal yngre eller middelaldrende person antas å ha en synsskarphet på 1. I denne undersøkelsen oppnås gjennomsnittsverdier som ligger høyere for alle unntatt de 3 høyeste aldersgruppene. Dette avvikende resultatet skyldes antakelig testbetingelsene. Resultatene viser som i andre undersøkelser at synsskarpheten avtar klart med alderen. Personene i den yngste gruppen ser detaljer på nær dobbelt så stor avstand som personene i den eldste gruppen greier. Spredningen i testresultatene (standardavviket) er stort sett det samme for alle aldersgruppene.

**van Rijn, L.J. (2005)**

Prevalence of impairment of visual function among European drivers. EU project: SUB-B27020B-E3-GLARE-2002-S07.18091

I et større EU-prosjekt ble bl a synsskarpheten til 2422 førere målt. Fem øyeklinikker deltok i undersøkelsen. Disse var lokalisert i Amsterdam (Nederland), Salzburg (Østerrike), Tübingen (Tyskland), Barcelona (Spania) og Antwerpen (Belgia). Deltakere til prosjektet ble rekruttert fra områdene rundt klinikkene. Rekrutteringen tok sikte på å få et like stort antall personer i hver av aldersgruppene: 45-54 år, 55-64 år, 65-74 år og 75 år eller mer. Antallet personer i den øverste aldersgruppen ble imidlertid noe lavere enn i de 3 øvrige. I tillegg ble det inkludert et mindre utvalg av personer i 20-årene.

Synsskarpheten ble målt med en logMAR tavle og oppgitt som en snellenbrøk. Målingene ble foretatt med den korreksjonen personene brukte når de kjørte. Resultatene presenteres grafisk som fordelingen av personene i hver aldersgruppe på en gruppert synsskarphetsskala. Ut fra den grafiske framstillingen kan en se generelle trender, men det er vanskelig fastslå særlig presise verdier for synsskarpheten. Det presenteres også en tabell der synsskarpheten er delt i

3 grupper: Mindre enn 0,5, mellom 0,5 og 0,8 og 0,8 eller bedre. Tabellen viser den prosentvise fordelingen av personene i hver aldersgruppe på disse synsskarphetsgruppene. Denne tabellen er vist nedenfor.

	Alder (år)				
	20-30	45-54	55-64	65-74	75+
Mindre enn 0,5	0,5	0,9	1,6	2,8	5,3
Mellom 0,5 og 0,8	2,9	6,2	9,3	15,7	25,3
0,8 eller bedre	96,7	92,9	89,1	81,4	69,4

Resultatene viser at med økende alder avtar andelen som har tilnærmet normal synsskarphet eller bedre ( $\geq 0,8$ ). Innen alle aldersgrupper er det personer som ikke tilfredsstillt kravene til synsskarphet for å kjøre bil (0,5). Andelen øker med alderen og er 5,3 % for personer 75 år eller eldre. En liknende økning ser en for de med suboptimal synsskarphet (0,5-0,8). Der en person med normal synsskarphet (1,0) kan se en detalj på 10 meters avstand kan en person med synsskarphet 0,5 bare ha en avstand på 5 meter og en med synsskarphet 0,8 bare 8 meter. Resultatene fra denne undersøkelsen tyder på at nær en tredel av personer over 75 år vil ha en betydelig kortere leseavstand til f eks skilt enn det personer i 20-30 årene.

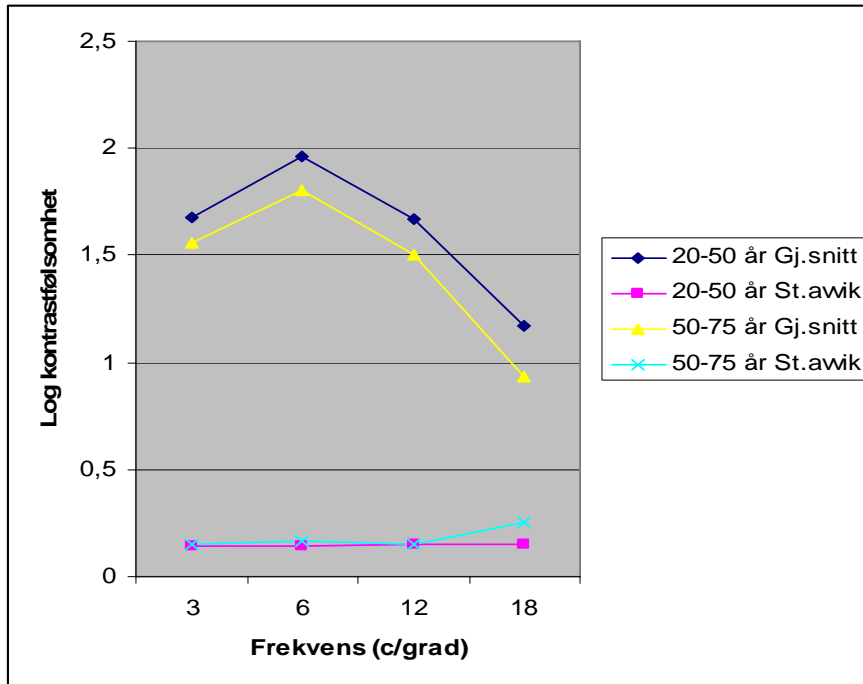
Denne undersøkelsen er verdifull fordi den har et stort utvalg og fordi den måler synsskarpheten slik en vil finne den blant førere ute på vegene.

# Kontrastfølsomhet

## CSV-1000 norms

[www.vectorvision.com/html/educationSVC1000Norms.html](http://www.vectorvision.com/html/educationSVC1000Norms.html)

Produsenten av en mye brukt tavle for å måle kontrastfølsomheten, oppgir populasjonsnormene for tavlen, dvs den kontrastfølsomheten en i gjennomsnitt vil finne for de ulike frekvensene av det sinusoidale stripemønstret. Normene presenteres for unge (20-50 år) og eldre (50-75 år). Ved siden av gjennomsnittet presenterer de også standardavviket.



Figuren ovenfor viser at kontrastfølsomheten er høyere for den unge enn for den eldre gruppen. Det gjelder for alle frekvensene men synes å øke noe med økende alder. For frekvensene 3, 6, 12 og 18 c/grad er kontrastfølsomheten henholdsvis 1,3, 1,4, 1,5 og 1,7 ganger høyere for den yngste gruppen enn for den eldste. Standardavviket er omtrent det samme for alle frekvenser for den yngste gruppen. For den eldste er standardavviket forholdsvis konstant opp til 12 c/grad men blir klart større ved 18 c/grad.

### Decina, L.E. og Staplin, L. (1993)

Retrospective evaluation of alternative vision screening criteria for older and younger drivers. Accident Analyses and Prevention, vol 25, 267-275

Undersøkelsen ble gjennomført tidlig på 90-tallet i Pennsylvania, USA. Synsfunksjoner, deriblant kontrastfølsomhet, ble målt på 12400 førere som kom for å fornye førerkortet. Personene visste ikke at synet ville bli undersøkt ved oppmøtet. Kontrastfølsomheten ble målt ved hjelp av testfigurer som bestod av lyse og mørke striper og der lysfordelingen på tvers av stripene var en sinusfunksjon. Både frekvensen (striper per grad synsvinkel) og amplituden av sinusfunksjonen kunne varieres. Følsomheten ble målt for tre frekvenser, 6, 12 og 18 c/grad. Orienteringen til stripene kunne variere mellom tre retninger, opp mot høyre, opp mot venstre eller rett opp. Personenes oppgave var å rapportere orienteringen til stripene. Den nødvendige

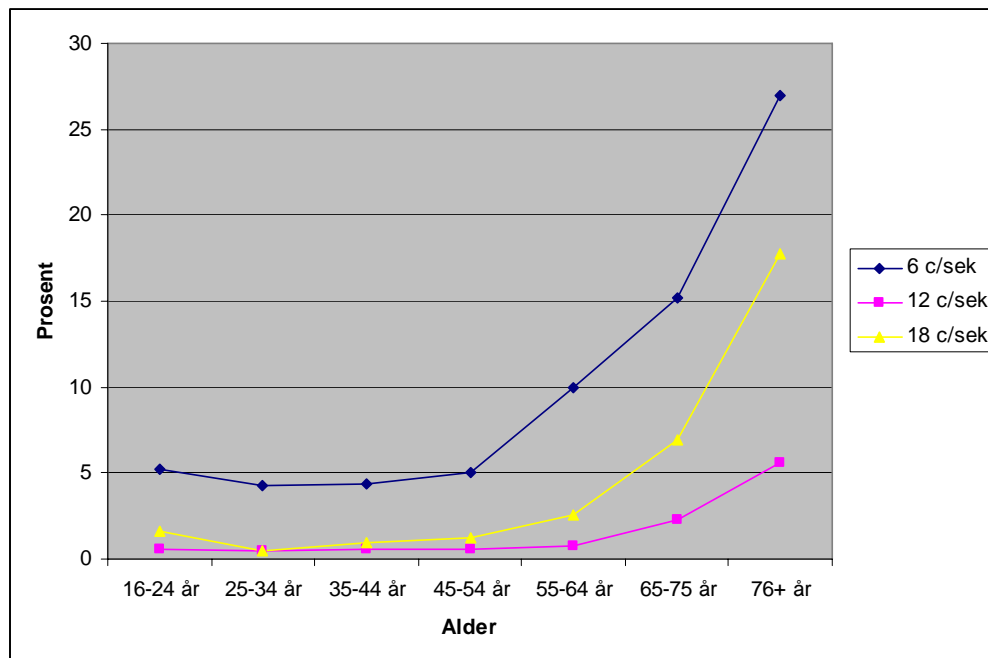


amplituden for at en person kunne rapportere stripenes orientering korrekt, angir personens kontrastfølsomhet for den frekvensen som ble brukt.

Resultatene presenteres som prosentandelen innen hver aldersgruppe som har dårligere kontrastfølsomhet enn det som anses som normalt. Normalverdiene er gitt av produsenten av testutstyret. Det er uklart hva som menes med normalverdier. Det kan være en verdi som gjelder for alle eller det kan være normalverdier for ulike aldersgrupper. Dette gjør det vanskelig å tolke resultatene.

Resultatene er presentert i figuren nedenfor. Den viser at andelen med ”unormal” kontrastfølsomheten er forholdsvis konstant opp til 50-års alderen. Deretter avtar den med økende alder og særlig for frekvensene 6 og 18 c/grad. Resultatene avviker noe fra det som er funnet i andre undersøkelser. Der finner en vanligvis minst effekt av alderen ved lave frekvenser og økende effekt med økende alder. En sterkere alderseffekten ved 6 c/grad enn ved 12 c/grad er derfor noe overraskende.

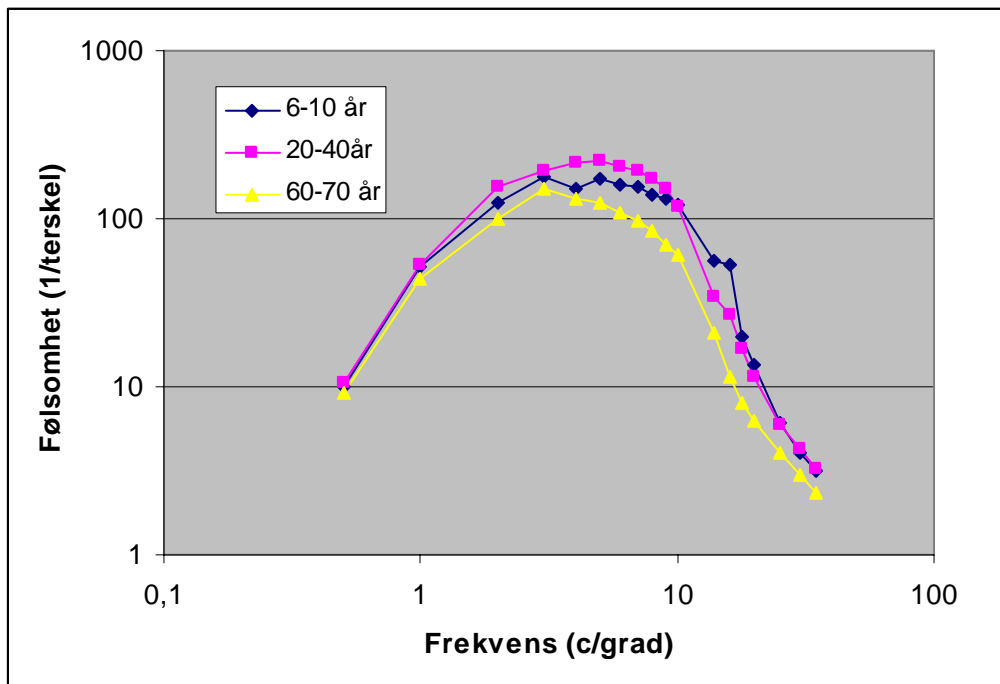
Uansett hvordan ”normalt” er definert tyder resultatene på at det er en betydelig andel av de eldre førerne som har dårlig kontrastfølsomhet.



### **Derefeldt, G., Lennerstrand, G. og Lundh, B. (1979)**

Age variations in normal human contrast sensitivity. *Acta Ophthalmologica*, vol 57, 679-690

Forsøkspersonene var delt i tre aldersgrupper. 10 personer i alderen 6-10 år, 12 i alderen 20-40 år og 11 i alderen 60 år eller mer. Alle personene hadde synsskarphet 1,0 eller bedre. Vertikale striper med en sinusoidal lysfordeling ble generert på et oscilloskop. Følgende frekvenser i lysfordelingen ble brukt: 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 16, 18, 20, 25, 30 og 35 c/grad. Kontrastterskelen ble bestemt ved å økt kontrasten, fra et subliminalt nivå, til personen akkurat kunne se stripene. Terskelen ble bestemt både binokulært og monokulært. Figuren nedenfor viser resultatene for de binokulære målingene for de tre aldersgruppene.



Følsomheten er omtrent den samme for alle aldersgruppene opp til 4 c/grad. For høyere frekvenser er følsomheten ganske lik for 6-10 åringer og 20-40 åringer, dårligere for den eldste gruppen. Resultatene tyder derfor på at kontrastfølsomheten er nokså uavhengig av alderen opp til 50 år.

Standardavviket til terskelen var omtrent den samme for alle aldersgruppene.

### Evans, D.W. og Ginsburg, A.P. (1985)

Contrast sensitivity predicts age-related differences in highway-sign discriminability. *Human Factors*, vol 27, 637-642

I undersøkelsen ble det foretatt målinger av synsskarphet, kontrastfølsomhet og avstanden et trafikkskilt kunne identifiseres på. Det deltok 20 personer i undersøkelsen, 13 i alderen 19-30 år og 7 i alderen 55-79 år. Synsskarpheten ble målt med en snellentavle. Kontrastfølsomheten ble målt ved at vertikale sinusoidale striper ble generert i en datamaskin og projisert på en skjerm. Amplituden kunne varieres kontinuerlig. Seks frekvenser ble brukt; 0,75, 1,5, 3, 6, 12 og 24 c/grad. Kontrast (K) ble definert som (maks-min)/(maks+min) og kontrastfølsomheten som 1/K. Avstanden for å identifisere et trafikkskilt ble målt ved at personene så på en film der et skilt nærmet seg. To skilt ble brukt. Det ene viste et trearmet (T) kryss og det andre et firearmet (+) kryss. Når personen kunne identifisere skiltet ble filmen stoppet og avstanden til skiltet på det tidspunktet beregnet.

Gjennomsnittlig synsskarphet var noe bedre for den unge (6/5) enn for den eldre (6/5,2) gruppen men denne forskjellen var ikke signifikant. Kontrastfølsomheten var bedre for de unge enn for de eldre, men det var bare for frekvensene 3, 6 og 12 c/grad at forskjellen var signifikant. Gjennomsnittlig identifiseringsavstanden til skiltene var 53,85 m for den unge gruppen og 41,22 m for den eldre. Denne forskjellen var signifikant.

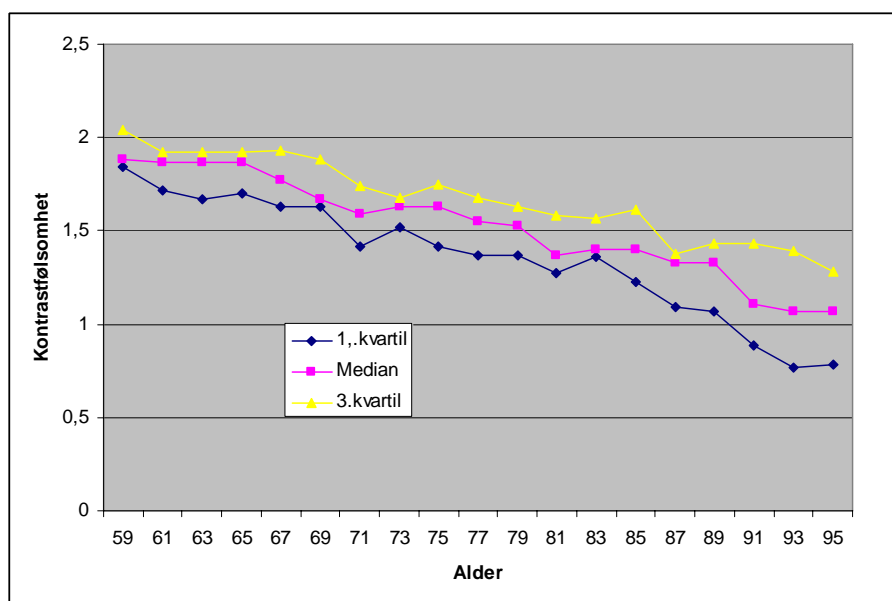
For frekvensene 1,5 og 12 c/grad i kontrasttesten var det en significant korrelasjon mellom kontrastfølsomhet og identifiseringsavstand ( $r=0,64$  og  $0,74$ ). Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom synsskarphet og identifiseringsavstand.

Disse resultatene viser for det første at kontrastfølsomhet og synsskarphet i hvert fall til en viss grad er uavhengig av hverandre, og for det andre at kontrastfølsomheten er vesentlig for å identifisere symbolene på et skilt. Resultatene indikerer at god kontrast i skilt er viktigere for eldre enn for yngre.

**Haegerstrom-Portnoy, G., Schneck, M.E. og Brabyn, J.A. (1999)**

Seeing into old age: Vision function beyond acuity. Optometry and Vision Science, vol 76, 141-158

I undersøkelsen deltok 900 personer i alderen 58-102 år. Kontrastfølsomheten ble målt ved hjelp av en veggtafle med store bokstaver men der kontrasten mellom bokstav og bakgrunn varierte. Haegerstrom-Portnoy et al presenterer resultatene grafisk. Disse er lest av og replottet i figuren nedenfor.

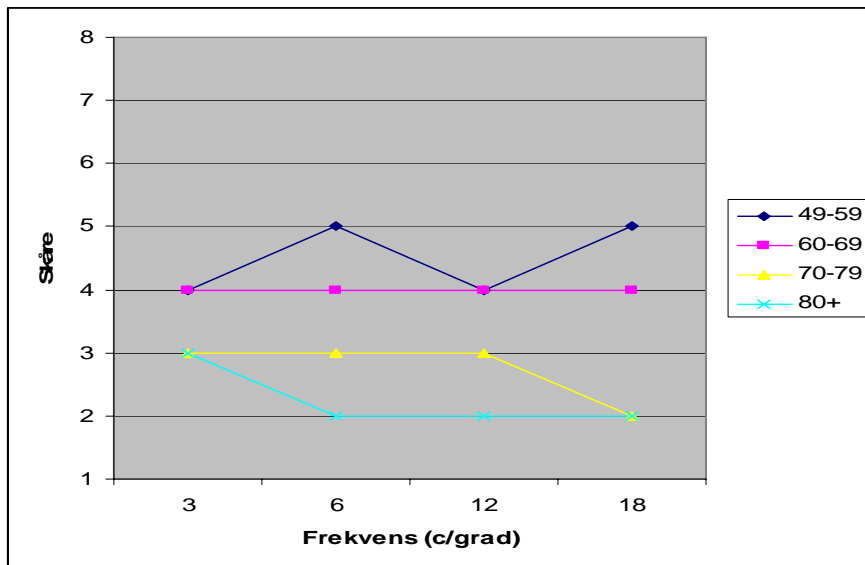


Kontrastfølsomheten avtar klart med økende alder. Spredingen i resultatene øker også med alderen men det gjelder først og fremst for personer over 80 år.

**Ivers, R.Q., Mitchell, P. og Cumming, R.G. (2000)**

Visual function test, eye disease and symptoms of visual disability: A population-based assessment. Clinical and Experimental Ophthalmology, vol 23, 41-47

Denne undersøkelsen omfattet bl a synsundersøkelse av innbyggere 49 år eller eldre bosatt i Blue Mountain området i nærheten av Sydney i Australia. Kontrastfølsomheten ble målt ved hjelp av en tafle som viste sinusoidale stripemønstre med ulik frekvens (c/grad) og amplitude. Frekvensene som ble brukt var 3, 6, 12 og 18 c/grad. Følsomheten ble målt på en grov skala som gikk fra 1 (høy kontrast) til 8 (lav kontrast). Personer med øyensykdommer ble ekskludert og personene ble testet med optimal korreksjon. Resultatene (medianene) for de ulike frekvensene og aldersgruppene er vist i figuren nedenfor.



Figuren viser at kontrastfølsomheten avtar med alderen og mer ved høye frekvenser enn ved lave. Måleskalaen er så grov at denne undersøkelsen ikke gir særlig presis informasjon om endringen i kontrastfølsomhet med alderen.

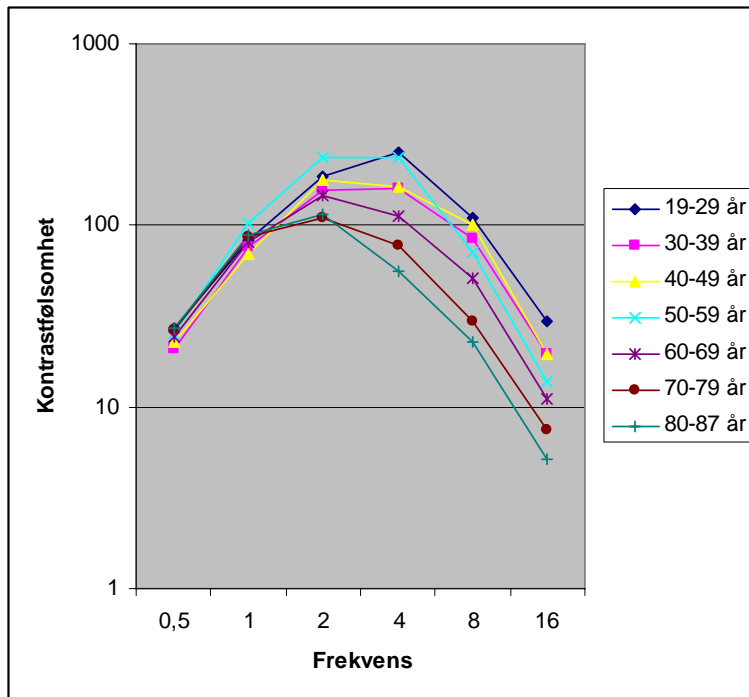
Ved siden av medianen oppgis også følsomheten ved 1. og 3. kvartil. Differansen mellom disse gir et inntrykk av spredningen i følsomheten. Resultatene tyder på at spredningen er omtrent den samme for alle aldersgruppene.

**Owsley, C., Sekuler, R. og Siemen, D. (1983)**

Contrast sensitivity throughout adulthood. Vision Research, vol 23, 689-699

I undersøkelsen deltok 91 personer i alderen 19-87 år. I utvalget var det en overvekt av eldre. Personer over 60 år ble rekruttert fra et eldresenter i en forstad til Chicago, mens de unge ble rekruttert fra Northwestern University i Chicago.

Kontrastfølsomheten ble målt ved å la personene betrakte en sinusoidalt stripemønster der amplitude og frekvens kunne varieres. Stripemønstret ble generert av en datamaskin og vist på en TV-skjerm. Resultatene presenteres som logaritmen til gjennomsnittlig kontrastterskelen for hver frekvens og aldersgruppe. Disse verdiene er regnet om til kontrastfølsomhet (1/terskel) og er presentert i figuren nedenfor.



Kontrastfølsomheten er omtrent den samme for alle aldersgruppene ved frekvensene 0,5 og 1,0. Ved høyere frekvenser og særlig fra 4 c/grad avtar følsomheten med alderen. Spredningen i følsomheten var omtrent den samme for alle aldersgrupper ved lave frekvenser, men blir større for eldre enn for yngre ved høyere frekvenser

I undersøkelsen ble også følsomheten for et sinusformet stripemønster som beveget seg undersøkt. Frekvensen for stripemønstret var 1 c/grad og mønstret beveget seg med hastighet 1,1 eller 4,3 grad/sek. Bevegelsen øker kontrastfølsomheten, men minst for de eldste. For personer under 50-60 år økte følsomheten mer for den høye bevegelseshastigheten enn for den lave. For de eldste var det ingen forskjell i økningen i kontrastfølsomheten mellom den høye og den lave bevegelseshastigheten. Resultatet viser at unge og middelaldrende drar mer nytte av at et objekt med lav kontrast mot bakgrunnen når objektet beveger seg. Undersøkelsen viser ikke hvordan bevegelse influerer på følsomheten for stripemønstre med høyere frekvens. Hvis den samme tendensen gjelder for disse frekvensene vil de eldre komme særlig dårlig ut fordi de både har dårligere følsomhet for stasjonære høyfrekvente stripemønstre og har mindre nytte av bevegelse enn det yngre har.

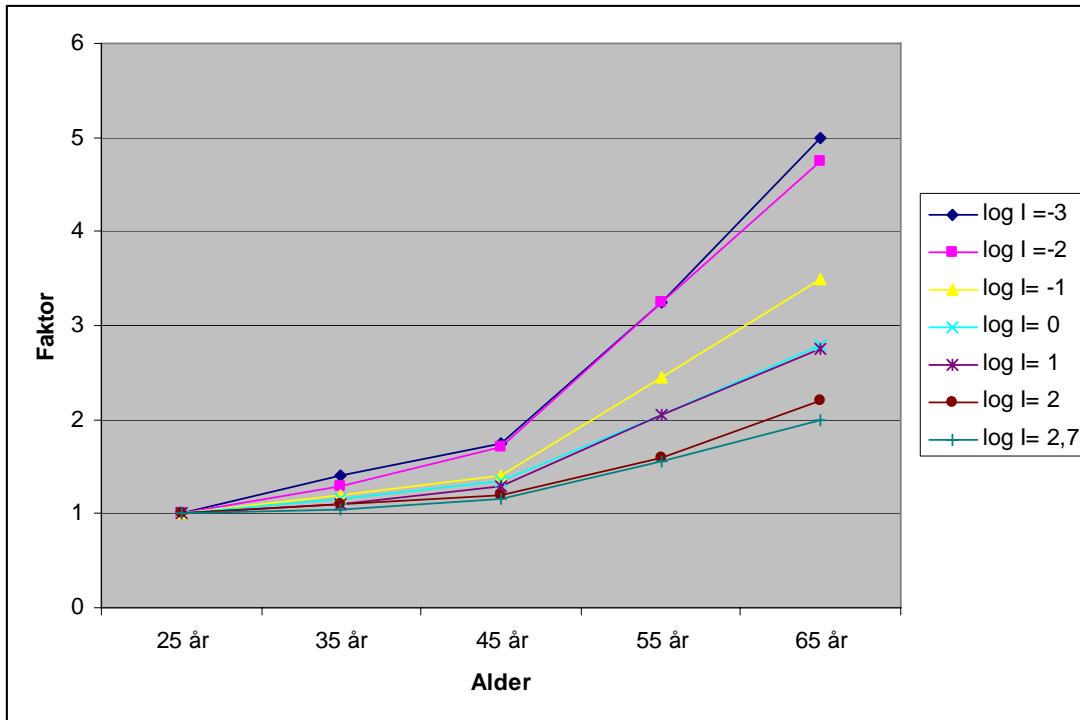
Av ulike grunner vil mengden lys som når netthinnen være mindre for eldre enn for yngre. For å undersøke effekten av dette ble denne lysreduksjonen simulert for de personene i 20-årene ved å plassere et filter foran øyet til disse. Målinger viste da at kontrastfølsomheten ble redusert og ble sammenlignbar med følsomheten for 60-åringer. Reduksjonen i kontrastfølsomhet med økende alder kan altså i hvert fall til en viss grad forklares med den reduserte lysinngangen til netthinnen blant eldre. Dette innebærer også at kontrastfølsomheten til eldre kan bedres med bedre belysning.

Frekvens		Alder						
		19-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-87
0,5	Gj.sn	-1,433	-1,322	-1,354	-1,401	-1,389	-1,420	-1,433
	St.avvik	0,171	0,196	0,100	0,177	0,202	0,159	0,190
1	Gj.sn	-1,922	-1,881	-1,843	-2,016	-1,912	-1,94	-1,946
	St.avvik	0,155	0,218	0,112	0,193	0,201	0,237	0,246
2	Gj.sn	-2,273	-2,193	-2,247	-2,369	-2,164	-2,042	-2,062
	St.avvik	0,184	0,218	0,133	0,097	0,231	0,265	0,353
4	Gj.sn	-2,399	-2,207	-2,213	-2,369	-2,050	-1,889	-1,747
	St.avvik	0,183	0,165	0,110	0,082	0,181	0,349	0,328
8	Gj.sn	-2,045	-1,926	-1,999	-1,852	-1,707	-1,468	-1,360
	St.avvik	0,155	0,100	0,156	0,136	0,392	0,403	0,460
16	Gj.sn	-1,467	-1,293	-1,289	-1,138	-1,047	-0,874	-0,709
	St.avvik	0,225	0,155	0,188	0,371	0,400	0,311	0,372

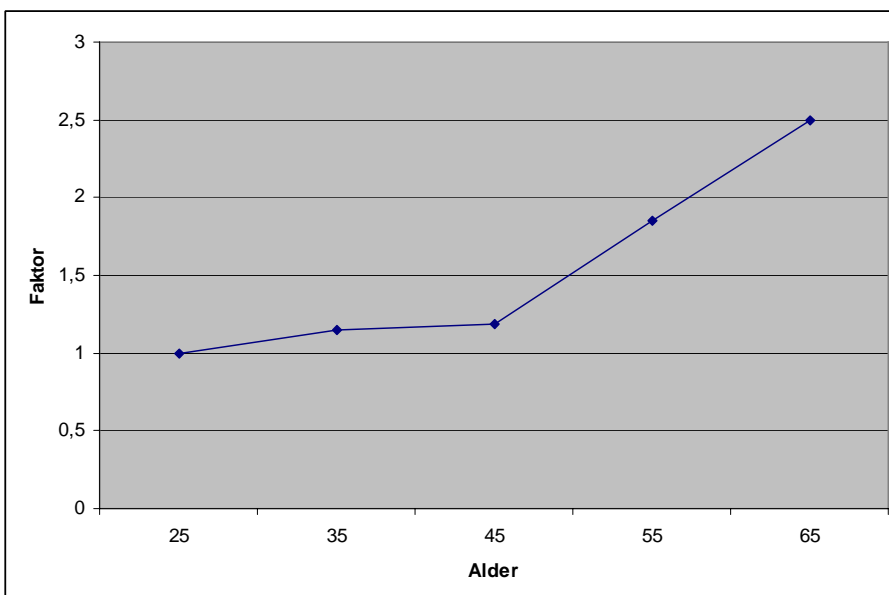
### **Pitts, D.G. (1982)**

The effect of aging on selected visual functions: Darkness adaptation, visual acuity, stereopsis and brightness contrast. I Sekuler, R., Kline, D. og Dismukes, K.: Aging and human visual function. Alan R. Liss, Inc., New York

Pitts presenterer resultater fra en undersøkelse av Blackwell og Blackwell (1971) der kontrastfølsomheten for personer i alderen fra 20-årene til 60-årene. Kontrastfølsomheten ble målt ved at det midt i et stort bakgrunnsfelt ble presentert et lite felt (testfelt) der luminansen kunne varieres. Målingene tar sikte på å finne den minste forskjellen mellom bakgrunnsfeltet og testfeltet som forsøkspersonene kunne se. Kontrasten (K) defineres som forskjellen i intensitet mellom test- og bakgrunnsfeltet ( $\Delta I$ ) dividert på intensiteten til bakgrunnsfeltet (I). Kontrastterskelen bestemmes for flere ulike bakgrunnsintensiteter. I presentasjonen av resultatet tas utgangspunkt i kontrastterskelen for personer i 20-årene. Resultatene for de andre aldersgruppene uttrykkes som den faktoren terskelen for 20-åringene må multipliseres med for å nå terskelen for hver av de andre aldersgruppene. Bortsett fra alderen gis det ingen opplysninger om personene som målingene er basert på. Pitts presenterer resultatene grafisk. Disse er lest av og replottet i figuren nedenfor.



Figuren viser at kontrastfølsomheten avtar med alderen og særlig etter 40-50 års alderen. Den negative effekten av alder øker når bakgrunnsintensiteten avtar. For å se objekter som har en lav kontrast mot bakgrunnen har lysnivået en langt større betydning for eldre enn for yngre. Bakgrunnsintensitetene er oppgitt som relative verdier. Faktiske intensiteter er ikke oppgitt slik at en ikke vet hvilke lysnivåer resultatene gjelder for. Pitts gjengir også et annet resultatsett fra samme undersøkelse der bakgrunnsintensiteten er oppgitt til over  $1 \text{ cd/m}^2$ . Resultatene presenteres grafisk. Disse er avlest og replottet i figuren nedenfor. Også her viser ordinaten faktoren terskelen til de yngste må multipliseres med for å nå terskelen til hver av de andre aldersgruppene.



Også her ser en at kontrastfølsomheten avtar med alderen og særlig etter 40-50 års alderen. Personer i 60-årene har en kontrastterskel som er 2,5 ganger så stor som den til personer i 20-årene.

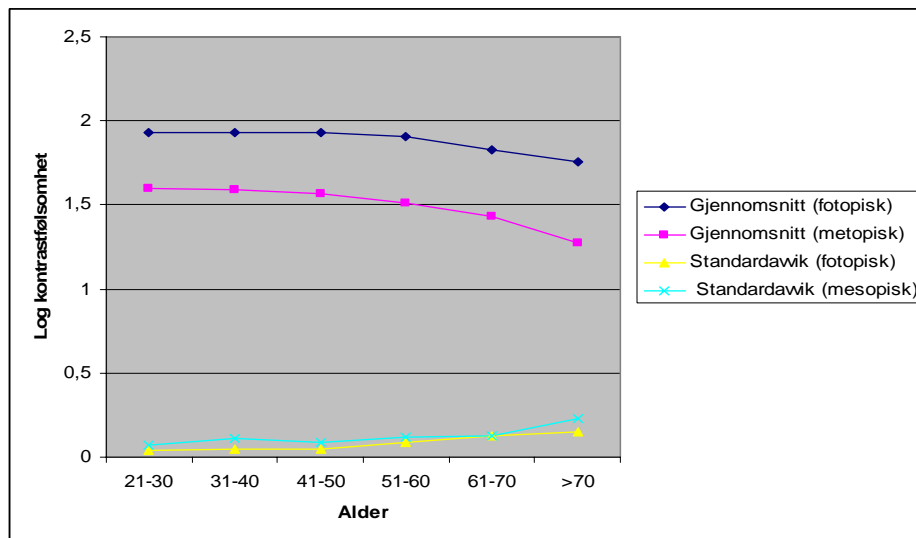
**Puell, M.C., Palomo, C., Sánchez-Ramos, C. og Villena, C. (2004)**

Normal values for photopic and mesopic letter contrast sensitivity. Journal of refractive surgery, vol 20, 484-488

I undersøkelsen var det et utvalg på 292 personer (21 – 80 år) trukket fra den vanlige befolkningen. Personene ble optimalt korrigert før målingene startet. Målingene ble gjennomført med en Pelli-Robson tavle under fotopiske (85 cd/m<sup>2</sup>) og mesopiske (0,15 cd/m<sup>2</sup>) lysforhold. Resultatene fra undersøkelsen er vist i figuren nedenfor.

Kontrastfølsomheten er lavere under mesopiske enn under fotopiske forhold. Under begge lysforholdene avtar kontrastfølsomheten med alder, ganske langsomt fram 50-60 år, deretter raskere. Reduksjonen i kontrastfølsomhet med alderen er sterkere under mesopisk enn under fotopiske forhold. Spredningen (standardavvik) øker med alder og noe raskere under mesopiske enn under fotopiske forhold.

I undersøkelsen ble også synsskarpheten målt. Det ble funnet en positiv sammenheng mellom synsskarphet og kontrastfølsomhet.



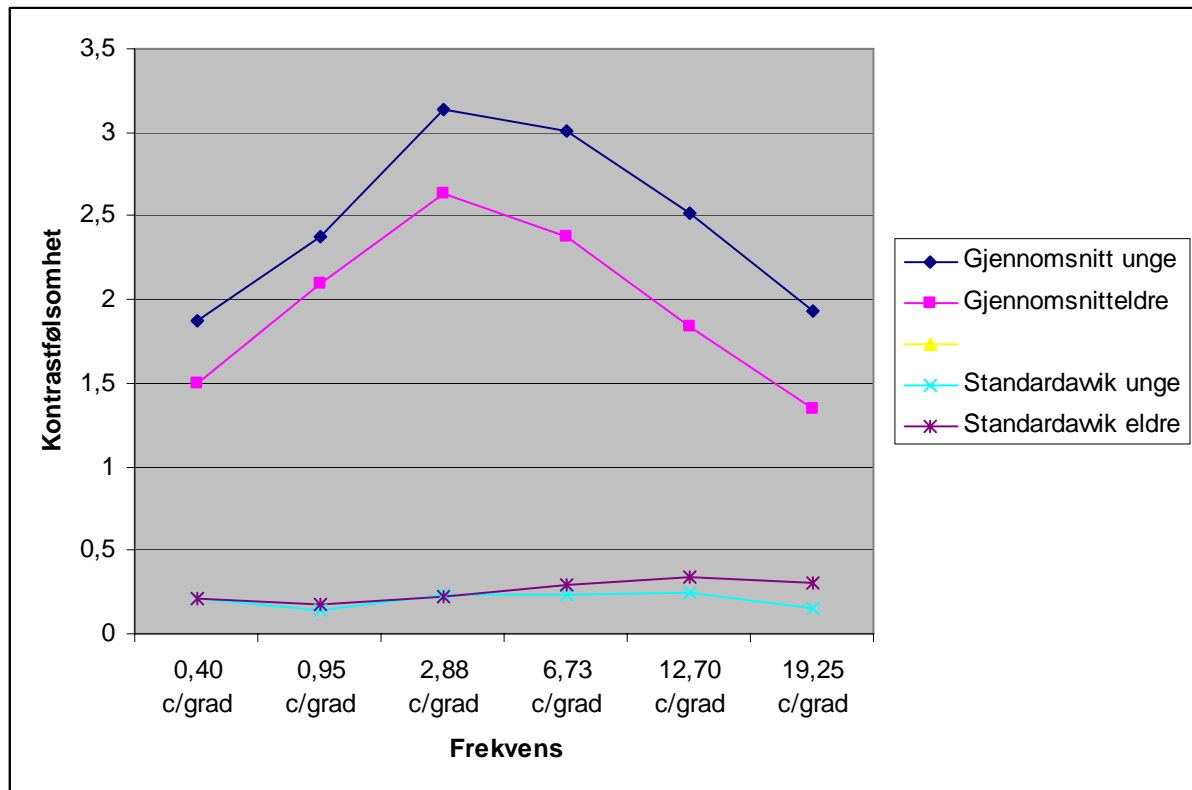
**Ross, J.E., Clarke, D.D. og Bron, A.J. (1985)**

Effect of age on contrast sensitivity function: Uniocular and binocular findings. British Journal of Ophthalmology, vol 69, 51-56

I undersøkelsen deltok 70 frivillige personer der 17 var i 20-årene og 53 i alderen 50-87 år. Personer med øyesykdommer ble ekskludert. Alle hadde synsskarphet 0,66 eller bedre for hvert øye. En sinusoidal lysfordeling ble generert på en oscilloskopskjerm der både frekvensen (c/grad) og amplituden på lysfordelingen kunne varieres. Frekvensene som ble brukt var 0,45, 0,95, 2,88, 6,7, 12,5 og 19,25 c/grad. Kontrastfølsomheten oppgis som 1/kontrastterskelen. Kontrasten beregnes som  $(I_{maks}-I_{min})/(I_{maks}+I_{min})$ . Resultatene presenteres



som gjennomsnittet og standardavvik for de unge og for de eldre for hver av de brukte frekvensene. Både monokulær og binokulær kontrastfølsomhet ble målt. Figuren nedenfor viser resultatene av de binokulære målingene.



**Santos, N.A., Simas, M.L.B. og Nogueira R.M.T.B.L. (2004)**

Comparison of angular frequency contrast sensitivity in young and older adults. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, vol 37, 375-378

Kontrastfølsomheten ble målt på to måter. Den ene var den tradisjonelle med en horisontal sinusoidal lysfordeling med frekvensene 0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 6,0 og 9,0 c/grad der nødvendig amplitude for å se stripene ble bestemt. I den andre måten ble lysstripene presentert som radier i en sirkel og der frekvensene var 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 64 og 96 c/360°.

I undersøkelsen deltok 6 yngre personer (20-26 år) og 6 eldre (60-67 år). Ingen hadde øyensykdommer og alle normal synsskarphet.

For situasjonen der stripene ble presentert som radier ble det funnet at yngre har bedre kontrastfølsomhet enn eldre for frekvenser over 4 c/360°, mens det motsatte var tilfelle for frekvensene 2 og 4 c/360°. Med den tradisjonelle målemetoden (horisontal sinusoidal lysfordeling) fant en også bedre kontrastfølsomhet for yngre enn for eldre ved midlere og høye frekvenser men ingen forskjell ved lave.

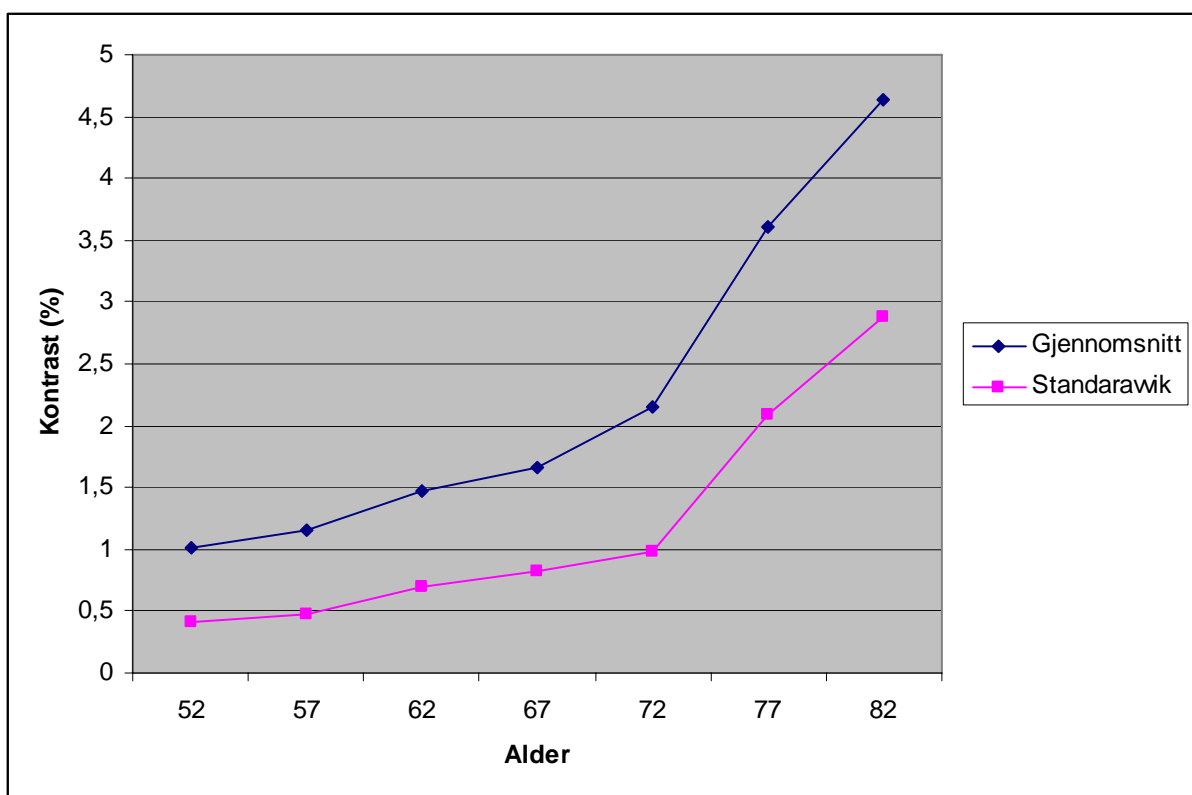
**van Pol, E. (2001)**

The relationship between visual function and neuropsychological test performance in older individuals. Faculteit der Psychologie, Universiteit Maastricht

Undersøkelsen ble gjennomført på et utvalg av 777 personer som var 50 år eller eldre. Data til undersøkelsen ble hentet fra en større undersøkelse som ble gjennomført ved universitetet i Maastricht i Nederland. Delundersøkelsen som skal presenteres her omfatter ved siden av testing av synsfunksjoner også testing av kognitive funksjoner. Blant synstestene var en test av kontrastfølsomheten. Personene så på en tavle med ulike figurer (firkant, eple ol) der kontrasten mellom figuren og bakgrunnen varierte. For hver person ble det registrert hvor høy kontrast som måtte til for at personen identifiserte figuren. Personenes skåre på testen varierte mellom 1 (nødvendig med høy kontrast) til 6 (tilstrekkelig med lav kontrast). Kontrasten for de ulike skalaverdiene fra 1 og oppover henholdsvis 20%, 10%, 5%, 2,5%, 1,25% og 0,6% ([www.lea-test.fi/en/assessm/educar/contcurv.html](http://www.lea-test.fi/en/assessm/educar/contcurv.html)). For den øvre delen av skalaen (3-6) er sammenhengen mellom skalaverdi og kontrast (%):

$$\text{Kontrast} = 47,309 e^{-0,744 \text{ skalaverdi}}$$

Ut fra dette kan resultatene fra undersøkelsen gis i prosent kontrast og dette er vist i figuren nedenfor.



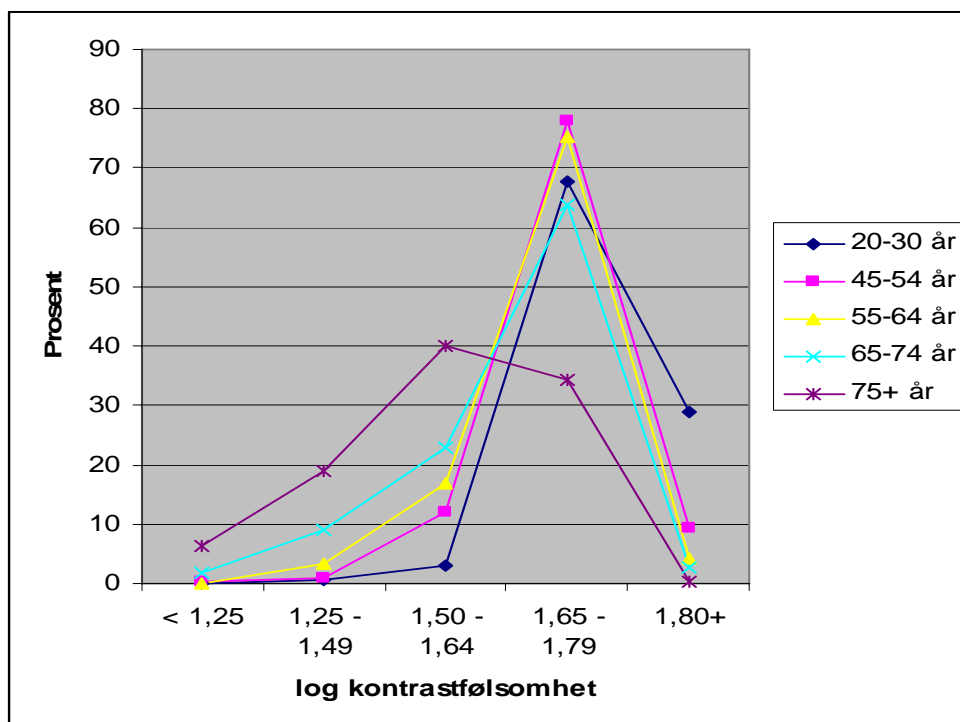
Figuren viser at kontrastfølsomheten avtar med akselererende takt med økende alder. Samtidig øker standardavviket med alderen. En person med alder rundt 80 år trenger en kontrast som er nesten 5 ganger større enn en person rundt 50 år.

**van Rijn, L.J. (2005)**

Prevalence of impairment of visual function among European drivers. EU project: SUB-B27020B-E3-GLARE-2002-S07.18091

I et større EU-prosjekt ble bl a kontrastfølsomheten til 2422 førere målt. Fem øyeklinikker deltok i undersøkelsen. Disse var lokalisert i Amsterdam (Nederland), Salzburg (Østerrike), Tübingen (Tyskland), Barcelona (Spania) og Antwerpen (Belgia). Deltakere til prosjektet ble rekruttert fra områdene rundt klinikkene. Rekrutteringen tok sikte på å få et like stort antall personer i hver av aldersgruppene: 45-54 år, 55-64 år og 75 år eller mer. Antallet personer i den øverste aldersgruppen ble imidlertid noe lavere enn i de 3 øvrige. I tillegg ble det inkludert et mindre utvalg av personer i 20-årene

Kontrastfølsomheten ble målt med en Pelli Robson tavle. Tavlen viser forholdsvis store bokstaver (30') der kontrasten varierer. Kontrastterskelen bestemmes ved overgangen mellom kontraster der personen kan identifiseres bokstaven og der bokstaven ikke identifiseres. Kontrastfølsomheten uttrykkes som logaritmen til 1/terskelen (uttrykt i %). Målingene ble foretatt på personenes beste øye og etter korreksjon av brytningsfeil. I presentasjonen av resultatene er kontrastfølsomheten delt i 5 grupper og for hver aldersgruppe er andelen (%) som faller i hver gruppe angitt. Dette er vist i figuren nedenfor.



Kontrastfølsomheten avtar med alderen. Opp til 75 er endringene moderate. Personene over 75 år presterer markert dårligere enn de andre

Produsenten av Pelli Robson tavlen mener at en person med kontrastfølsomhet under 1,5 kan betraktes som å ha en svekkelse. I trafikksikkerhetslitteraturen betraktes en kontrastfølsomhet under 1,25 som en svekkelse. I den eldste gruppen er det 6,3 % som har kontrastfølsomhet under 1,25, og 25,4 % med kontrastfølsomhet under 1,5.

## Synsfelt

### **Collins, J.M., Brown, B. og Bowman, K.J. (1989)**

Peripheral visual acuity and age. *Ophthal. Physiol.* Vol 9, 314-316

I undersøkelsen deltok 17 unge personer (gjennomsnittsalder 22,1 år) og 12 eldre (gjennomsnittsalder 54,2 år). Ingen hadde synsskarphet dårligere enn 6/6 eller øyelidelser. To testfigurer ble brukt. Den kritiske detaljen i den ene hadde en størrelse på 4,8 og den andre på 2,4 bueminutter. Figurene ble ført fra periferien og inn mot sentret av synsfeltet i det horisontale planet, fra høyre side i høyre øye og fra venstre side i venstre øye. Eksentriteten når figuren kunne identifiseres ble registrert. Det som blir målt er altså størrelsen på det horisontale synsfeltet der en detalj på 2,4 eller 4,8 bueminutter kan sees. Resultatene er vist i tabellen nedenfor.

	Unge		Eldre	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Detalj 2,4'	61,6	13,0	45,7	16,2
Detalj 4,8'	96,6	26,1	80,8	32,6

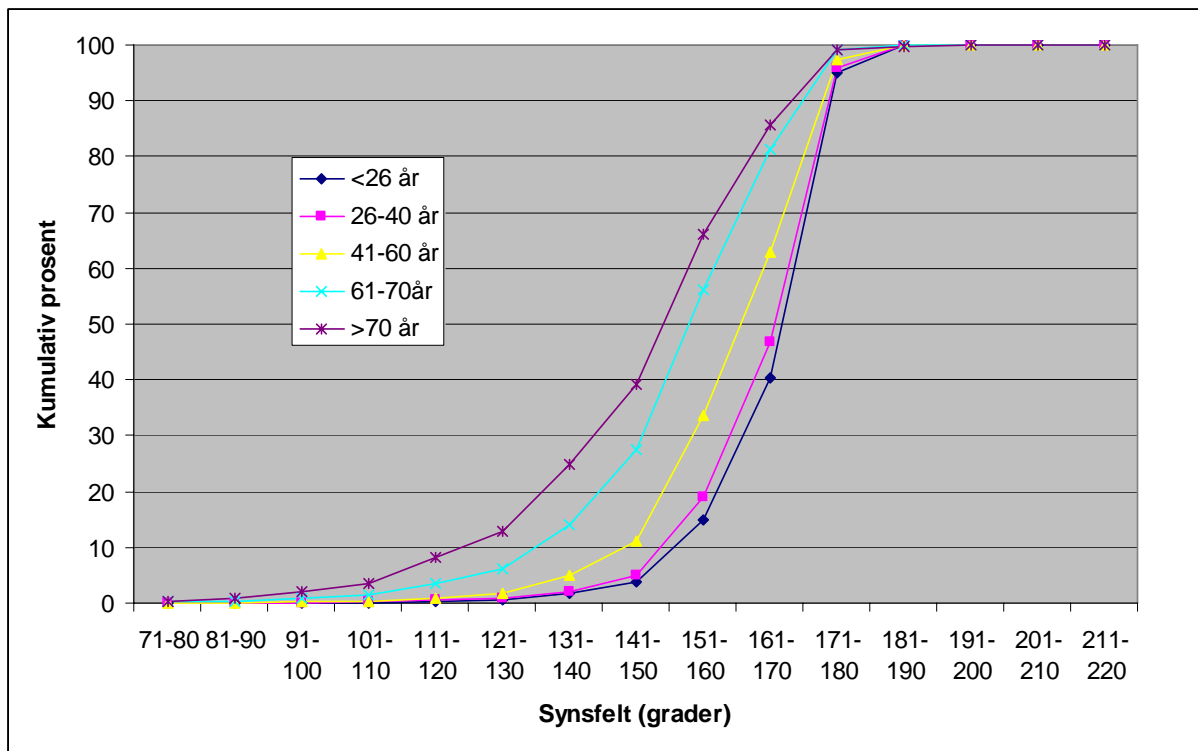
Resultatene viser at eldre har betydelig mindre ”synsfelt” både for figuren med stor og liten detalj enn yngre. ”Synsfeltet” er også klart mindre for en liten detalj enn for en større.

### **Council, F.M. og Allen, J.A. (1974)**

A study of the visual fields of North Carolina drivers and their relationship to accidents. Highway Safety Research Center, University of North Carolina, Chapel Hill, NC, 1974

Undersøkelsen omfattet 52000 førere som ble testet når de kom for å få førerkort eller for å fornye førerkortet. Bare den horisontale utstrekningen av synsfeltet ble målt. Hvert øye ble testet for seg ved at et lite hvitt sirkulært felt ble flyttet i 5 graders trinn fra periferien mot sentrum av synsfeltet. Personen rapporterte når han/hun så feltet.

Resultatene fra undersøkelsen er vist i figuren nedenfor. Figuren viser for hver aldersgruppe, andelen (prosent) som har et synsfelt av en viss størrelse eller mindre.



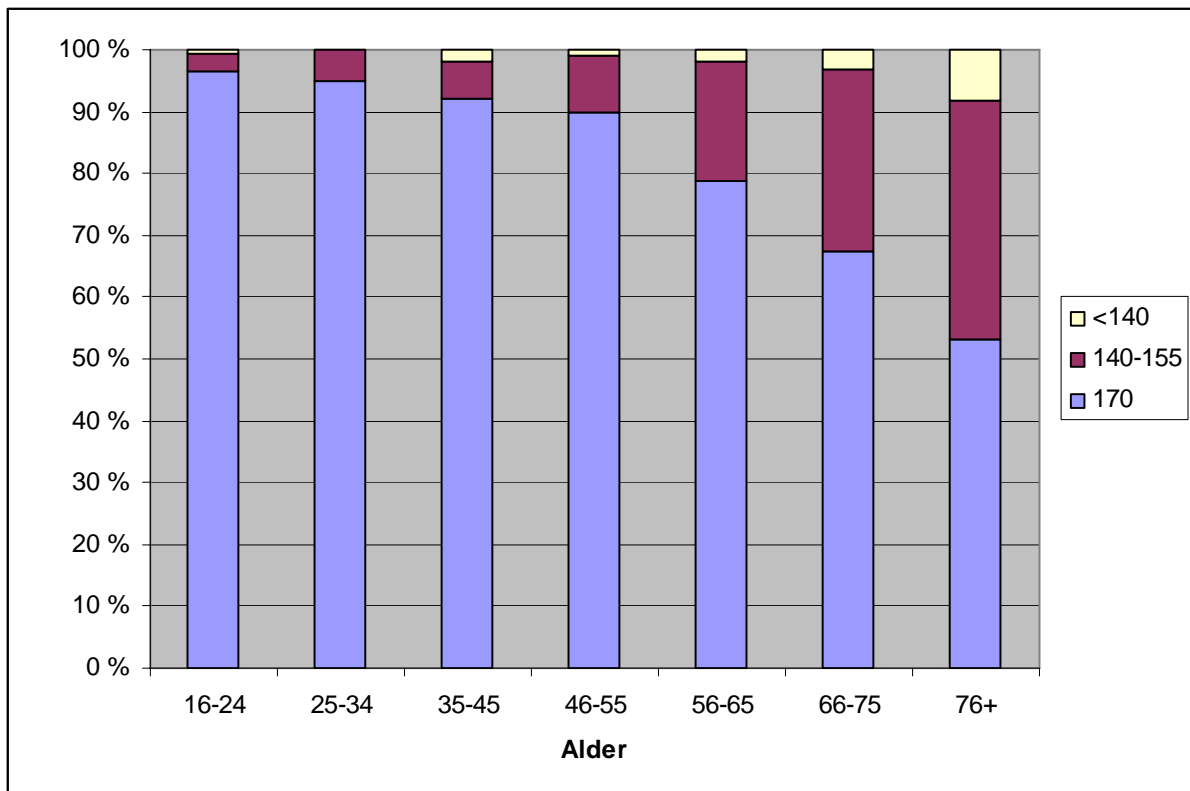
Resultatene viser at etter 30 års alderen blir synsfeltet mindre og med økende alder er det stadig flere som har et betydelig innskrenket synsfelt (<140°). Blant personer over 70 år er det ca 30 % som har et synsfelt på mindre enn 140°.

**Decina, L.E. og Staplin, L. (1993)**

Retrospective evaluation of alternative vision screening criteria for older and younger drivers. Accident Analyses and Prevention, vol 25, 267-275

Undersøkelsen ble gjennomført tidlig på 90-tallet i Pennsylvania, USA. Synsfunksjoner, deriblant synsfelt, ble målt på 12400 førere som kom for å fornye førerkortet. Synsfeltet ble målt ved at blinkende lys kunne presenteres 45, 55, 75 og 85° ut til høyre eller venstre side for fikseringspunktet i den horisontale meridianen. Personen skulle rapportere om lyset syntes på høyre eller venstre side.

Resultatene presenteres grafisk der prosentandelen innen hver aldersgruppe som har synsfelt på 170, 140-155 og under 140°. Resultatene er avlest og replottet nedenfor.



Synsfeltet avtar med økende alder men reduksjonen er moderat fram til 50 års alderen. Med videre økende alder reduseres synsfeltet mer. Det er likevel under 10 % i den eldste gruppen som har et synsfelt under 140°. Blant disse kan det imidlertid være personer med et alvorlig innskrenkede synsfelt.

**Haegerstrom-Pornoy, G., Schneck, M.E. og Brabyn, J.A. (1999)**

Seeing into old age: Vision function beyond acuity. Optometry and Vision Science, vol 76, 141-158

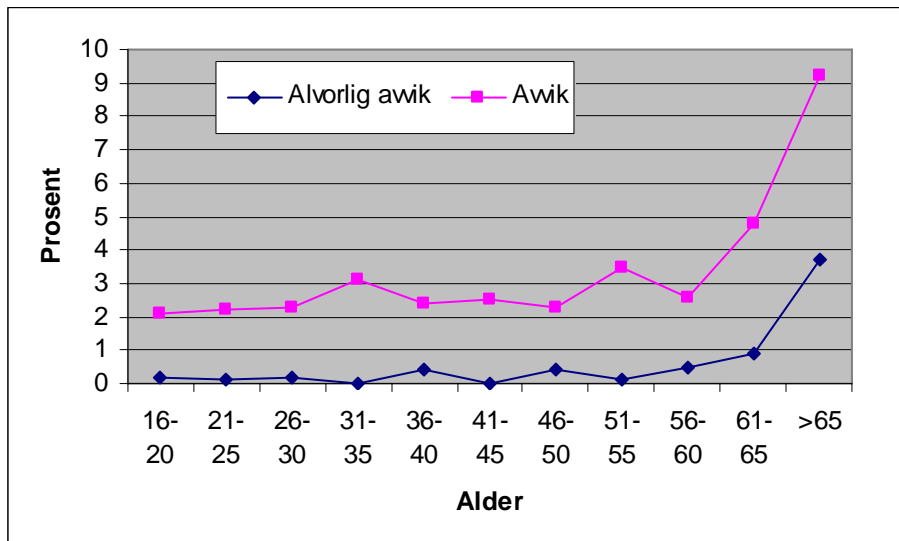
I undersøkelsen deltok 900 personer i alderen 58-102 år. Synsfeltet ble målt lang 5 meridianer (60, 185, 225, 315 og 355°). Resultatene presenteres som gjennomsnittet for meridianene og oppgis som vinkelavstanden fra fikseringspunktet. Et blinkende grønt lys ble vist på forskjellige steder langs de 5 meridianene og personen rapporterte når han/hun så lyset. Et blinkende lys er et sterkt stimuli og vil derfor kunne sees mer perifert enn f eks et hvitt felt som er belyst av rombelysningen. I undersøkelsen ble det da også funnet uvanlig store synsfelt og det var også forholdsvis liten reduksjon med økende alder. Den gjennomsnittlig utstrekningen for personer under 70 år var 67°, mens den for 85-89 åringer og 90-94 åring var henholdsvis 62 og 59°. I de høyere aldersgruppene var det en betydelig spredning i resultatene. Om lag 25% i aldersgruppene 85-89 og 90-94 år hadde en utstrekning som var henholdsvis 55 og 48° eller mindre.

**Johnson, C.A. og Keltner, J.L. (1983)**

Incidence of visual field loss in 20 000 eyes and its relationship to driving performance. Arch. Ophthalmol., vol 101, 371-375

Undersøkelsen omfattet 10000 personer i Kalifornia som kom for å få førerkort (antakelig både nytt og fornyelse). Personene så inn i en halvkule der lyspunkter ble presentert på

forskjellige steder innen et felt som strakte seg 40° oppover, nedover og mot nesen og 60° ut til siden. Resultatene presenteres som prosentandelen som har avvik og alvorlige avvik fra normalt synsfelt. Normalt synsfelt er i denne undersøkelsen definert som at alle lyspunktene i alle posisjonene ble sett. En person har et avvikende synsfelt om det er substansiell innskrenkninger av eller blinde områder i synsfeltet. I et sterkt avvikende synsfelt er disse innskrenkningene store. Resultatene er presentert grafisk. Disse er avlest og replottet nedenfor.

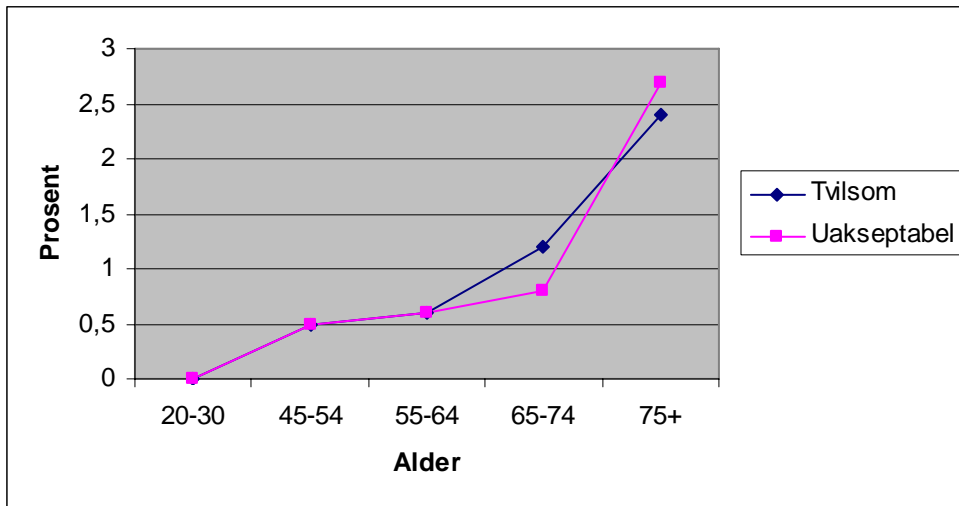


Andelen som har avvikende synsfelt er forholdsvis konstant opp til 60 års alderen og øker sterkt med videre økende alder. Det samme gjelder for alvorlig avvikende synsfelt.

### van Rijn, L.J. (2005)

Prevalence of impairment of visual function among European drivers. EU project: SUB-B27020B-E3-GLARE-2002-S07.18091

I et større EU-prosjekt ble bl a synsfeltet til 2373 førere målt. Fem øyeklinikker deltok i undersøkelsen. Disse var lokalisert i Amsterdam (Nederland), Salzburg (Østerrike), Tübingen (Tyskland), Barcelona (Spania) og Antwerpen (Belgia). Deltakere til prosjektet ble rekruttert fra områdene rundt klinikkene. Rekrutteringen tok sikte på å få et like stort antall personer i hver av aldersgruppene: 45-54 år, 55-64 år, 65-74 år og 75 år eller mer. Antallet personer i den øverste aldersgruppen ble imidlertid noe lavere enn i de 3 øvrige. I tillegg ble det inkludert et mindre utvalg av personer i 20-årene. Synsfeltet ble målt ved å presentere personen for lysblink som var fordelt innenfor et område som for det høyre øyet strakte seg 60° til venstre, 40° opp og ned og 80° til høyre. Utstrekning for det venstre øyet var speilvendt. Resultatene ble bedømt ut fra om de tilfredsstilte synsfeltkriteriene for førere av lette biler i Europa, dvs en horisontal utstrekning på 120° og ingen overlappende skotomer i dette området, og klassifisert som akseptabel, tvilsom og uakseptabel. Figuren nedenfor viser for hver aldersgruppe andelen som ble klassifisert som tvilsom og uakseptabel.





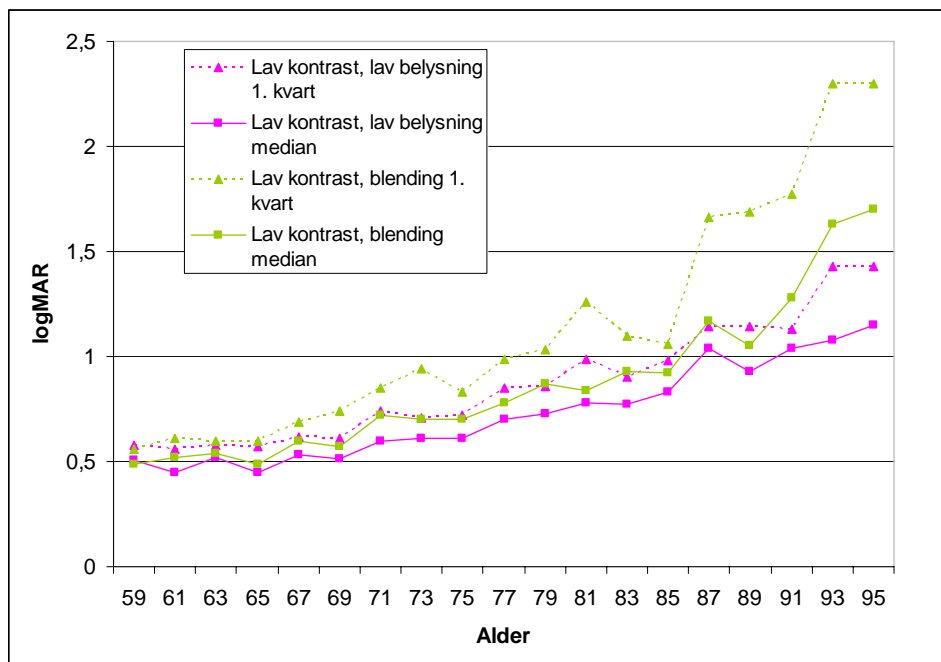
## Blending

**Haegerstrom-Pornoy, G., Schneck, M.E. og Brabyn, J.A. (1999)**

Seeing into old age: Vision function beyond acuity. *Optometry and Vision Science*, vol 76, 141-158

I undersøkelsen deltok 900 personer i alderen 58-102 år. En rekke synsfunksjoner ble testet, deriblant effekten av blending på synsskarpheten og tiden som trengtes for å gjenvinne synsskarpheten etter blending.

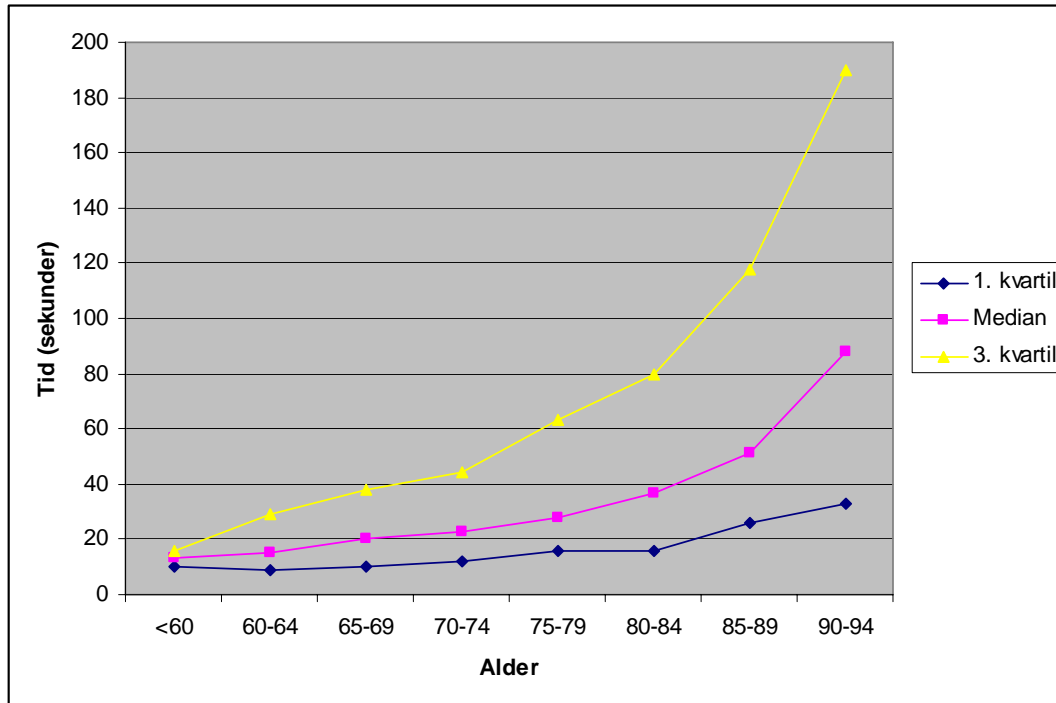
Effekten av blending ble målt ved at personene betraktet en liten synstesttavle med bokstaver (observasjonsavstand 40 cm) der kontrasten mellom bokstaver og bakgrunn var liten (10%). Et felt rundt tavlen var gjennomskinnelig og kunne belyses bakfra. Uten belysning var luminansen til omgivelsene rundt tavlen  $80 \text{ cd/m}^2$  og med belysning  $3300 \text{ cd/m}^2$ . Resultatene er presentert grafisk. Disse er avlest og replottet nedenfor.



I undersøkelsen ble også synsskarpheten ved lav kontrast og lav belysning målt. For sammenlikningens skyld er også disse resultatene tatt med i figuren. Figuren viser medianen og 1. kvartil (verdien som 25 % presterer dårligere enn) for både synsskarphet under blending og ved lav kontrast og luminans. Synsskarpheten avtar med økende alder under begge betingelsene men mest under blendingsbetingelsen. Videre ser en at spredningen i prestasjonene øker med alder men også her mest under blendingsbetingelsen. For personer i 60-årene er det liten forskjell mellom 1. kvartil. For de elste ligger 1. kvartil under blending omtrent 8 ganger høyere enn for betingelsen lav kontrast og belysning. Dette viser for det første at i forhold til middelaldrende er de elste mer plaget av blending enn av lav kontrast og lav belysning og for det andre at de som presterer dårligst blant de elste vil ha en kraftig reduksjon i synsskarphet under blending.

Gjenvinningstid etter blending ble målt ved først å bestemme personen synsskarphet uten blending. Synsskarpheten ble målt ved hjelp av en liten tavle (observasjonsavstand 40 cm) med linjer med bokstaver og der bokstavstørrelsen ble mindre for hver linje nedover. Deretter så personen på et felt med høy luminans i ett minutt. Det lyse feltet ble slått av og personen rettet

blikket mot tavlen og forsøkte å lese bokstavene. Tiden fra feltet med høy luminans ble slått av og til personen kunne lese bokstavene på en linje som lå to linjer over terskellinjen i den første målingen, ble registrert. Målingene tar altså hensyn til at personene kunne ha forskjellig synsskarphet i utgangspunktet. Resultatene presenteres grafisk. Verdiene er lest av og replottet. Figuren nedenfor viser for de ulike aldersgruppene mediantiden og 1. og 3. kvartil.



Mediantiden øker med alderen, lite til å begynne med og mye for personer over 80 år. Personer i 90-årene har en gjenvinningstid som er om lag 7 ganger lengre enn det 60-åringene har. Spredningen øker også med alderen og særlig mye for de eldste gruppene. 25 % av personene i 90-årene vil ha en gjenvinningstid som er 12-13 ganger lengre enn det som er typisk for en 60-åring. I undersøkelsen ble det brukt et kriterium som var relativt til personens prestasjon uten forutgående blinding. Med et fast kriterium ville antakelig forskjellen mellom de middelaldrende og de eldste blitt enda større fordi de eldste måtte oppnå en synsskarphet som kanskje lå helt nede grensen for det de kunne prestere selv uten forutgående blinding mens det antakelig ikke var tilfelle for de middelaldrende og unge.

### van Rijn, L.J. (2005)

Prevalence of impairment of visual function among European drivers. EU project: SUB-B27020B-E3-GLARE-2002-S07.18091

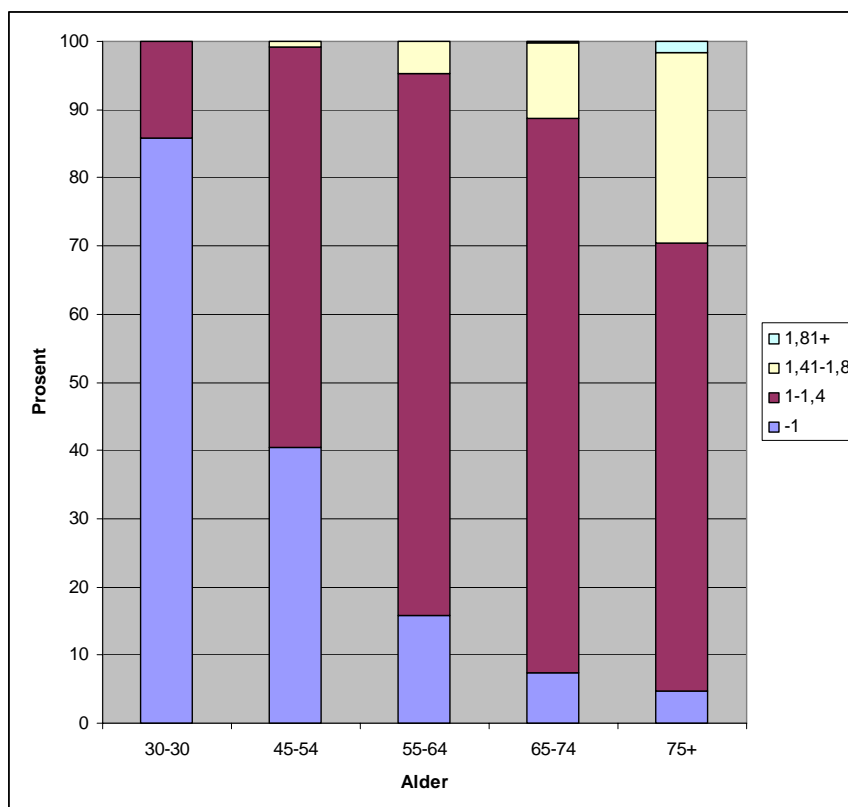
I et større EU-prosjekt ble bl a strølys inne i øyet pga en blindingsskylde målt hos 2044 førere. Fem øyeklinikker deltok i undersøkelsen. Disse var lokalisert i Amsterdam (Nederland), Salzburg (Østerrike), Tübingen (Tyskland), Barcelona (Spania) og Antwerpen (Belgia). Deltakere til prosjektet ble rekruttert fra områdene rundt klinikkene. Rekrutteringen tok sikte på å få et like stort antall personer i hver av aldersgruppene: 45-54 år, 55-64 år, 65-74 år og 75 år eller mer. Antallet personer i den øverste aldersgruppen ble imidlertid noe lavere enn i de 3 øvrige. I tillegg ble det inkludert et mindre utvalg av personer i 20-årene.

Redusert synsskarphet eller kontrastfølsomhet ved blinding skyldes at lyset fra en blindingsskildel i noen grad blir spredt over netthinnen og kan betraktes som et tillegg til luminansen til det personen betrakter. Kontrastfølsomheten defineres som forskjellen i luminans mellom et objekt og bakgrunnen relativt til bagrunnsluminansen.

Kontrastfølsomheten er konstant over et stort luminansområde. Strølyset kan altså betraktes som en økning av luminansen til bakgrunnen og objektet med enn viss verdi, men differansen i luminans mellom bakgrunn og objekt vil være den samme. Dette fører til at forholdet mellom luminansen til objektet og bakgrunnen blir mindre. For å oppnå samme kontrast som uten blinding må forskjellen mellom luminansen til objekt og bakgrunn økes proporsjonalt med økning i luminansen pga strølyset. Ved å måle mengden strølys kan en altså beregne effekten på kontrastterskelen. Metoden for å måle strølyset er beskrevet i de Wit et al (2005).

Måleresultatene oppgis i strølysenheter der økende verdi betyr mer strølys. Resultatene er vist i figuren nedenfor.

Mengden strølys øker tydelig med økende alder. En verdi over 1,4 ansees som en svekkelse og rundt 2 som en alvorlig svekkelse. Blant de yngste er det ingen med verdi over 1,4 mens det for de eldste er nesten 30 %. Andelen med verdi over 1,8 (alvorlig svekkelse) er ganske liten selv i den eldste gruppen.



### Vos, J.J. (2003)

On the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation. Clinical and Experimental Optometry, vol 86, 363-370

Vos gir en oversikt over utviklingen av arbeidet med å beregne blindingseffekter og presenterer tre likninger som CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) nå har kommet fram. Èn er generell, èn gjelder for små vinkler mellom blindingsslys og fikseringspunkt og èn kan anvendes for vinkler mellom 1 og 30°. Den siste betegnes som "Age-Adjusted Stiles-Holladay Disability Glare Equation" og kan anvendes for å beregne blindingseffekter i trafikken.

$$L_{\text{slør}} = (E_{\text{blindingsslys}} * 10 (1 + [\text{alder}/70]^4)) / \Theta^2$$

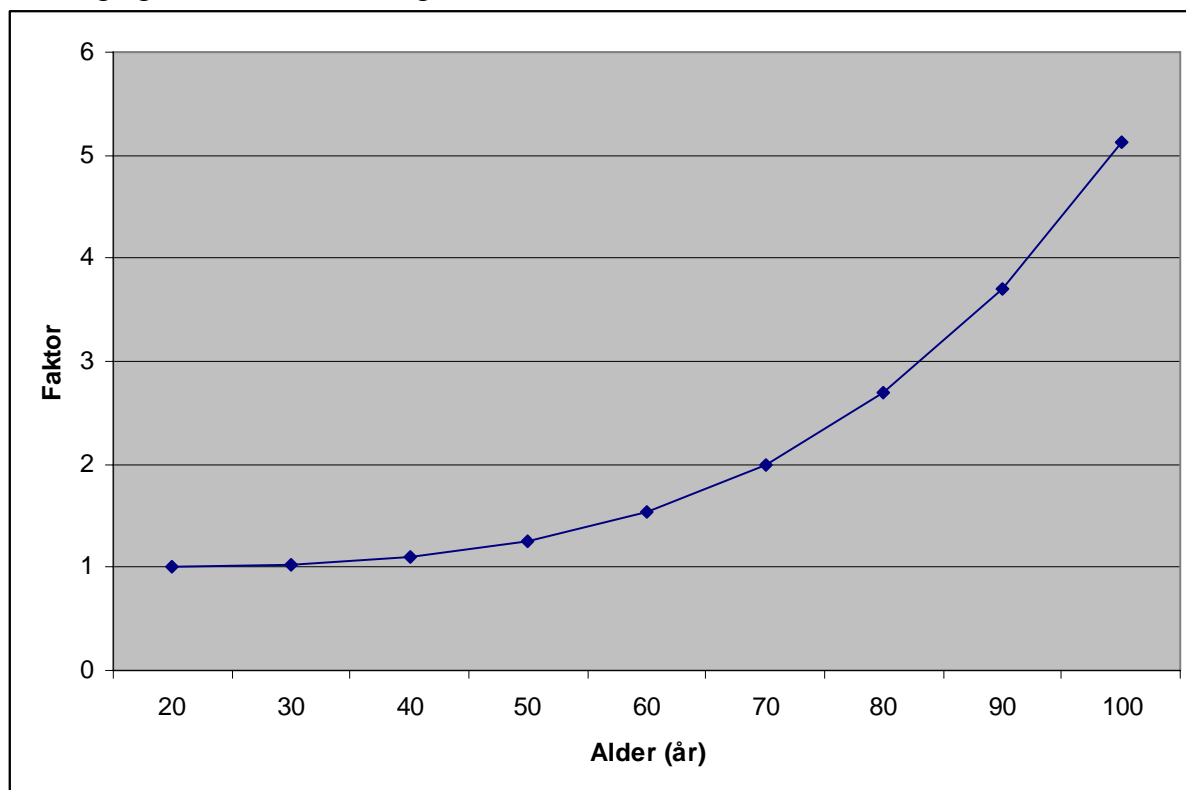
L = luminans i cd/m<sup>2</sup>

E = belysningen av øyet av blindingsslyset (lux)

Alder oppgis i år

Θ = vinkelenavstanden fra blindingsslyset (grader)

Ved hjelp av likningen kan en beregne blindingseffekten av et lys ved forskjellig alder på betrakteren. Figuren nedenfor viser blindingseffekten (luminansen til lyssløret) relativt til blindingseffekten for 20-åringer.



Blindingseffekten (egentlig luminansen til lyssløret) er for 60-åringer ca 1,5 ganger, for 80-åringer ca 2,7 ganger og for 90-åringer ca 3,7 ganger så stor som for 20 åringer. Siden kontrastterskelen øker proporsjonalt med strølyset gir figuren også et bilde av hvordan kontrastterskelen øker med alderen.

Funksjonen er basert på målinger av strølyset i friske øyne. Ute i trafikken vil det være førere med ulike øyelidelser (f eks katarakt) som øker mengden av strølys og dermed blindingseffekten. Forekomsten av slike øyelidelser øker med alderen. Blant førere kan det derfor være at blindingseffekten øker raskere med alderen enn det figuren viser.

**Westheimer, G., Chu, P., Huang, W., Tran, T. og Dister, R. (2003)**

Visual acuity with reversed-contrast charts: II. Clinical investigation. *Optometry and vision science*, vol 80, 749-752

Synsskarpheten ble målt blant 106 pasienter ved en øyeklinikk. Pasientene var i alderen 20-88 år. Synsskarpheten ble målt ved hjelp av en tavle presentert på skjermen til en bærbar PC. To tavler ble bruk, den ene hadde negativ kontrast (svarte bokstaver på lys bakgrunn) og den andre positiv kontrast (lyse bokstaver på mørk bakgrunn). Bortsett for retningen var kontrasten den samme. For begge tavlene ble det funnet en reduksjon i synsskarpheten med økende alder, men reduksjonen var signifikant større for negativ enn for positiv kontrast. Forfatterne mener denne forskjellen kan skyldes en svak blendingseffekt av den lyse bakgrunnen på tavlen med negativ kontrast. En nærmere undersøkelse av noen av personene viste at den intraokulære spredningen av lys og dermed muligheten for en blendingseffekt økte med alderen.

## **Gjenvinningstid etter eksponering for sterkt lys**

**Collins, M. (1989)**

The onset of prolonged glare recovery with age. *Ophthal. Physiol. Opt.* vol 9, 368-371

Undersøkelsen omfattet 65 personer i alderen 16-79 år. Personer med øyelidelser eller en del andre kroniske lidelser ble utelukket fra undersøkelsen. Utvalget i undersøkelsen er derfor ikke representativ for befolkningen og heller ikke for førere.

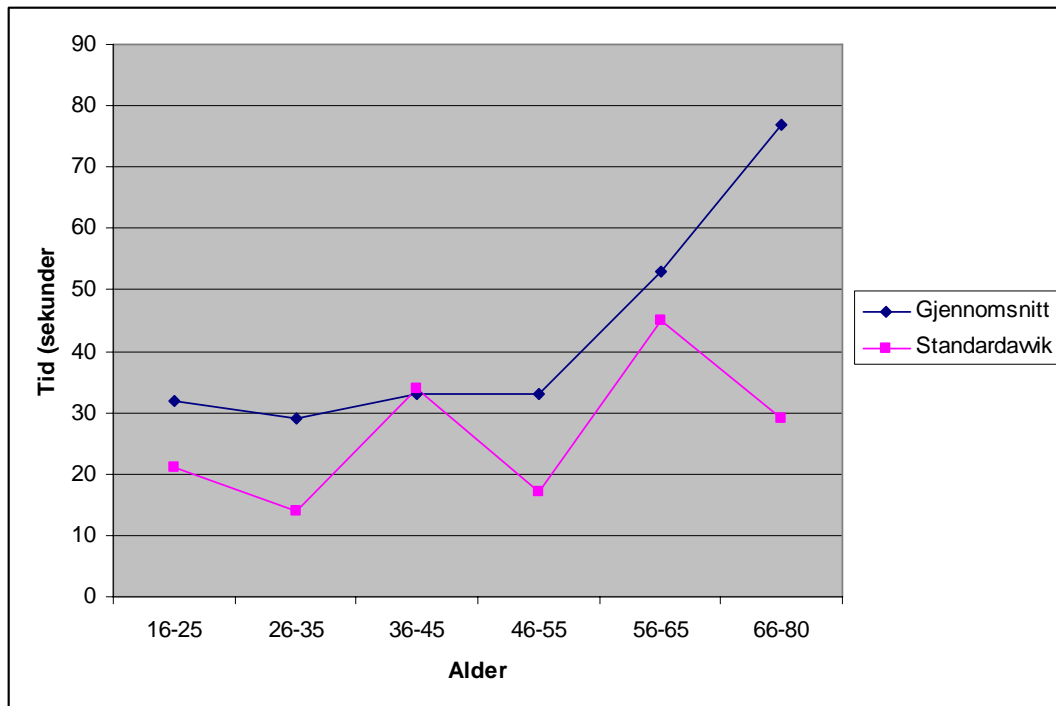
Først ble personenes kontrastterskel bestemt. Et lite lysfelt (testfelt) ( $13,8'$ ) var plassert i et større felt (bakgrunn) med luminans  $10,1 \text{ cd/m}^2$ . Luminansen til testfeltet kunne varieres. Kontrastterskelen var overgangen mellom der personen kunne og ikke kunne skille testfeltet fra bakgrunnen. Kontrasten ble definert som:  $(\text{Luminans test} - \text{luminans bakgrunn}) / (\text{luminans test} + \text{luminans bakgrunn})$ .

Blendingslyset var et felt på  $14,6^\circ$  med luminans  $4,6 \cdot 10^4 \text{ cd/m}^2$ . Personene så på blendingslyset i 10 sekunder, så ble det slukket og personen rettet blikket mot testfeltet. Dette blinket med en frekvens på 10Hz og hadde en kontrast på 0,74. Tiden fra blendingsfeltet ble slukket og til personen så testfeltet ble registrert. Testfeltet ble så satt til en kontrast på 0,60 og tiden til personen så feltet registrert. Tilsvarende ble gjort for kontrast 0,53, 0,32 og 0,16. Ved hjelp av lineær regresjon kunne en beregne tiden til personen ville ha samme kontrastfølsomhet som uten forutgående blinding.

Collins presenterer resultatene grafisk. Disse er avlest og replottet i figuren nedenfor.

Figuren viser gjennomsnittlig gjenvinningstid og gjennomsnittet pluss ett standardavvik for de ulike aldersgruppene.

Fram til 50-års alderen er gjenvinningstiden forholdsvis konstant. Med videre økende alder stiger gjenvinningstiden sterkt. Standardavviket øker også med alderen men forholdsvis svakt. I undersøkelsen finner en ganske lange gjenvinningstider. Det skyldes antakelig både at blendingslyset var ganske sterkt i forhold til bakgrunns-luminansen i testsituasjonen (over 3,5 log enheter høyere) og at kriteriet for kontrast følsomheten var kontrastterskelen uten blinding.



**Howard, C.M., Tregear, S.J. og Werner, J.S. (2000)**

Time course of early mesopic adaptation to luminance decrements and recovery of spatial resolution. *Vision Research*, vol 40, 3059-3064

I undersøkelsen deltok 6 personer men resultater presenteres bare for 4. To av disse var unge (21 og 22 år) og to eldre (47 og 51 år). Hensikten med undersøkelsen var å finne hvordan kontrastterskelen endret seg umiddelbart etter et plutselig skifte i lys til mørke. Personene så på et lyst adaptasjonsfelt som kunne ha tre forskjellige intensiteter (2,6, 2,1 og 1,6 log troland<sup>11</sup>). Disse feltene ble erstattet med testfelt som kunne ha intensitet som var 3, 2,5 eller 2 log troland lavere enn adaptasjonsfeltet. Intensiteten på testfeltet tilsvarer det en opplever i skumring. På ulike tidspunkter etter skiftet (0,25 – 9 sekunder) ble et sinusmodulert stripemønster presentert i testfeltet. Amplituden kunne varieres for å finne kontrastterskelen. Stripemønsteret hadde en frekvens på 1 eller 6 c/grad.

Resultatene viste at kontrastterskel var høy rett etter skiftet, at den sank raskt til å begynne med siden langsommere og at det kunne ta flere sekunder før den hadde stabilisert seg, dvs at øyet hadde tilpasset seg den lavere intensiteten. Kontrastterskelen var lavere for 1 enn for 6 c/grad. For begge frekvensene sank kontrastterskelen raskere og nådde det stabile nivået etter kortere tid for de unge enn for de eldre.

**Schieber, F.**

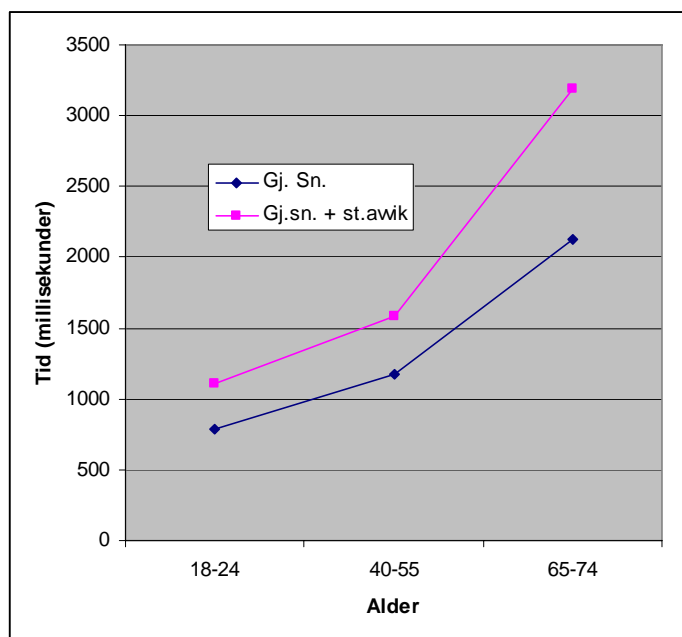
Age and glare recovery time for low-contrast stimuli. [www.usd.edu/~schieber/pdf/glare.pdf](http://www.usd.edu/~schieber/pdf/glare.pdf)

I undersøkelsen deltok 12 personer i alderen 18-24 år, 12 i alderen 40-55 år og 16 i alderen 65-74 år. Alle hadde en synsskarphet på 20/25 (6/7,5) eller bedre. Først ble kontrastterskelen

<sup>11</sup> Troland er en måleenhet for lysstyrke, der en tar hensyn til pupillens størrelse og dermed får lysstyrken på netthinnen.

for hver enkelt bestemt under vanlige betingelser. Bokstaver med konstant størrelse ble vist på en skjerm. Kontrasten mellom bokstavene (grå bokstaver mot hvitt bakgrunn) ble variert for å finne kontrasten som akkurat ga mulighet for å identifisere bokstaven, kontrastterskelen. Ett intenst lys på hver side av skjermen ble tent. Personen så ikke på lysene men på skjermen hele tiden. Lysene var tent i 10 sekunder. Etter at lysene var slukket ble det vist bokstaver på skjermen som hadde en kontrast som var 0,1 log enheter over kontrastterskelen for personen. Gjenvinningstiden var tiden fra lysene ble slukket og til personen kunne identifisere bokstavene. Resultatene fra undersøkelsen er vist i figuren nedenfor.

Gjenvinningstiden øker med alderen og det samme gjør spredningen i resultatene. Den eldste gruppen har i gjennomsnitt nær 3 ganger så lang gjenvinningstid som den yngste. Gjenvinningstiden for høykontrast bokstaver ble også undersøkt. Der var det minimal forskjell mellom aldersgruppene. Alderseffekten i gjenvinningstid kommer altså først og fremst til uttrykk når kontrasten er liten. I en kjøresituasjon vil det ofte være liten kontrast mellom et objekt (f eks fotgjenger) på vegen og bakgrunnen i skumring eller mørke. Resultatene fra denne undersøkelsen er derfor relevant for kjøring i skumring eller mørke og der føreren blir utsatt for lysene til møtende biler. I slike situasjoner kommer eldre førere betydelig dårligere ut enn yngre.



# Referanser



**Attebo, K., Mitchell, P. og Smith, W. (1996)**

Visual acuity and the causes of visual loss in Australia. *Ophthalmology*, vol 103, 357-364

**Brabyn, J., Schneck, M., Haegerstrom-Portnoy, G. og Lott, L. (2001)**

The Smith-Kettlewell Institute (SKI) Longitudinal Study of Vision Function and Its Impact among the Elderly: an Overview. *Optometry and Vision Science* vol 78,264-269

**Burg, A. (1966)**

Visual acuity as measured by dynamic and static tests: A comparative evaluation. *Journal of Applied Psychology*, vol 50, 460-466

**Burg, A. (1967)**

The relationship between vision test scores and driving record: General findings. Report 67-27. Los Angeles, CA: UCLA, Department of Engineering

**Chan, A.H.S og Courtney, A.J. (1993)**

A Review of Research on Visual Acuity and Search Performance. *Industrial Engineering*, 1993-94

**Committee on Vision (1985)**

Emergent techniques for assessment of visual performance. Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council, National Academy Press, Washington DC

**Collins, M. (1989)**

The onset of prolonged glare recovery with age. *Ophthal. Physiol. Opt.* vol 9, 368-371

**Collins, J.M., Brown, B. og Bowman, K.J. (1989)**

Peripheral visual acuity and age. *Ophthal. Physiol.* Vol 9, 314-316

**Council, F.M. og Allen, J.A. (1974)**

A study of the visual fields of North Carolina drivers and their relationship to accidents. Highway Safety Research Center, University of North Carolina, Chapel Hill, NC, 1974

**CSV-1000 norms**

[www.vectorvision.com/html/educationSVC1000Norms.html](http://www.vectorvision.com/html/educationSVC1000Norms.html)

**de Wit, G.C., Franssen, L., Coppens, J.E. og van der Berg, T.J.T.P. (2005)**

Measuring glare sensitivity. EU project: SUB-B27020B-E3-GLARE-2002-S07.18091

**Decina, L.E. og Staplin, L. (1993)**

Retrospective evaluation of alternative vision screening criteria for older and younger drivers. *Accident Analyses and Prevention*, vol 25, 267-275

**Derefeldt, G., Lennerstrand, G. og Lundh, B. (1979)**

Age variations in normal human contrast sensitivity. *Acta Ophthalmologica*, vol 57, 679-690

**Evans, D.W. og Ginsburg, A.P. (1985)**

Contrast sensitivity predicts age-related differences in highway-sign discriminability. *Human Factors*, vol 27, 637-642

**Ferwerda, J.A., Pattanaik, S.N., Shirley, P. og Greenberg, D.P. (udatert)**

A Model of Visual Adaptation for Realistic Image Synthesis,

[www.cs.usf.edu/~sumant/publications/sig96.pdf](http://www.cs.usf.edu/~sumant/publications/sig96.pdf)

**Fisk, A.D. og Rogers, W.A. (1997)**

Handbook of human factors and the older adult. San Diego, Academic Press

**Haegerstrom-Portnoy, G., Schneck, M.E. og Brabyn, J.A. (1999)**

Seeing into old age: Vision function beyond acuity. *Optometry and Vision Science*, vol 76, 141-158

**Henderson, S. og Dondori, D.C. (2005)**

Peripheral motion contrast sensitivity and older drivers' detection failure accident risk. Proceeding of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, Rockport, Maine, June 2005

**Higgins, K.E. (2004)**

Physiology of glare and readaptation (including age differences). Innlegg på NHTSA Workshop on Headlamp Safety Metrics: Balancing Visibility and Glare, Washington, DC July 13, 2004

**Hills, B.L. og Burg, A. (1977)**

A reanalysis of California driver vision data: General findings. Transport and road research laboratory, Crowthorn

**Howard, C.M., Tregear, S.J. og Werner, J.S. (2000)**

Time course of early mesopic adaptation to luminance decrements and recovery of spatial resolution. *Vision Research*, vol 40, 3059-3064

**Ijspeert, J.K., de Waard, P.W.T., van der Berg, T.J.T.P. og deJong, P.T.V.M. (1990)**

The Intraocular Straylight Function in 129 Healthy Volunteers; Dependence on Angle, Age and Pigmentation. *Vision Research*, vol 30, 699-707

**Ishigaki, H. og Miyao, M. (1994)**

Implications for dynamic visual acuity with changes in age and sex. *Perceptual and Motor Skills*, vol 78, 363-369

**Ivers, R.Q., Mitchell, P. og Cumming, R.G. (2000)**

Visual function test, eye disease and symptoms of visual disability: A population-based assessment. *Clinical and Experimental Ophthalmology*, vol 23, 41-47

**Johnson, C.A. og Keltner, J.L. (1983)**

Incidence of visual field loss in 20 000 eyes and its relationship to driving performance. *Arch. Ophthalmol.*, vol 101, 371-375

**Johnson, C.A., Adams, A.J. og Lewis, R.A. (1989)**

Evidence for a neural basis of age-related visual field loss in normal observers. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol 30, 2056-2064

**Kline, D.W., -Schieber, F., Abusamra, L.C. og Coyne, A.C. (1983)**

Age, the eye, and the visual channels: Contrast sensitivity and response speed. *Journal of Gerontology*, vol 38, 211-216

**Kosnik, W., Winslow, L., Kline, D., Rasinski, K. og Sekuler, R. (1988)**

Visual Changes in Daily Life Throughout Adulthood. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, vol 43, 63-70

**Leitinen, A., Koskinen, S., Härkänen, T., Reunanen, A., Laatikainen, L. og Aromaa, A. (2005)**

A nationwide population-based survey on visual acuity, near vision, and self-reported visual function in the adult population in Finland. *Ophthalmology*, vol 112, 2227-2237

**Long, G.M. og Crambert, R.F. (1990)**

The nature and basis of age-related changes in dynamic visual acuity. *Psychology and Aging*, vol 5, 138-143

**Owsley, C., Sekuler, R. og Siemen, D. (1983)**

Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Research*, vol 23, 689-699

**Pelli, D.G., Robson, J.G. og Wilkins, A.J. (1988)**

The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clinical Vision Science*, vol 2, 187-199

**Pirenne, M.H. (1962)**

Liminal brightness increments. I Davson, H. (ed): *The eye*. Academic Press, New York and London

**Pirenne, M.H. (1962a)**

Visual acuity. I Davson, H. (ed): *The eye*. Academic Press, New York and London

**Pirenne, M.H. (1962a)**

Absolute threshold and quantum effects. I Davson, H. (ed): The eye. Academic Press, New York and London

**Pitts, D.G. (1982)**

The effect of aging on selected visual functions: Darkness adaptation, visual acuity, stereopsis and brightness contrast. I Sekuler, R., Kline, D. og Dismukes, K.: Aging and human visual function. Alan R. Liss, Inc., New York

**Plainis, S., Chauhan, K., Murray, I.L. og Charman, W.N. (udatert)**

Retinal adaptation under night-time driving conditions.

[www2.umist.ac.uk/optometry/dept/plainis/viv7.pdf](http://www2.umist.ac.uk/optometry/dept/plainis/viv7.pdf)

**Richards, O.W. (1966)**

Vision at levels of night road illumination. XII Changes of acuity and contrast sensitivity with age. American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry, vol 43,313-319

**Ross, J.E., Clarke, D.D. og Bron, A.J. (1985)**

Effect of age on contrast sensitivity function: Uniocular and binocular findings. British Journal of Ophthalmology, vol 69, 51-56

**Santos, N.A., Simas, M.L.B. og Nogueira R.M.T.B.L. (2004)**

Comparison of angular frequency contrast sensitivity in young and older adults. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, vol 37, 375-378

**Schieber, F. (1998)**

Analytic Study of Daytime Running Lights as Potential Sources of Disability and Discomfort Glare under Ambient Illumination Conditions Ranging from Dawn through Dusk.

[www.usd.edu/~schieber/pdf/drl.pdf](http://www.usd.edu/~schieber/pdf/drl.pdf)

**Schieber, F. (udatert)**

Optimizing the Legibility of Symbol Highway Signs. [www.usd.edu/~schieber/index](http://www.usd.edu/~schieber/index)

**Schieber, F.**

Age and glare recovery time for low-contrast stimuli. [www.usd.edu/~schieber/pdf/glare.pdf](http://www.usd.edu/~schieber/pdf/glare.pdf)

**Scialfa, C.T. og Kline, D.W. (2002)**

Structural modelling of contrast sensitivity in adulthood. Journal of the Optical Society of America, vol 19, 158-165

**Sekuler, R. og Sekuler, A.B. (2000)**

Age-Related Changes, Optical Factors, and Neural Processes. I Kazdin, A.E. (ed): Encyclopedia of Psychology, American Psychological Association/Oxford University Press, vol 8, 180-183

**Van den Berg, T.J.T.P. (1995)**

Analysis of Intraocular Straylight, Especially in Relation to Age. Optometry and Vision Science, vol72, 52-59

**van Pol, E. (2001)**

The relationship between visual function and neuropsychological test performance in older individuals. Faculteit der Psychologie, Universiteit Maastricht

**van Rijn, L.J. (2005)**

Prevalence of impairment of visual function among European drivers. EU project: SUB-B27020B-E3-GLARE-2002-S07.18091

Visual acuity as measured by dynamic and static tests: A comparative evaluation

**Vos, J.J. (2003)**

On the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation. Clinical and Experimental Optometry, vol 86, 363-370

**Weale, R.A. (1986)**

Aging and Vision. Vision Research, vol 26, 1507-1512

**Westheimer, G., Chu, P., Huang, W., Tran, T. og Dister, R. (2003)**

Visual acuity with reversed-contrast charts: II. Clinical investigation. *Optometry and vision science*, vol 80, 749-752

**Wist, E.R., Schrauf, M. og Ehrenstein, W.H. (2000)**

Dynamic vision based on motion-contrast: Changes with age in adults. *Exp. Brain Res.* Vol 134, 295-300

**Wood, J.M. (2002)**

Aging, driving and vision. *Clinical and Experimental Optometry*, vol 85, 214-220

Working Group for Emergent Techniques for Visual Assessment (1985)

Emergent techniques for assessment of visual performance, Committee on Vision, National Research Council, Washington DC