



Norsk forskningslaboratorium for universell
utforming, NTNU

Analyse av ulike pedagogiske teknikker for å forstå svaksynthet

Jonny Nersveen

2017

Forord

Etter 12 år med arbeid med blinde og svaksynte har jeg sett behovet for å sette planleggere i stand til å forstå svaksynthet. Det startet i 2004 med photoshop og har endt opp med avansert filmteknologi for å kunne filme slik svaksynte ser. For meg har reisen vært nødvendig for å at jeg skulle fungere som forsker innen universell utforming og svaksynthet.

Arbeidet er ikke et forskningsprosjekt der vi har forsket oss fram til løsninger, men vært en reise med prøving og testing i en langvarig prosess, trinn for trinn. I mange år arbeidet jeg alene med disse problemstillingene. Etter at jeg kom til Høgskolen i Gjøvik (nå NTNU i Gjøvik), fikk jeg kollegaer som etter hvert har blitt mine samarbeidspartnere, der vi sammen har drevet utviklingen videre. Målet har vært å finne pedagogiske metoder som kan anvendes på studenter som skal bli våre framtidige designere, arkitekter og konstruktører og som skal utforme samfunnet slik at det kan brukes av alle.

Det rettes en spesiell takk til universitetslektor Kjell Are Refsvik og førsteamanuensis Emil Bakke ved Medieteknologilaboratoriet, NTNU i Gjøvik, som har bistått med filmkompetanse og stipendiat Anne Kristine Kvitle for bistand på fargesyn og fargeblindhet. Extrastiftelsen har finansiert meg gjennom mange års arbeid. Universell (Nasjonal pådriver i høyere utdanning) som har finansiert både kamera og filmutstyr. En takk til dere alle.

Gjøvik, mars 2017

Jonny Nersveen
Prosjektleder

Innhold

Sammendrag	4
1 Innledning	5
2 Teori	6
2.1 Synsprosessen	6
2.2 Synsfysiologi og strålingsfysikk	7
2.2 Sykdommer i optisk system	11
2.2.1 Generelt	11
2.2.2 Skader i hornhinne	11
2.2.3 Katarakt	12
2.2.4 Skader i pupill	12
2.2.5 Diabetes retinopati	13
2.2.6 Albinisme	13
2.3. Skader på netthinne og synsnerve	14
2.3.1 Generelt	14
2.3.2 Retinitis pigmentosa	14
2.3.3 Aldersrelatert makuladegenerasjon, AMD	15
2.3.4 Glaukom	15
2.3.5 Klassisk fargeblindhet	17
2.3.6 Sykdommer i hjernen som berører synet	17
3 Metode	18
4 Visuelle teknikker	18
4.1 Reisen i teknikker	18
4.2 Teknikker for å vise den visuelle konsekvensen av ulike klassiske synslidelser	27
4.2.1 Taksonominivåer	27
4.2.2 Skader i hornhinne	28
4.2.3 Katarakt	29
4.2.4 Skader i pupill	31
4.2.5 Diabetes retinopati	32
4.2.6 Albinisme	33
4.2.7 Retinitis pigmentosa (RP)	33
4.2.8 AMD	34

4.2.9	Glaukom	36
4.2.10	Synsutfall etter hjerneskade.....	37
4.2.11	Klassisk fargeblindhet.....	36
4.2.12	Oppsummering.....	38
5	Diskusjon - konklusjon.....	39
6	Videre arbeid	41
7	Referanser	42

Sammendrag

Designere, arkitekter, konstruktører, osv. bidrar til å skape det bygde miljø. Loven om universell utforming krever at samfunnet skal bygges for alle. Ingen skal stenges ute på grunn av sin funksjonsnedsettelse, seksuelle legning, etnisitet eller andre grunner. Et lovverk klarer ikke gjennom ytelseskrav å fange alle behov. Planleggerne av vårt bygde miljø må selv ha høy kompetanse for å kunne mestre oppgaven. De må selvsagt kunne loven og dens intensjon men må i tillegg ha stor innsikt i konsekvensen av det som bygges. Det gjøres mye feil når det gjelder arealbehov for rullestolbrukere, men dette er i det minste konkret og lett å forstå. Man kan faktisk sette seg i en rullestol og prøve selv. Sansetap er mye mer komplisert. Her kreves av våre planleggere at de skal forstå noe de fleste selv aldri har opplevd. Denne publikasjonen handler om ulike pedagogiske metoder for å lære studenter å forstå svaksynthet.

Beskrivelsene av de ulike pedagogiske metodene tar utgangspunkt i utvikling av metodene fra 2004 og fram til i dag og hvilke erfaringer undertegnede har med dem i undervisning. Metodene er ikke vitenskapelig evaluert. Det er våre tilbakemeldinger og erfaringen metode har gitt som ligger bak valgene.

Målet med publikasjonen er at utdanningsinstitusjoner tar i bruk metodene og dermed yte bedre undervisning til sine studenter. Synslidelsene som metodene er prøvd ut på er hornhinnelidelser, katarakt, glaukom (grønn stær), retinitis pigmentosa (RP, tunnelsyn), aldersrelatert makuladegenerasjon (AMD), diabetes retinopati, albinisme, synsfeltutfall etter hjerneslag og klassisk fargeblindhet. Metodene som er beskrevet innbefatter bruk av briller med tilpassede glass, spesiallagede linser, briller som illuderer fargeblindhet, bruk av digitale og optiske filtre på kameraer og på film, eyetracker og synkroniserte filmkameraer der det ene kameraet illuderer spesifikke synslidelser. For hver spesifikke synslidelse drøftes ulike pedagogiske teknikker med i hvor stor grad det er mulig å skape en egenopplevelse ved å ha synslidelsen og hvordan den vil opptre under ulike kontraster, farger og lysbetingelser.

Fordelen og ulempen med de ulike pedagogiske metodene varierer med hva som ønskes illudert. Briller, linser og eyetrackere kan brukes i aktiviteter og fanger også opp bevegelser og er egnet til å vise optiske forstyrrelser. Bilder og øyesimulator er egnet til å vise varierende grad av kontrasttap. Fordelen med teknikken er at studentene selv kan produsere bilder som kan brukes i oppgaver.

Synkroniserte filmer er egnet til studier av forskjellen mellom normalseende og svaksynte. Som for de øvrige beskrevne metodene er film mest egnet til å vise kontrast- og fargeforstyrrelser. Ved digital filtrering er etterarbeidet omfattende ved filmproduksjon. Den gir ikke umiddelbar tilbakemelding slik briller, linser og eyetrackere gjør.

Virtual reality er en uprøvd metode, men som for filmproduksjon kan ikke metoden brukes i felt med umiddelbar tilbakemelding.

Illudering av skader i adaptasjonsprosessen er komplisert å lage. Pupillstørrelsen kan påvirkes ved å bedøve musklene som styrer pupillåpningen, men dette kan kun utføres av sertifisert personale, og er derfor ikke generelt tilgjengelig. Illudering av manglende fotopigment på netthinna har vi ingen metode å kunne bruke.

1 Innledning

Kan vi forstå noe vi aldri har opplevd? Mange forskningstemaer er rent teoretiske, der teori er eneste veien til forståelse. Teoretisk fysikk er et slikt fagområde. Hva med arkitektene og designerne? Kan de nærme seg problemstillinger i arkitekturen de selv aldri har opplevd? Til en viss grad er nok det mulig. Forskning innen arkitektur og estetikk kan også foregå ved dybdeintervjuer med brukere. Hva med lærere som underviser grupper med sansetap? Kan lærere sette seg inn i svaksyntes eller hørselshemmedes perseptuelt opplevde verden? Spesialpedagoger finnes og har sin utdanning på dette fagområdet. Likevel kan det nok hevdes at det er lettere å forstå det man selv har opplevd.

Tilgjengelighetsloven ble innført i Norge i 1976 (KMD, 2008a) med krav om tilgjengelighet for rullestolbrukere. I 2008 fikk vi ny plan og bygningslov med krav om at vårt bygde miljø skulle være tilpasset alle (KMD, 2008b). I 2009 kom Diskrimineringsloven også med krav til universell utforming og likebehandling. Diskrimineringsloven ble revidert i 2013 (BLD, 2013). I 2010 kom de første byggeforskriftene med krav om universell utforming, og i 2017 kom ny revidert versjon (KMD, 2017; 2010). Myndighetene stimulerte til kursvirksomhet, noe som virkelig trengtes, for kompetansen var lav. Det ble stilt krav om en ny kunnskap som store deler av samfunnet manglet.

Et samfunn snur seg ikke raskt. Bare en liten detalj kan være nok for å rive ned et forsøk på å lage gode universelle løsninger. Lovverket klarer ikke å fange opp viktige forhold på detaljnivå. Derfor kreves kompetanse, og med kompetanse kan vi få holdningsendringer.

Sansetap er komplisert å forstå når man selv ikke har opplevd det. Ved sansetap vil noe av informasjonen fra våre omgivelser ikke kunne mottas på vanlig måte, og en del av denne informasjonen kan aldri mottas. Sansetap griper inn i alle aspekter i vårt liv og trenger derfor ekstra oppmerksomhet i relasjon til universell utforming.

Det er stort sett enighet om at livet på Tellus oppsto i havet (Fossum, 2014). Etter hvert krabbet det individer opp på land og tilpasset seg atmosfærisk miljø, og som etter hvert har blitt til ulike arter. Artenes livsbetingelser varierer og preger deres sanseapparat. Sanseapparatet dekker tre helt grunnleggende behov for at artene skal overleve; skaffe føde, beskytte seg mot fare og forplantning. Hos oss mennesker er synssansen den dominerende sansen. Dominant sans varierer imidlertid fra art til art. Det sier seg selv at når et sansetap oppstår så har det stor betydning for individet når vi tenker på hvilke grunnleggende behov det dekker.

Hos noen arter er sansetap dramatisk og ikke forenlig med å klare seg. Vi mennesker tilhører en sosial rase der vi ivaretar hverandre. Da blir også konsekvensen mindre, men en blind person ville klart seg uten hjelp fra andre personer.

Noen arter har ikke synssans, deriblant meitemarken og noen arter dypvannsfisk. Disse har utviklet sanser som utnytter miljøet de lever i. Hvis vi mennesker skulle utformet miljøet til artene som har andre sanser enn oss selv, med utgangspunkt i vår egen forståelse, så er det ikke sikkert det ville vært så greit for de andre artene. Heldigvis ordner naturen selv for miljøet, dypt nede på havbunden og nede i jorden. Hvorfor ville det vært så vanskelig for oss å skape miljøet til de andre artene? Forklaringen ligger vel i at vi neppe hadde forstått behovet.

Miljøet vi mennesker lever i, i stor grad designet av arkitekter og designere, baserer seg på at vi ser. Når vi nå har fått lover som skal sikre et godt samfunn for alle, så er dette en utfordring for dem som

utformer vårt samfunn. Det finnes mennesker som helt eller delvis mangler en sans. Det finnes dem som mangler flere sanser. Den persiperte verden vi opplever er en verden vi sanser med det sanseapparatet vi har. Har vi alle sansene i behold blir verden opplevd deretter. Mangler en sans fra fødselen av, persiperes verden annerledes, og betingelsene for å klare seg endres. Skal arkitektene og designerne klare oppgaven med å designe verden for alle så trenger de også en måte å forstå hvordan alle opplever sine omgivelser og hvilke betingelser som skal til for at alle skal kunne oppfatte omgivelsene.

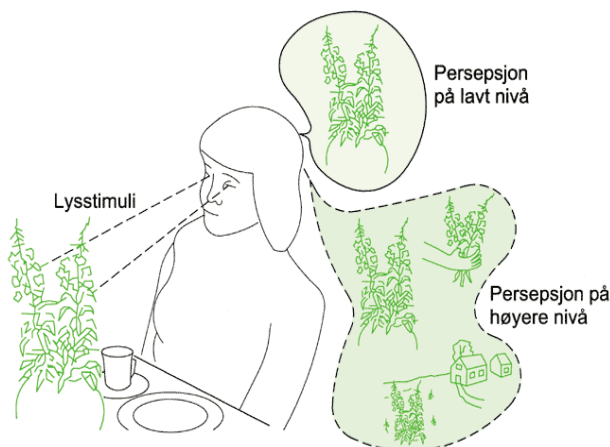
Etter mange års arbeid med svaksynte har undertegnede og etter hvert også sammen med kollegaer arbeidet med å visualisere hvordan svaksynte ser verden. Motivet har vært av pedagogisk karakter for å få fram en forståelse for at man ikke bare kan bruke seg selv som referanse for å forstå andre.

Denne rapporten handler om ulike teknikker for å visualisere svaksynthet ut fra de mest klassiske synslidelsene og hvilken erfaring undertegnede har med disse teknikkene både i undervisning og foredrag helt siden 2004 og fram til i dag.

2 Teori

2.1 Synsprosessen

Figur 2.1.1 viser synsprosessen som prinsipp. Lys reflekterer fra blomstene på bordet og når netthinna der sansecellene sender signaler til synssenteret i hjernen. Der starter en prosess hvor synsintrykket gjenkjennes og derved gir en mening, en forståelse, som blir lagret i hjernen. Det hjernen ikke finner mening i, blir vraket som «visuelt søppel» (Nersveen, 1991; Lam, 1977).



Figur 2.1.1: Synsprosessen. Illustrasjon: Byggforskserien 220.114, SINTEF Byggforsk (Byggforsk, 2003).

Flere forutsetninger ligger i den visuelle prosessen for at noe skal bli oppfattbart. Synsobjektet må være synlig og objektet må være begripelig inn i en sammenheng. Det er altså ikke nok at fargene og kontrastene er synlige. Synsintrykket må inn i en fattbar ramme. For å ta et eksempel: Kommer vi inn i et rom og ser et ferdig dekket frokostbord, så vil en person med normalt syn oppfatte frokostbordet umiddelbart og til og med ha et begrepsnavn på det. Kommer en person inn med langt framskredet retinitis pigmentosa (RP, tunnelsyn) hvor bare noen få deler av frokostbordet blir sett, så er det ikke gitt at synsintrykket fører til forståelsen frokostbord. En rekke synslidelser fører til uklart syn, der svake kontraster kan bli usynlige og form kan bli vanskelig å oppfatte. For personer med

protanop synslidelse (fargeblindhet på rødt) er det ikke mulig å oppfatte rødfarge. Det sier seg selv at der fargen rødt er en betingelse for å forstå et synsinntrykk, så vil informasjon forsvinne.

Synet har en naturlig endring med alderen. Øyelinsenes evne til å transmittere lys endres drastisk med hvor eldre vi blir. Øyelinsene er et levende objekter, men har ikke blodårer. Når celler dør, finnes ikke blod som renoverer og fjerner døde celler. Døde celler forblir i øyelinsa og medfører at linsene blir mer og mer ugjennomtrengelig for lys. Statistisk sett har en 60 år gammel person mistet 60 % av øyelinsenes evne til å transmittere lys. En 80 år gammel person har statistisk sett mistet 79% av øyelinsenes evne til å transmittere lys. To ting skjer; netthinna stimuleres av mindre lysmengde og lyset spres i øyelinsene slik at kontrastene flyter ut (Weal, 1960; Nersveen, 2012; 1991). Vi har altså en naturlig degenerering av synet som i seg selv ikke er en øyesykdom men en naturlig prosess. Per november 2020 er det registrert ca. 1,25 millioner mennesker i Norge over 60 år og som utgjør ca. 23 % av befolkningen (SSB, 2020 #83). Den største gruppen som påvirkes av redusert syn har ingen øyesykdom, men en naturlig synsreduksjon knyttet til alder.

Det finnes flere hundre synslidelser, men de fleste av disse berører få personer. Det er de klassiske synlidelsene som utgjør volumet man må ta hensyn til når våre omgivelser skal designes.

Synslidelsene som blir omtalt i denne publikasjonen kan grovt deles inn i tre kategorier:

- Sykdommer i optisk system
- Sykdommer på netthinne og synsnerve
- Sykdommer i hjernen

2.2 Synsfysiologi og strålingsfysikk

Synslidelser er i de alle fleste tilfellene knyttet til fysiologiske forhold, dvs. fysiske skader forårsaket av sykdom eller traumer, som påvirker synssansen. For å kunne forstå konsekvensen av mekanismene tas her en kort innføring i synsfysiologi og strålingsfysikk.

Synssansen fungerer ikke uten lys. I fysiologisk forstand er det energi innenfor et bølgelengdespekter av elektromagnetisk stråling som får våre sanseceller til å reagere og sende signaler til synssentret i hjernen. Er energien for liten, så sendes heller ikke noe signal. Det finnes altså en energiterskel for om vi kan sanse eller ikke sanse. Terskelen er forskjellig for nattsyn og dagsyn (skotopisk og fotopisk syn). En skade i det optiske systemet kan påvirke mengden lysenergi som treffer sansecellene og derved forflytte energiterskelen.

Elektromagnetisk stråling er elektromagnetisme som brer seg i bølgeform gjennom ulike medier. Den kan også bre seg i lufttomt rom. Radiobølger, varmestråling, lys, ultrafiolett stråling og røntgenstråler er alle sammen elektromagnetisk stråling, hvor forskjellen er kun bølgelengden. Langbølgen på radio i gamledager hadde bølgelengder helt opp til én kilometer. FM-båndet benytter elektromagnetiske bølger med bølgelengder i mikrometerområdet. Varmestråling ligger i området mellom FM-båndet og synlig lys. Synlig lys for mennesker har bølgelengder mellom 380 og 780 nanometer (1 nanometer = tusen milliontedels meter = 10^{-9} m). (Callin *et al.*, 2007).

Sansecellenes evne til å oppfatte ulike frekvenser er ikke lik. Noen farger ser vi lettere enn andre farger. Ved omregning av elektromagnetisk stråling med enheten watt til synlig lys, multipliseres inn

øyets følsomhetskurve for ulike bølgelengder med elektromagnetisk stråling. Dette er en standardisert kurve basert på en mengde målinger av menneskeøyets sensibilitet for ulike farger og kalles for $V(\lambda)$, der λ er bølgelengden. Ved transformasjonen fra elektromagnetisk stråling til synlig lys gjennomføres endres enheten fra watt til lumen. Vi kaller det ikke lenger elektromagnetisk stråling men lysfluks. Navnet kommer av det engelske uttrykket luminous som betyr «lysende». (Boyce, 1981).

Mengde lumen er lyseffekten innenfor det standardiserte synlighetsområde og uttrykkes ofte med symbolet Φ . Når vi er på butikken og kjøper en lyskilde, så kjøper vi en viss mengde lysfluks. Jo høyere lumenverdi jo mer lys. (Boyce, 1981).

Lysfluksen sier bare noe om hvor mye lys som kommer ut av lyskilden. Den sier ikke noe om hvor mye som kommer i gitte retninger. Hvis vi derimot måler lyseffekten fra lyskilden i enhver vinkel er det mulig å lage en kurve eller tabell som angir mengde lumen per steradian. Dette kalles lysstyrke og angir lysstrømmen i gitte retninger. Lysstyrken har enheten candela, men er egentlig det samme som lumen/steradian. Igjen har en lysteknisk parameter hentet sitt enhetsbegrep fra det engelske språket. Ordet candela er avledet av det engelske ordet candle som betyr stearinlys. 1 candela tilsvarer lysstyrken målt i midten av stearinlysflammen. Det er herfra enhetene innen lys har sitt opphav. Symbolet som brukes er I. (Boyce, 1981).

Lysfluks og lysstyrke beskriver begge lyskilder eller objekter som sender ut lys, men parameterne beskriver ikke flatene som belyses. Vi trenger derfor en parameter som sier noe om hvor mye en flate er belyst. Belysningsstyrken er definert som mengde lysfluks som treffer normalt (90°) ned på en flate per kvadratmeter. Enheten kalles lux, men er det samme som lumen/m². Symbolet som brukes er E. Belysningsstyrken sier kun noe om hvor sterkt en flate er belyst innenfor det synlige bølgelengdespekteret. Den sier ikke noe om hvor lys en flate blir eller hvilken farge lyset måtte ha. En helt sort flate, dvs. en flate som ikke reflekterer lys, vil forbli sort uansett hvor mye den blir belyst. (Boyce, 1981).

Det finnes også en lysteknisk parameter som beskriver lysstyrken per kvadratmeter som stråler ut av en flate. Dette kalles for luminans og har enheten candela/m². Luminansen er et fysisk mål på lysets intensitet som stråler ut av en flate eller objekt. Den kan være lysintensiteten fra en lyskilde men kan også være reflektert lys i et objekt. Luminansen har symbolet L. (Boyce, 1981).

Felles for lysfluks, lysstyrke, belysningsstyrke og luminans er at de har opphav i den standardiserte $V(\lambda)$ -kurven. Ingen av dem sier noe om fargesammensetningen av lyset.

Selv om vi mennesker fysiologisk sett likner på hverandre, er ikke $V(\lambda)$ -kurven identisk for alle mennesker. Derfor er det viktig å se på de fire lystekniske parameterne som fysisk definerte enheter som ikke beskriver opplevd lys men fysiske egenskaper ved lyset. Personer med skader både optisk system eller på netthinna har endringer i $V(\lambda)$ -kurven. Deres opplevelse av lys vil derfor være annerledes enn for normaleende.

Når vi opplever at en belyst flate er rød, skyldes det at flaten har fargepigmenter som reflekterer rødt lys, men som absorberer alle andre farger. Hvis rødfargen skal være synlig må lyset som treffer flaten også inneholde rødt lys. Mangler lyskilden rødfargen vil flaten absorbere alt lys og ikke reflektere noe tilbake. Hvis lyskilden skal kunne gjengi alle farger, må også lyset inneholde alle farger. Det finnes flere metoder som måler en lyskildes fargegjengivelsesegenskap, men en generell standardisert metode er å teste graden av fargegjengivelse på 8 definerte testfarger

(CIE, 1986). Avviket måles med en Ra-indeks, som løper fra 0 til 100 med 100 som toppskår. Lysrør kan ha Ra-indeks fra litt i overkant av 80 og helt opp til 98. Det engelske uttrykket for fargegjengivelse er colour rendering index. Derfor bruker også noen forkortelsen CRI i stedet for Ra-indeks. I Norsk litteratur er Ra-indeks det mest brukte begrepet.

Ra-indeksen er en gjennomsnittsverdi som ikke sier noe om enkeltavvik på spesifikke farger. Om en av testfargene kommer veldig dårlig ut og samtlige andre er helt perfekte så vil Ra-indeksen komme ut med høy skår. Indeksen er en fysisk parameter som tar for seg fysiske målinger av endring i farger og er derfor ikke basert på perseptuell oppfattelse. Det er også grunn til å bemerke at hvitt lys er en blanding av lik mengde lys fra primærfargene rødt, grønt og blått. Ra-indeksen tar utgangspunkt i dette. Et skadet fargesyn kan forstyrre denne balansen. Derfor kan en fargeforskyvning bli annerledes for en person med enkelte typer synslidelser enn for normale seende personer.

De første kunstige lyskildene var basert på glødetråd. Fysikerne så at jo høyere temperatur glødetråden hadde, jo mer hvitt og blåaktig ble lyset. Sank temperaturen beveget lyset seg mot rødt og til at lyset ikke var synlig lenger. Høy temperatur ga overvekt av blått lys, mens lav temperatur ga overvekt av rødt lys. Det samme ser vi i naturen også. Sollyset inneholder mye blått lys, men ved soloppgang og solnedgang blir vinkelen mellom solstrålene inngangsvinkel mot atmosfæren så liten at lyset med de korteste bølgelengdene reflekteres tilbake til verdensrommet og når bare i beskjeden grad ned til bakken. Dermed vil lyset ved soloppgang og solnedgang inneholde overvekt av rødt lys og som er opphavet til rødskjæret vi ser i horisonten. For å beskrive denne egenskapen ved lyset, tok fysikerne utgangspunkt i det som kalles et absolutt sort legeme som sender ut lys med alle bølgelengder, dvs. følger Stefan Boltzman lov (Callin *et al.*, 2007). Et slikt legeme vil generere en bestemt type lys som funksjon av temperaturen. Temperaturen måles etter skalaen Kelvin og vi kaller den lystekniske parameteren for fargetemperaturen. Symbolet som brukes er T for temperatur. (Boyce, 1981). Fargetemperaturen sier noe om balansen mellom lys med korte og lange bølgelengder. Jo høyere Kelvin-verdi jo kaldere vil lyset oppleves og motsatt.

Fargetemperaturen som lysteknisk parameter fungerte svært godt for glødelampene som dominerte i begynnelsen. Når lysrøret og damplampene kom, ble det mer komplisert. Lyset oppsto ikke lenger som funksjon av temperaturen men av andre kjemiske prosesser. Man ønsket likevel å beholde fargetemperaturen som parameter og laget derfor en tilpasning basert en beregning ut fra de trikromatiske parameterne i CIE sin fargebeskrivelse (CIE, 1986). Ulike lyskilder kan derfor produsere lys med en gitt fargetemperatur men ha ulik spektralfordeling. Lyset kan perseptuelt se likt ut, men kan ha ulik fysiologisk konsekvens. Dette gjelder bl.a. for lysrør og LED-lys.

Evolusjonen har utviklet synet vårt til å utnytte naturen. Strålingsfysikken beskriver hva i naturen synet vårt anvender, men øynene våre har et mottaksapparat som også har innflytelse i den perseptuelle prosessen. Synssansen består av et optisk system som til en viss grad samler lysstrålene som rettes mot synsgropen i makula, sanseceller som stimuleres og sender signaler til synssenteret i hjernen (visual cortex) og synssenteret som tolker signalene til det vi opplever vi ser. (Valberg, 1998).

Lyset passerer både hornhinnen, øyelinsa og det væskefylte glasslegemet før det når netthinna. Som vi er kjent med fra kameraer trenger man å justere objektivet i forhold til avstanden

mellom kamera og det vi skal ta bilde av for å få et klart bilde. Det samme skjer i øyet med musklernes styring av øyelinsa. Hornhinnen gjør en vesentlig del av brytningsjobben, men den er ikke regulerbar slik øyelinsa er. Farger med ulike bølgelengder brytes forskjellig i hornhinne og linse. Når lysstråler passerer gjennom hornhinna og øyelinsa vil brytningen bli forskjellig og fargene med sin spesifikke bølgelengde vil treffe netthinna i forskjellige punkter. Dette kalles for kromatisk aberrasjon. Randfenomener bestående av ytterfargene rødt og blått oppstår. Rødt brytes minst mens blått brytes mest. (Valberg, 1998).

Variasjonen i lyset utendørs er enorm, fra måneskinn og knapt nok det til 100.000 lux en midtsommerdag. Sansecellene klarer ikke denne variasjonen og trenger derfor tilpasningsmetoder. Ved lite lys må sansecellene samle opp lysenergi, mens ved for mye lys må sansecellene beskyttes mot lyset. Av hjelpemekanismer er det tre varianter som jobber automatisk og en vi til en viss grad kan være oss bevisst og som vi kan styre selv.

En frisk pupill kan endre lysintensiteten på netthinna med faktoren 1:16, og jo mindre pupill jo bedre dybdeskarphet. Pupillstørrelsen styres av to sett muskler, dilatormuskelen som åpner pupillen og sfinktermuskelen som snører den sammen. Med årene svekkes pupillmuskulaturen og sfinktermuskelen blir sterkere enn dilatormuskelen. Det fører generelt til mindre pupillåpning for eldre mennesker. (CIE, 1981; Boyce, 1981; Valberg, 1998; Høvding *et al.*, 2016).

Tilsvarende som i huden er også netthinna utstyrt med fotopigment. Stavene er omgitt av fotopigmentet rodopsin, men tappene er omgitt av fotopsiner. Rodopsinet har en blekefunksjon som styres av innkommende lys på netthinna og er en del av adaptasjonsprosessen som beskyttelse mot for mye lys. (Høvding *et al.*, 2016). Det er imidlertid en utbredt misforståelse at øyet adapterer til luminansen. Øyet adapterer til energien i lyset og kalde farger inneholder mer energi enn varme farger (Records, 1979). Lys med lave fargetemperaturer slippes lettere gjennom fotopigmentet enn lys med høye fargetemperatur, selv ved lik luminans.

Netthinns sanseceller som brukes til visuell oppfattelse består av to typer; staver og tapper. Tappene består igjen av tre forskjellige typer som sanser primærfargene rødt, grønt og blått. Kombinasjonen av disse fargene gir hele fargespekteret vi kan oppfatte. Hver enkelt tapp har sin egen forbindelse til synssentret i hjernen. Ved fargeblindhet er det skader på tapp-reseptorene. I de fleste tilfellene er dette mutasjoner. De mest utbredte skadene er fargesvakhet på grønt (deutanopani), som faktisk gjelder hele 6 % av menn i norsk populasjon. Totalt er det ca. 9 % som er enten fargeblinde eller fargesvake på rødt eller grønt. Andre typer fargeblindhet er svært sjeldne.

Stavene skiller ikke på farger men reagerer generelt på lysenergi innenfor visuelt område. Stavene har ikke egne nervetråder tilsvarende tappene, men deler på nervetrådene. Ved lave lysnivåer kan staver slå seg sammen og samle opp nok energi til at signaler kan sendes i nervetrådene. Denne nevralt prosessen kan ta helt opp til en halv time når lysstimulien er tilsvarende liten. (Records, 1979). Ved øye lysnivåer så vil rodopsinet blokkerefor stimuli av stavcellene, slik at de i praksis ikke bidrar til visuell oppfattelse.

Mysing er den fjerde metoden vi bruker for å beskytte oss mot for mye lys. Vi kniper øynene sammen og filtrerer lyset gjennom øyehårene. Denne metoden styrer vi selv, men de øvrige metodene øyene bruker for å beskytte seg styres av autonomt nervesystem.

Øynene har sine egne mekanismer som beskytter mot for kraftig lys. Likevel kan blinding være et problem. Når lys kommer inn på netthinna avbildes det vi ser på. Noe av lyset spres i øyelinsa og noe treffer sideveggene og spres inne i glasslegemet. Noe lys kan også slippes gjennom hornhinnen ved siden av iris. Resultatet blir at det legger seg et ekstra «slør» av lys over avbildningen på netthinna og som svekker kontrastene og tydeligheten i fargene. Dette kalles for synsnedsettende blinding og lyset kalles sløringsluminans. (CIE, 1981).

Stimuleringen til regulering av muskulaturen som styrer pupill og muskulatur rundt øyet kommer fra lysstimuleringen av netthinna. Kraftig lys og særlig store luminansforskjeller kan føre til stress i muskulaturen og derved ubehag. Det er ikke nøyaktig kjent alle forhold rundt dette, men man vet at særlig muskulaturen som styrer pupillåpningen og muskulaturen som styrer øyelokkbevegelsene og mysebevegelsene er involvert. Vi kan se på det som muskulaturstress som gir ubehag. Igjen er det energien i lyset som påvirker disse forholdene og ikke luminansen. Vi er mer sårbare for kaldt lys i forhold til varmt lys. Denne formen for blinding kalles ubehagsblinding. (CIE, 1989).

Neste kapittel tar for seg de mest klassiske synslidelsene med beskrivelse av hva som skjer i øyet.

2.2 Sykdommer i optisk system

2.2.1 Generelt

(Høvdning *et al.*, 2016)

All visuell informasjon har lyset som budbringer, dvs. at lyset er et medium for oss mennesker. Det optiske systemet bidrar til at lyset bringes fram til netthinna i et så klart bilde som mulig. Optisk system består av hornhinne, pupill, øyelinse og det væskefylte glasslegemet. En hvilken som helst skade i dette systemet vil forstyrre lysenergien som når netthinna, enten ved at det optiske systemet slipper gjennom redusert mengde lys, sprer lyset slik at kontraster flyter ut eller at enkelte farger blir vanskeligere å oppfatte.

Sansecellene klarer ikke å skille mellom lyset som gir en avbildning av synsobjektet på netthinna og en ekstra sløringsluminans forårsaket av synsnedsettende blinding. Sansecellene reagerer kun på stimuleringen fra den totale lysenergien. Eksempel: Hvis synsobjektet vårt er en rød flate med rene røde fargepigmenter, vil den røde flaten bli avbildet på netthinna. La oss nå si at vi har en lyskilde som blander oss og at dette lyset er hvitt lys, så vil sansecellene se både den røde avbildningen og en del av det hvite lyset i tillegg. Avhengig av hvor stor sløringsluminansen er vil fargen som øyet oppfatter bevege seg mot hvitt. Jo kraftigere blinding jo mer vil farger viskes ut.

2.2.2 Skader i hornhinne

(Høvdning *et al.*, 2016)

Hornhinna kan både ha skader etter uhell men også av sykdommer, f.eks. arrdannelser etter infeksjoner, den kan ha deformasjon (Keratokonus) eller dystrofier (feil i væskebalansen). Felles for alle er at hornhinna ikke har en klar transmisjon av lys. Deler eller hele arealet foran pupillen kan være skadet.

En skadet hornhinne i det optiske arealet vil spre lyset. Det kan fortone seg som en forstyrrelse i deler av hornhinnen, men kan også gjelde hele arealet foran pupillen. Vi kan få lysbrytningsfeil eller diffusering (aberrasjon) av lyset. Lys brytes i en linse som funksjon av bølgelengden til lyset, og kaldt lys har kortere bølgelengder enn varmt lys. Derfor vil uønsket spredning av lyset i hornhinna bli større i kaldt lys enn i varmt lys. For mange år siden benyttet franske biler gult hovedlys. I Frankrike er det mye tåke. Ved å fjerne den kalde delen av lyset kunne man se bedre i tåken. Mange svaksynte med hornhinnelidelser bruker derfor filterbriller som fjerner lyset med de korteste bølgelengdene. Fordelen er å kvitte seg med lysfargene som skaper størst problemer, men ulempen er at lysenergien som treffer netthinna synker.

2.2.3 Katarakt

(Høvding *et al.*, 2016)

Mest utbredt synslidelse er katarakt (grå stær). Alle over 70 år har mer eller mindre utviklet katarakt. Ca. 10% av Norges befolkning er over 70 år (SSB, 2020). I dag kan de fleste tilfeller med katarakt opereres og synslidelsen regnes derfor ikke som en permanent øyesykdom lenger.

Katarakt finnes i flere varianter, hvor kjernekatarrakt med pigmentansamling sentralt i linsen som den mest utbredte. En annen variant er kortikal katarakt som er celledød i linsen og som fører til væskeopphopning. En tredje variant er subkapsulær katarakt som er redusert væskebalanse i linsen. I tillegg til disse er medfødt katarakt (årsaken kan variere, men infeksjon under fødsel nevnes som en mulig årsak). Katarakt kan også være en følgesykdom til andre sykdommer. Felles for alle variantene er uklar øyelinse som gir diffusering av lyset. Det fører til redusert lysenergi på netthinna og tap av kontrast. Fullutviklet ubehandlet katarakt gir et så dårlig bilde på netthinna at personen i praksis er blind.

Vanligvis er ikke øyelinsa like skadet over det hele og brytningsfeilen kan variere med hvor skadene sitter i øyelinsa. Brytningsfeilen kan føre til «glitter» eller ringer rundt lyskilder (haloer) tilsvarende ringen rundt månen når luften inneholder mye vann-/ispartikler eller annen forurensning. For kjernekatarrakt er ofte pigmentansamlingen konsentrert sentralt i linsen, mens ytterkanten er renere. Når pupillen er stor kan personen oppleve så se klarere enn når pupillen er liten fordi alt lyset må passere et skadet område. Det er ikke uvanlig å se eldre mennesker sitte i mørke når de ser på TV. Kaldt lys inneholder mer energi enn varmt lys. Dette har konsekvenser for reguleringsmekanismen som styrer pupillåpningen. Derfor er ikke personer med katarakt begeistret for lys med mye innslag av blått.

2.2.4 Skader i pupill

(Høvding *et al.*, 2016).

En pupill i god form kan endre sin størrelse 1:16 og dermed bidra til å regulere lysenergien som treffer netthinna. Pupillen kan være skadet av traumer men det finnes også øyesykdommer der pupillen helt eller delvis er defekt. Konsekvensen er at dens rolle som justerer av lysenergien som treffer netthinna ikke fungerer som den skal og som igjen fører til økt synsnedsettende blinding og ubehagsblinding. Risikoen for at sansecellene overstimuleres av lys og kan ta skade øker også, og

risikoen øker med økende fargetemperatur. Skadet pupill vil også påvirke dybdeskarpheten i avbildningen på netthinna.

2.2.5 Diabetes retinopati

(Høvding *et al.*, 2016)

Øyesykdommen diabetes retinopati rammer både det optiske og det nevralt systemet på netthinna. Diabetes retinopati er forårsaket av diabetes hvor det dannes unormale blodårer på netthinna. Disse har lett for å bryte og kan derfor føre til blødninger. Blod kan blande seg med væsken i glasslegemet og gjøre den uklare, og som fører til økt sløringsluminans, redusert tap av synsskarphet og redusert lysstimulering av netthinna.

Blodårer kan lege seg selv, så synslidelse kan variere med gode og dårlige perioder. Synsfeltutfall (skotom) på netthinna kan forekomme. Disse kan sees som mørke flekker i synsfeltet men trenger ikke være permanente.

Mange opplever å se tråder eller noe som kan minne om spindelvev som flyter i glasslegemet. Dette er forurensning av øyevæsken i glasslegemet og som fører til skygger på netthinna. Det er skyggene vi ser.

2.2.6 Albinisme

(Høvding *et al.*, 2016)

Albinisme skyldes mangel på fotopigmentet melanin og er en genetisk sykdom. Den berører iris, dvs. ringen rundt pupillåpningen, og fotopigmentet melanin på netthinna. Fotopigmentets funksjon i øynene er å regulere lysstimuleringen av sansecellene. De fleste tenker på blek hud, lyst hår, osv., når albinisme nevnes, men albinisme kan også kun gjelde synet. Da kalles den okulær albinisme.

Manglende fargepigment i iris fører til at iris lekker lys inn på netthinna utenfor pupillen. Det gir kraftig forstyrrelse av avbildningen av synsobjektet på netthinna. Manglende melanin på netthinna fjerner den viktigste reguleringen av lysenergien som treffer netthinna og fører lett til overstimulering av sansecellene. Personer med albinisme er sterkt utsatt for blinding og trenger beskyttelse mot lys. Både synsnedsettende blinding og ubehagsblinding er kraftig forsterket hos denne gruppen.

Ofte oppstår signalfeil i chiasma opticum (krysningspunktet for synsnervene i hjernen) og makula kan være underutviklet, noe som svekker synsskarpheten i sentralt synsfelt.

Plagene personer med albinisme får kan variere sterkt, fra bortimot blind til at man kan kjøre mopedbil. Felles for dem er at de er ekstremt lysfølsomme og har svekket sentralsyn.

Kaldt lys gir kraftigere lysstimulering av sansecellene enn varmt lys og her gjelder regelen å dempe ned stimuleringen. Filterbriller og kraftige solbriller brukes som hjelpemiddel. Skyggelue med stor brem er også et populært hodeplagg. Små kikkerter som utelater sidelyset er en effektiv metode for

å redusere blinding. Små kikkerter kan brukes i en undervisningssituasjon der hendene er fri, men ikke gående på gaten.

Nystagmus, ufrivillige øyebevegelser, er ikke uvanlig hos personer med albinisme.

Fordi synsnedsettende blinding er så kraftig vil avbildede farger fra synsobjektet bevege seg mot lyskildens lysfarger. Gir lyskilden hvitt lys, vil fargene på synsobjektet bevege seg i den retning og bli mer blasse. I mange sammenhenger vil personen bare se et lyshav uten tolkbar informasjon.

2.3. Skader på netthinne og synsnerve

2.3.1 Generelt

(Høvding *et al.*, 2016)

På netthinna finnes millionvis av sanseceller. Skader på netthinna fører helt eller delvis til manglende signaler til synssenteret i hjernen, eller til forvrengte signaler. I det optiske systemet oppstår forvrengning av lyset slik at avbildningen på netthinna blir feil. Ved skader eller sykdommer på netthinna oppstår forstyrrelser i signalbehandlingen som skal videreformidle avbildningen på netthinna. Noen av disse synslidelsene er genetiske mens andre er typisk aldersrelaterte. De mest klassiske netthinnesykdommene er retinitis pigmentosa (RP) og aldersrelatert makuladegenerasjon (AMD). Typisk synsnervesykdom er glaukom.

2.3.2 Retinitis pigmentosa

(Høvding *et al.*, 2016)

Retinitis pigmentosa (RP) er en genetisk sykdom forårsaket av mutasjoner. Synslidelsen starter ved sansecelledød i perifert synsfelt og spiser seg gradvis innover mot sentralt synsfelt. Per i dag finnes ingen behandling, men stamcelleforskning gjøres i den hensikt å finne en metode for oppdyrking av nye friske sanseceller på netthinna.

Nattsynets reseptorer er stavcellene. Stavcellene kan kople seg sammen og samle opp nok lysstimulering til at signaler kan sendes til visual cortex (synssenteret) i hjernen. Mesteparten av stavcellene er plassert i perifert synsfelt. Når disse cellene dør vil cellene som kan oppfatte lave lysnivåer forsvinne og føre til nattblindhet.

Nattblindhet er ofte første tegn på RP. Etter hvert som sykdommen utvikler seg vil synsfeltet snevres mer og mer inn. En langt framskredet RP har et kraftig redusert restsynsfelt. Der vi med normalt syn kan få et overblikk over omgivelsene hvor fokuset raskt kan bevege seg til interessante steder, vil en person med kraftig utviklet RP ikke ha dette overblikket. Man må søke med øynene bevisst for å få overblikket og tenke seg til helheten.

Det er vist i forskning at økning av luminansen øker synsfeltets utstrekning (Matusiak og Fosse, 2009). Kalde farger kan derfor ha sin nytte.

Retinitis pigmentosa kan oppstå som en følge av mange ulike mutasjoner og kan derfor ha varianter av opptredener. De fleste som har denne synslidelsen er lite utsatt for blinding, men noen er også lysfølsomme. Det finnes varianter av RP der fargeforstyrrelser oppstår.

2.3.3 Aldersrelatert makuladegenerasjon, AMD

(Høvding *et al.*, 2016)

Aldersrelatert makuladegenerasjon (AMD) er økende i hyppighet i Norge. Makula er området hvor vi har vårt sentrale synsfelt som gir skarpsyn og har millioner av sanseceller. Sentralt i makula ligger fovea centralis og innenfor denne igjen ligger fordypningen foveola som kun har tapper. I motsetning til øvrig del av netthinna så har ikke fordypningen blodårer. Næring til området kommer fra blodårer som ligger bak forsenkningen der området med sanseceller er beskyttet av en tynn tynn membran kalt Bruchs membran. Membranens funksjon er å slippe gjennom næring til sansecellene og slippe avfall ut igjen. Membranens transparente egenskap kan svekkes med alderen. Den kan få ulik tykkelse, den kan bryte og den kan stenge inne avfallsstoffer slik at disse ikke slippes ut igjen. Avfallsstoffet som samler seg kalles for druser. I noen tilfeller kan formen på fovea centralis endres. For personen vil dette føre til at rette linjer kan bue seg på ulikt vis. En tidlig diagnose av AMD stilles gjerne ved å se på et ruteark med rette linjer – Amslers kort. Buer linjene rundt fokuspunktet så er dette tegn på AMD.

AMD finnes i to varianter; våt og tørr. Tørr AMD er en langsomtutviklende synsforringing forårsaket av avfallsprodukter som legger seg på innsiden av Bruchs membran. Sansecellene i området blir skadet og skarpsynet kan flekkvis bli helt borte eller svekkes.

Våt AMD skyldes at blodårer kan vokse seg gjennom membranen og trenger seg inn i pigmentepitelet. Disse har lett for å bryte og kan derfor lekke proteiner som samler seg på innsiden av Bruchs membran og som skader sansecellene. Sykdommen kan utvikle seg raskt, men kan til en viss grad behandles. Den lar seg ikke stoppe men kan begrenses slik at personen får beholde skarpsynet noe lenger.

AMD fører til tap av synet i sentralt synsfelt. Dette området har størst konsentrasjon av sanseceller av typen tapper som oppfatter farger. Fargesynet blir derfor svekket. Et annet fenomen er at sentralt synsfelt er vesentlig ved fokusering. Hvert øye fokuserer mot samme punkt og fininnstillingen av øyelinsenes brennpunkt bruker skarpsynet som verktøy. Når skarpsynet enten er svekket eller tapt får øynene fokuseringsproblemer.

Når skarpsynet er tapt, må personen se med sidesynet. Dette krever kraftige kontraster.

2.3.4 Glaukom

(Høvding *et al.*, 2016)

Glaukom (grønn stær) forårsakes av for stort trykk i glasslegemet fører til at synsnervene trykkes mot kanten av hullet i kraniet der nervetrådene går inn i hjernen. Årsaken til trykkøkningen kan være forskjellig men en hovedårsak er at passasjen som skal drenere væske ut av glasslegemet ikke

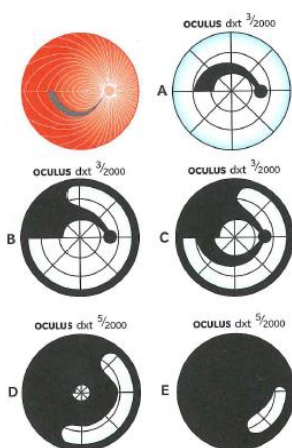
drenerer som den skal. Det er ingen kopling mellom produksjon av ny øyevæske og trykket i øyet. Produksjon av ny væske skjer uavbrutt og kan derfor føre til trykkøkning.

Nervetrådene som kommer i klem kan bli skadet og dø og som fører til permanent synstap. Figur 2.3.4-1 viser et eksempel på begrenset visuelt felt ved glaukom.



Figur 2.3.4-1: Illustrasjon av redusert synsfelt i venstre øye. Foto Jonny Nersveen.

Synsfelttapet får en karakteristisk form som skyldes at nervetrådene har en helt definitiv plassering i nervebunten. Figur 2.3.4-2 viser progresjonen i glaukom. Bildet øverst til venstre viser hvordan synsfelttapene starter helt fysisk på netthinna. Fordi avbildningen på netthinna er opp ned vil opplevd synsfelttap være snudd motsatt vei. Bildene fra A til og med E er ulike faser i progresjonen av synsfelttapet. Figurene gjelder for venstre øye. Figuren er hentet fra læreboken i Oftalmologi og er gjengitt med tillatelse fra redaktøren av boken (Høvding *et al.*, 2016).



Figur 2.3.4-2: Illustrasjon av progresjonen i synsfelttap for venstre øye (Høvding *et al.*, 2016)

Langt framskredet glaukom gir kraftig innskrenket synsfeltet. Her oppstår noe av den samme effekten som for RP. For å få med seg helheten må man søke med blikket i omgivelsene og på den måten få et inntrykk av hva omgivelsene inneholder.

En vesentlig andel av signalene som skulle ha nådd synssenteret i hjernen har ikke blitt formidlet. Dette kan berøre reguleringen av pupillåpningen og også de nevralt sammenkoplingene som skjer når staven samler opp lysenergi ved å kople seg sammen. Stimuleringen av fotopigmentet melanin er uberørt.

2.3.5 Klassisk fargeblindhet

(Kalloniatis og Luu, 2007)

I omtale av klassiske synslidelser blir ofte klassisk fargeblindhet utelatt. Mellom 8 og 9 % av Norges befolkning er helt eller delvis fargeblinde på rødt eller grønt. Med Norges befolkning på 5,2 millioner mennesker er ca. 100.000 mennesker totalt fargeblinde på enten rødt eller grønt. Regnes fargesvake med, så utgjør gruppen ca. 430.000 personer. Fargeblindhet har både yrkesmessige og praktiske konsekvenser for den som har lidelsen. Årsaken til at denne synslidelsen tas med her er at fargeblinde har store fargeforskyvninger som bør være kjent for arkitekter og designere.

Protanop er betegnelsen for total fargeblindhet på rødt. Personer med denne lidelsen kan ikke skille mellom farger i fargespekteret grønt – gult – rødt. Fargefølsomheten forskyves mot grønn farge. Lysheten i fargene rødt, oransje og gult framtrer mørkere enn normalt, selv om øyet er fotopisk adaptert, og det er ikke uvanlig at man ikke klarer å skille rødt fra mørke grått eller svart.

Er man delvis fargeblind på rødt, kalles dette protanomali. Denne gruppen er fargesvak på farger i samme spekter som protanop synslidelse. Synslidelsen framtrer ved at det er vanskeligere å skille farger i respektive spekter fra hverandre i forhold til normalt syn og tilsvarende at rød farge begynner å likne på grått eller svart ved høyere lysnivåer enn det som ellers er normalt.

Deuteranop er betegnelsen for total fargeblindhet på grønt. Grunnet tap av sensitivitet i mellombølgelengdespekteret forskyves fargefølsomheten. Det er de samme fargene som er vanskelig å skille fra hverandre som total fargeblind på rødt (protanop) men fargene beveger seg ikke mot sort før ved lave lysnivåer.

Deuteranomali er betegnelsen for delvis fargeblindhet på grønt. Den framtrer ved at det er vanskeligere å se skille mellom fargen i spekteret grønt – gult – rødt. Fargene beholder sin lyshet, men en ren grønnfarge kan fortone seg som grått eller sort ved lave lysnivåer.

Det er hovedsakelig menn som har fargesvakhet eller fargeblindhet.

Det finnes mange flere varianter av fargeblindhet eller fargesvakhet, men disse er meget sjeldne.

2.3.6 Sykdommer i hjernen som berører synet

(Høvdning *et al.*, 2016)

Både svulst, blødning og blodpropp i hjernen kan skade synet midlertidig eller permanent.

Det er forholdsvis utbredt å få synsskader etter slag. Disse kan være forbigående men også permanente. Gruppen er ganske stor og utgjør nærmere 100.000 mennesker i Norge (Wilhelmsen, 2003).

Synsskaden arter seg ofte som synsfeltutfall. Arealet på utfallet kan variere. Er det et mindre areal i perifert synsfelt, er det ikke gitt at personen merker det. Er arealet større er det som regel kjent. Det er ikke uvanlig at hele høyre eller venstre synsfelt har falt ut (hemianopsi).

Den perseptuelle prosessen kan også bli skadet, slik at personen får økte problemer med å gjenkjenne objekter, forstå visuell informasjon, osv. Dette kalles for visuell anaxi.

3 Metode

Rapportens hovedfokus handler om å forstå svaksynthet gjennom egenopplevelse. Det i seg selv er lærerikt, men årsaken til kunnskapsoppbyggingen er at den skal brukes i tilknytning til hvordan vi skaper det bygde miljø. Vi må forstå hva vi skal løse og hvilket verktøy som er tilgjengelig. Verktøyet handler om planløsninger og hva vi kan gjøre med kontraster, farger og lys.

Vårt sanseapparat er forbindelseslinjen mellom oss mennesker og våre omgivelser. Sanseapparatet er mottakeren og våre omgivelser ute og inne er avsenderen. For synssansen er mediet lys. Det er begrenset hva vi kan få gjort med synssansen. Naturen lever også sitt eget liv. Kunstig lys derimot kan vi ha kontroll på. Målet med egenopplevelse er å forstå betydningen av løsningene knyttet til kontraster, farger og lys. Det er her vårt arkitektenes og designernes handlingsrom befinner seg.

Designere og arkitekter har en fenomenologisk forståelse som anvendes i sitt yrke. Man erfarer bl.a ved å «se». Når man ikke kan «se» og oppleve omgivelsene slik en svaksynt person persiperer omgivelsene, så kan ikke designerne eller arkitektene bruke sin vanlige observasjonsevne og seg selv til å forstå. Helt siden 2004 har undertegnede arbeidet med pedagogiske tilnærminger for at normaleseende skal forstå hvordan svaksynte persiperer. I denne reisen har ulike teknikker blitt benyttet, bl.a. i samarbeid med Medieteknologilaboratoriet ved NTNU i Gjøvik. Teknikkene er ikke verifisert ved pedagogisk forskning. De er kun vurdert ut fra tilbakemeldinger undertegnede har fått etter 10 års virke i Norges blindforbund, fra ulike tilhørere i alle foredragene som er holdt for både blinde og normaleseende, gjennom undervisningen i Høgskolen i Oslo og Høgskolen i Gjøvik (nå NTNU i Gjøvik).

Som kapittel 2 viser er synslidelser svært forskjellige og gir ulike utfordringer. Derfor vil teknikkene bli drøftet ut fra hver enkelt synslidelse.

4 Visuelle teknikker

4.1 Reisen i teknikker

Vitenskapelig arbeid var starten

I 1991 disputerte undertegnede i belysning med avhandlingen «Kvalitetskriterier og helhetlig planlegging av innendørs belysningsanlegg» (Nersveen, 1991). Avhandlingen omhandler å forstå menneskets behov for å se og hvilke konsekvenser det kan ha om synsbetingelsene ikke er oppfylt. Det er helt normalt at det er noe vi ser og noe vi ikke ser. Vi ser ikke enkeltatomer, men lever like godt for det. På kveldstid i måneskinn er fargesynet satt ut av spill for oss alle. Likevel kan vi gå arm i arm med livsledsageren og nyte kvelden. Konsekvensen av tapt fargesyn i måneskinn har liten

betydning. Alle designere og arkitekter som designer vår verden vet at fargene ikke persiperes i kun måneskinn og tar derfor hensyn til fenomenet. Konsekvensen av at noe ikke sees oppstår når omgivelsene eller også arbeidslivet stiller krav til oppfattbarhet. Det kan handle om produktivitet, feiloppfatninger, beslutninger, skaderisiko, osv. Hvor kritisk det er å ikke se eller ikke forstå den visuelle informasjonen vil variere med situasjonen eller aktiviteten.

Skadestatistikk

I 2008 gjennomførte Norges blindforbund i samarbeid med Synovate en telefonspørreundersøkelse hvor 1000 personer ble intervjuet (Synovate, 2008). Hovedspørsmålet var «Har du vært i alvorlig fare eller vært utsatt for et uhell forårsaket av det bygde miljø i løpet av de siste 12 månedene». Utvalgsriteriet var personer over 16 år. Når svaret ble justert opp til Norges befolkning, ble det registrert 685.000 tilfeller i trapper, 574.000 tilfeller i gangarealer utendørs, 160.000 tilfeller med glassflater. Av disse representerte 377.000 tilfeller alvorlige skader med sykehusinnleggelse. Eldre og blinde og svaksynte var overrepresentert i skadestatistikken. Ikke alt kan forklares med synsbetingelser, men en vesentlig del. Det har altså konsekvenser å miste synsinformasjon. Spørreundersøkelsen dokumenterte at manglende synsbetingelser gir store samfunnsmessige konsekvenser.

En tilsvarende spørreundersøkelse utført i 2014 viste at 1,4 millioner mennesker har vært i en alvorlig situasjon eller skadet seg forårsaket av det bygde miljø. Statistikken viste også at 100.000 personer har personer i sin familie eller kjenner andre personer som har omkommet etter fall i trapper. (Nilsen og Løvvik, 2014).

Byggforskbladet Orienterbarhet i bygninger

I 2003 laget undertegnede byggforskbladet «Orienterbarhet i bygninger. Visuell oppfattelse og forståelse.» (NBI, 2003). Standarden tok ikke for seg gruppen svaksynthet spesielt, men dannet mye av grunnlaget som kom senere. Bladet handlet i stor grad om den perseptuelle prosessen.

Beregninger av synlighet som funksjon av alder

Svaksyntgruppen er mangeartet og behovene varierer kraftig, og som skaper store utfordringer når felles regler i byggeforskriftene skal lages. I Norges blindforbunds publikasjon «LYS = å se eller ikke se» (Nersveen, 2012) ble det tatt utgangspunkt i den generelle degenereringen av synet som funksjon av alder. Blackwell utførte store forskningsarbeider innen kontrastoppfattelse helt fra krigens dager (1946) og fram til begynnelsen av 80 årene. I løpet av denne tidsepoken standardiserte CIE (Commission Internationale De L'Eclairage) den matematiske formelen for kontrastfølsomhet, der også alder er en parameter (CIE, 1981). Med utgangspunkt i Blackwell sine arbeider og CIE sin standard laget undertegnede grenseverdier for kontrastfølsomheten for personer på 80 år. I hht til Weal har en 80 år gammel person statistisk sett mistet 79% av øyelinsas transmisjonsevne for lys (Weal, 1960). Kontrastfølsomheten endres ikke i så stor grad, men er likevel vesentlig (CIE, 1981). Dette var det første forsøket i Norge på å beskrive sansetapets konsekvens for svaksynte, relatert til universell utforming og ytelseskrav. Resultatene er framstilt i kurver, der kontrastfølsomheten presenteres for aldersgruppene 20, 60 og 80 år. Kurvene skiller ikke på ulike varianter av synslidelser.

Kurver er en teknisk framstilling. For designere og arkitekter viser framstillingen endringer i synsfunksjonen, men gir begrenset innlevelse. Eldre mennesker kan kanskje kjenne seg igjen, men yngre må bare godta opplysningen.

Briller som illuderer synslidelser

I mange år har vi hatt briller som illuderer synslidelser. Av typer som finnes på markedet er illudering av katarakt, AMD, RP, synsfeltutfall etter slag og helt blind. Brillene er rimelige i anskaffelse og er enkle å bruke. Fordelen med brillene er at de kan brukes i aktiviteter.



RP



AMD



Katarakt



Skotom etter slag

Figur 4.1-1: Brillerglass som illuderer 4 ulike synslidelser

En synslidelse følger øyebevegelsene. Med briller er illuderingen av synslidelsen plassert i glasset. Brillerglasset følger kun hodebevegelsene men ikke øyebevegelsene. Med unntak av katarakt er det vanlig å blokkere totalt ene brillerglasset, mens det andre glasset illuderer synslidelsen. Dermed fjernes den stereoskopiske delen av dybdesynet. Brillene fanger heller ikke opp skader i adaptasjonsprosesser.

Det er i dag utviklet briller som illuderer fargeblindheten protanop og deutanop. Effekten er ikke perfekt, men en får en følelse av konsekvensen av endringer i spesifikke farger. (Miyazawa *et al.*, 2006). Figur 4.1-2 viser en slik brille.



Figur 4.1-2: Briller som illuderer fargeblindhet. Foto: Anne Kristin Kvitle.

Fotoapparat med filter som metode for å illudere synslidelser

Norges blindforbund hadde i mange år på sin hjemmeside en synssimulator som viste bilder av hvordan synet forringes ved ulike synslidelser. Bildene var manipulert digitalt i photoshop for å fremskape illudering av synslidelsene. Synssimulatoren ga undertegnede ideen om å lage filtre som plasseres foran objektivet på et fotoapparat. Universell (Nasjonal pådriver i høyere utdanning) bevilget oss penger og et flott kamera ble kjøpt inn. Figur 4.1-3 a og b viser et eksempel på typer bilder som er produsert med dette kameraet. Figur a viser en korridor der det kommer inn dagslys fra høyresiden. Figur b viser en illudering av hvordan en person med katarakt kan oppfatte scenen.

Kameraet bruker fysisk filter foran objektivet og som gir en bedre effekt. Filtrene er laget av Norsk forskningslaboratorium for universell utforming, NTNU, og dekker mange ulike synslidelser.

Det er produsert mange hundre bilder med denne teknikken for de vanligste synslidelsene. Ulempen er at det er stillbilder. Figur 4.1-3 viser eksempel på simulering av katarakt med kamera og optisk filter.



a



b

Figur 4.1-3: Foto av en korridor. Bilde a viser utgangspunktet. Bilde b viser hvordan en person med katarakt kan oppfatte korridoren.

Mange varianter av filtre er produsert, men filteret for katarakt var mest vellykket. Studenter kan låne kameraet og selv produsere bilder til sine oppgaver.

Bilder kan være fine å vise til i forhold til synlighet av kontraster og eventuelle effekter av synsnedsettende blinding. Adaptasjonstilstander, ubehagsblinding og perseptuelle prosesser er vanskeligere å vise.

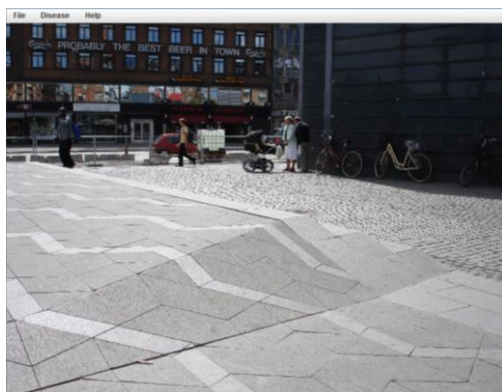
Mange av bildene er brukt i både foredrag og i undervisning ved flere utdanningsinstitusjoner, med mye positive tilbakemeldinger. Det som etter hvert ble et savn var et verktøy som var lettere tilgjengelig for arkitektene og designerne. Arkitektene og designerne kan selv laget filtre, men

filtrene vil bli forskjellige. Det skaper utfordringer når man sammenlikner bilder tatt med forskjellige kameraer og filtre.

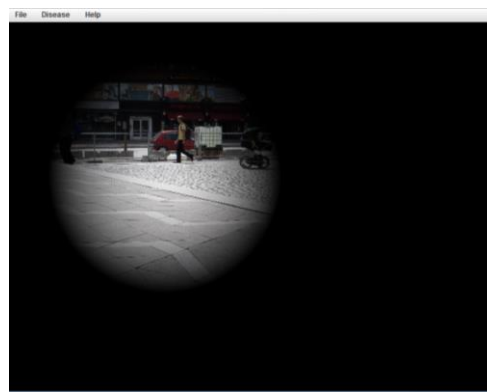
Digital øyesimulator

Neste utviklingstrinn ble å lage en digital øyesimulator i den hensikt å legge den ut fritt tilgjengelig på Norges blindesforbunds hjemmeside til fri benyttelse. Ideen var at man kunne starte opp simulatoren på web, laste inn et jpg-bilde tatt med eget kamera, oppgi type synslidelse, angi synslidelsesprogresjon med en «skyver» og trykke «lagre». Bildet ville da blitt returnert ferdig retusjert. Simulatorens ble finansiert av Norges blindesforbund via midler fra Extrastiftelsen, og ble utviklet av professor Jon Yngve Hardeberg, Colorlab, HIG, i samarbeid med undertegnede. Simulatorens tar kun i bruk digitale filtre som er laget for å illustrere synslidelser. Vi møtte mange utfordringer under utviklingen av simulatoren og vi klarte ikke helt å komme i mål. Illudering av katarakt derimot ble meget vellykket.

Fordelen med simulatoren er at den blir lettere tilgjengelig ved at bildene som produseres er dine egne og at du selv har opphavsretten til dem. Det har store fordeler for studenter, forskere, arkitekter og lærebokforfattere fordi dette gir unike muligheter for å produsere illustrasjoner. Figur 4.1-4 a og b viser en illustrasjon av retinitis pigmentosa laget med simulatoren.



a



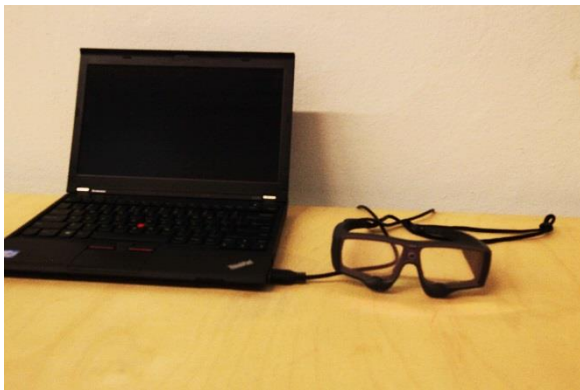
b

Figur 4.1-4: Illustrasjon av retinitis pigmentosa med øyesimulatorens. Figur a viser et bilde tatt med et digitalt kamera som er lest inn i simulatoren. Bilde b viser bildet filtrert for retinitis pigmentosa. Illustrasjon: Jonny Nersveen.

Med simulatoren finnes alle mulighetene som kameraet med optisk filter gir, men den benytter også digitale filtre som kan justeres i forhold til synslidelsens progresjon. Med musepekeren kan fokuspunktet i bildet fritt velges. Det gir et inntrykk av utfordringen med begrenset synsfelt når øynene søker i omgivelsene for å oppnå et totalinntrykk.

Eyetracker

En forskningsteknikk som brukes i synsforskning er å følge øyefokuset, dvs. se hvordan blikket søker visuell informasjon. Vi installerte en høyoppløselig 56 "dataskjerm hvor bilder kan legges ut. Fordelen med dataskjerm og digitale bilder er at det er mulig å måle fysiske parametere som eksakte farger, gråtoner og kontraster i bildet og dermed ha full kontroll med hva som presenteres. Den andre fordelen er at man kan gjøre små endringer i bildet under kontrollerte former. Med en eyetracker kan vi studere hvordan både normaleseende og svaksyntes øyebevegelser er som funksjon av bildene som presenteres. Eyetrackeren kan også programmeres til å måle tiden som går fram til øynene har funnet en kritisk informasjon i bildet. Metoden kan brukes i undervisningssammenheng og studentene kan teste seg selv. Figur 4.1-5 viser våre eyetrackerbriller.



Figur 4.1-5: Eyetrackerbriller

Eyetrackeren må styres fra en resurs med datakraft og lagringsminne. I stasjonær tilstand styres eyetrackeren fra en Laptop, men vi kan også styre den fra en smarttelefon med kraftig nok minne og datakraft. Da kan vi gjøre opptak med eyetrackeren alle steder og i aktiviteter ute i samfunnet.

Ved illudering av synslidelser kan eyetrackerens glass skiftes ut. Testpersonen kan gjøre opptak av samme aktivitet med ulike glass som illuderer ulike synslidelser og dermed se endringer i hvordan øynene søker informasjon.

Holdes hodet i ro med kun bevegelser av øynene vil videobildet som eyetrackeren genererer være i ro, mens endringen i fokuspunktet flytter seg. Hvis hodet også beveges vil det også være bevegelse i videofilmen. Mye bevegelser med hodet kan gi så mye bevegelser i filmen at den er vanskelig å oppfatte. Derfor er eyetrackeren best når brukeren er i ro.

Synkroniserte videokameraer

I generell forskning innen universell utforming ser vi at synsfunksjonen er særlig viktig. Hva vi ser og hvordan vi tolker det vi ser er med å bestemme våre handlinger. En rullestolbruker ser verden fra en lavere posisjon i forhold til en gående. En svaksynt person mister noe informasjon som vanskeliggjør den perseptuelle prosessen. Slike forhold kan påvirke betjeningen av utstyr eller bygningselementer som eksempelvis dører.

I generelle studier er ikke alle resultater dokumenterbare ved målinger, ved spørreskjemaer eller dybdeintervjuer. Derfor filmes alle forsøk med synkroniserte videokameraer fra ulike posisjoner. Vi har også gjort eksperimentert med webkameraer festet på pannen til testdeltakeren, fordi vi ønsket å se testpersonenes synsfelt for å finne forklaringer på en del typer adferd. Denne teknologien kan kombineres med eyetrackeren, men lagringsformatet er ikke identisk. Derfor kan ikke eyetrackerbrillene koples til den generelle serveren som synkroniserer filmene fra de øvrige videokameraene.

Det er imidlertid utfordringer med hodemonterte kameraer grunnet for mye bevegelser i bildet når brukere er i en aktivitet som innbefatter bevegelse.

Synkroniserte filmkameraer plassert på hjelm eller stativ

Stillbilder kan vise hva en person med et friskt synt får med seg. En filtrering av de samme bildene kan illudere hvordan en svaksynt person oppfatter samme scenario. Vi mennesker er ikke i ro og blikket vårt søker informasjon i synsfeltet hele tiden. Vi trengte å bevege oss inn i filmverdenen og sammenlikne hva en normalseende person kan oppfatte og hvordan det kan bli for en svaksynt når personen eller omgivelsene beveger seg. Nye midler fra Universell ga oss mulighet til å investere i filmkameraer og filmproduksjonsutstyr. Hensikten var å kunne filme verden slik svaksynte oppfatter den og samtidig kunne sammenlikne med hva normalseende ser.

Teknikken er mer krevende enn man skulle tro. Plassering av filtre foran objektivet er enkelt og kan brukes til alt, men metoden er ikke egnet for framstilling av alle typer synslidelser. Derfor behøves også digitale filtre. I teorien kan man filtrere samtlige enkeltbilder i en film i etterkant, men dette er ikke en god metode. Filmfotografen har behov for å se resultatet under filmingen. Filtreringen bør skje i sanntid og må derfor være meget hurtig.

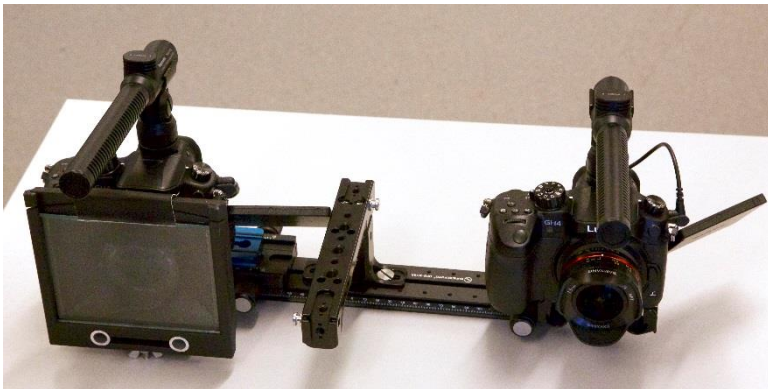
Øyeposisjonen å filme fra ble oppfattet av oss som betydningsfullt. Vi investerte i en hjelm hvor vi plasserte to kameraer i øyehøyde på hver side av hjelmen. Det ene kameraet ble utstyrt med optisk eller digitalt filter, mens det andre filmet normalt. Kameraene filmer ikke fra identisk posisjon, men sitter ca. 25 cm horisontalt fra hverandre, i samme høydeposisjon. Kameraene er synkronisert og filmer derfor helt parallelt. Når begge filmene er tatt opp, settes filmene ved siden av hverandre med en redigeringsmaskin og gjøres om til en film. Ene delen av filmruten består av ufiltrert film og andre delen av filtrert film. Filmene tas i virkelige situasjoner, og kan inneholde alle aktivitetssituasjoner. Hensikten er at man ser hva slags informasjon som forsvinner. Figur 4.1-4 viser teknikken som benyttes. I dette tilfellet er kun ett kamera montert, men systemet er beregnet for to kameraer.



Figur 4.1-6: Bruk av hjelm og kameraer for å filme fra øyeposisjon. Foto: Kjell Are Refsvik.

I noen tilfeller kan kameraene være fast stasjonert. Da benyttes to synkroniserte kameraer montert på stativ. Kameraet til venstre i figur 4.1-7 har optisk filter montert foran linsen. Det andre filmer normalt.

Kamerasystemet vist i figur 4.1-7 er benyttet for å filme undervisningssituasjoner der filmen viser hvordan synshemmede kan oppfatte skoleundervisning visuelt. Filmen skal bli et hjelpemiddel der lærerstudenter skal få se og høre seg selv slik en synshemmet i klasserommet opplever undervisningen. Kameraene fjernstyres fra en kameramann utenfor klasserommet, mens kameraene er montert fast på en pult og rettet mot undervisningsstedet. De to synkroniserte filmene settes til slutt sammen til en film der begge filmene vises under ett.



Figur 4.1-7: Synkroniserte kameraer montert på skinne. Foto: Kjell Are Refsvik.

Synkroniserte filmkameraer plassert på stabilisator *Virtual reality*

Vi har et fagmiljø ved NTNU i Gjøvik som arbeider med «virtual reality», der brillene man får på seg dekker hele synsfeltet. Inne i brillene er det en skjerm som viser et bilde spesifikt for hvert øye. Bildene for hvert øye kan være forskjellige og som gir mulighet til å generere stereoskopisk syn.

Med øyesimulatoren har vi klart å lage digital filtrering som på en meget overbevisende måte illuderer skader i optisk system der lyset spres. Teknikken krever mye datakraft fordi digital filtrering er matematiske iterasjoner som må konvergere. For stillbilder spille ikke prosesseringstiden noen rolle, men for levende film der iterasjonene må skje i nåtid er dette en utfordring avhengig av hvor omfattende filtreringen er. En filtrering kan innbefatte påvirkning av samtlige piksler i bildet og med stor oppløsning tar dette tid.

Mange av teknikkene som tidligere er beskrevet har utfordringer med å vise konsekvensen av skadet adaptasjonsprosess. Her kan muligens virtual reality hjelpe oss. Dårlig beskyttelse mot blinding kan simuleres og også fargeforvrengninger forårsaket av mye lys kan teoretisk sett vises. Filtrene som brukes kan ikke være statiske slik man kan simulere et synsfeltutfall, men en funksjon av hva som befinner seg av lys og farger til enhver tid i synsfeltet. Det store spørsmålet er hva som kreves av datakraft for å simulere det i nåtid.

Både skjermkvaliteten på bildene og hvordan farger genereres har betydning. Her er det naturen som skal illuderes og vi er avhengig av at lyset som skjermglassene benytter har reell likhet med naturens lys. Hvis ikke så vil fargeforvrengninger, adaptasjonsprosesser og andre beskyttelsesmekanismer bli feil. Dette er en av de store utfordringene med virtual reality.

Teknikken som brukes i «virtual reality» er at retningsendringer i synsfeltet genereres av bevegelser av hodet og ikke av bevegelser med øynene alene. En synslidelse i øynene er alltid fysisk knyttet til selve øyet og vil følge øyets posisjon. Derfor klarer aldri «virtual reality» å lage en perfekt simulering.

En utfordring man alltid har ved demonstrasjon av synslidelser som innbefatter skadet reguleringsmekanisme er at testpersonens egen reguleringsmekanisme vil forsøke å beskytte øyet og derved motvirke det vi ønsker å demonstrere. Det som eventuelt må gjøres er å kompensere ved å øke mengden lys i skjermglassene for å motvirke øyenes egenbeskyttelse. Det vil være begrensninger i mengde lys som kan brukes fordi det kan skade synet.

Vi har ikke prøvd ut «virtual reality» som pedagogisk metode og vet heller ikke hva som er mulig. Beskrivelsen som er gitt her er derfor teoretisk.

Linser

I filmproduksjon og på teaterscener kan linser brukes for å kontrollere en skuespillers øyefarge. Linser kan også brukes til å illudere mange synslidelser f.eks. i optisk system og i AMD. Fordelen med linser er at de følger øyebevegelsene. Ulempen er imidlertid mange:

- Linser må spesiallages til oppgaven og kan derfor bli dyre i bruk
- Bruk av linser krever en viss tilvenning. Er man ikke tilvendt så kan øyet delvis bedøves slik at man ikke får irritasjon. Det krever imidlertid sertifisert personale og kan også være å tråkke over en etisk grense. I forskningssammenheng kan det nok tenkes at man kan få tillatelse til å gjøre noe slikt, men hvis motivet kun er av pedagogisk art i undervisningssammenheng så er det ikke sikkert at det er greit.
- Personer som ellers bruker synskorreksjon i form av linser må ta disse av. En ukorrigert synskorreksjon vil komme i tillegg til synslidelsen som illuderes. Det kan skape en falsk

egenopplevelse avhengig av hvor stor opprinnelig synskorreksjon er. Kombinasjon av briller og linser kan imidlertid brukes.

Vi har ikke prøvd linser som pedagogisk metode for å oppnå egenopplevelse, men ser at den i enkelte tilfeller kan gi store fordeler.

Oppsummering

Reisen med ulike metoder for å illudere synslidelser har skjedd basert på korrigeringer der vi har følt ikke å ha kommet helt i mål og dermed forbedret metodene. Undertegnede erfaring er at metodene har sine sterke og svake sider som kan variere med hvilken type synslidelse som skal visualiseres. Det har også vært i tankene hva kunnskapen skal brukes til. For oss som jobber med det bygde miljø er vi opptatt av hva som bør forbedres for at svaksyntes tilgjengelighet og trygghet i samfunnet skal styrkes. Målet er ikke i seg selv å forstå svaksynte, men å forstå konsekvensen av hvordan vi bygger.

Alle teknikkene som er beskrevet her er utprøvde teknikker, med unntak av virtual reality og linser. Virtual reality og linser er nevnt som en potensiell mulighet.


4.2 Teknikker for å vise den visuelle konsekvensen av ulike klassiske synslidelser

4.2.1 Taksonominivåer

Dette kapitlet beskriver erfaringen med bruken av de ulike visuelle teknikkene som pedagogisk metode for å vise hvordan mennesker med ulike synslidelser ser.

Psykologen Benjamin Bloom m.fl beskrev taksonomiskalaen ut fra spesifikke læringsnivåer (Bloom, 1956). Ved beskrivelser av ønskede læringsmål i høyere utdanning er det vanlig å benytte taksonomiskalaen. Skalaen benyttes i denne sammenheng for å vurdere læringsutbyttet for hver enkelt pedagogisk metode. Tabell 4.2.1-1 viser Blooms taksonomiskala.

Tabell 4.2.1-1: Blooms taksonomiskala

	Taksonomi-nivå	Begrep	Krav
 Høyt nivå Lavt nivå	5	Vurdering	Kunne bedømme noe ut fra forskjellige kriterier
	4	Syntese	Kunne trekke egne slutninger samt utlede abstrakte relasjoner
	3	Analyse	Se sammenhenger
	2	Anvendelse	Kunne bruke kunnskap og forståelse i konkrete situasjoner
	1	Kunnskap	Kunne gjengi lært stoff

For nivå 1 stilles ikke andre krav enn å kunne gjengi hvilken utfordring personer med ulike synslidelser har. Det bør imidlertid stilles krav om at man kan redegjøre for forskjellen i de visuelle utfordringene ved ulike synslidelser. Nivået er det laveste nivået hvor det ikke forventes at man skal bruke kunnskapen direkte, men i det minste være i stand til å formidle.

For nivå 2 kreves forståelse. Man kan være rådgiver selv om man ikke selv prosjekterer.

For nivå 3 kreves mer forståelse. Nivået bør gjelde for arkitekter og designere på overordnet nivå, der konsekvensen av ulike synslidelser sees i sammenheng med øvrig design- eller arkitekturutfordringer, eksempelvis prosjektledere.

For nivå 4 kreves å kunne abstrahere, dvs. å kunne tenke videre i problematikken og kunne beslutte ut fra nye slutninger. Nivået bør være et mål for utførende arkitekter og designere.

Nivå 5 er det høyeste nivået og kreves når man selv skal bedømme kvalitet ut fra forskjellige kriterier. Nivået bør gjelde for synspedagoger eller andre spesialister som jobber spesifikt med personer med synslidelser, eller for fagpersoner på høyt nivå som jobber direkte med tilrettelegging.

For den prosjekterende bransje som også skal ivareta universell utforming bør absolutt laveste nivå være nivå 3, mens ønsket nivå er 4. Man må forstå konsekvensen av sine beslutninger og sette dette inn i en større sammenheng.

4.2.2 Skader i hornhinne

For beskrivelse av skader i hornhinna vises til kapittel 2.2.2. Det finnes mange ulike sykdommer i hornhinna, og den er også utsatt for traumer i og med at den befinner seg ytterst. Konsekvensen av lidelsene er enten uklart hornhinne (lyset diffuseres) eller brytningsfeil (reflekser oppstår). Flere varianter finnes, men de er mer sjeldne.

Egenopplevelse med uklart syn kan gjøres med briller med diffusert glass, ripede glass eller glass hvor avgrensede områder i glassene er ripet eller diffusert. Hensikten er å vise hvordan synet forringes og vise hva som skjer med kontraster, farger og lysnivåer. Briller gir mulighet til aktiviteter som å gå rundt, bevege seg i trapper, finne fram i en butikk, løse billetter på en automat, benytte kollektivtransport, osv. Hvis testpersonen er helt avhengig av egne briller så kan det skape utfordringer. Løsningen kan være å montere filteret som illuderer synslidelsen utenpå de ekte brillene. For dem som bruker linser, så kan linsene være på under testen. Det forutsettes at testpersonen selv ikke har synslidelser ut over å være en vanlig brille- eller linsebruker med korrigering av enkle brytningsfeil.

Perseptuell konsekvens av hvordan omgivelsene er designet kan best demonstreres med eyetrackerbriller, hvor glasset skiftes ut til ett som illuderer diffusering av lys. Med eyetrackerbrillene får man demonstrert hvordan øynene søker informasjon ved at man kan følge fokuspunktene rekkefølge og derved erfare at svake kontraster ikke oppfattes. Konsekvensen av fargebruk, kontraster og ulike lysnivåer bør demonstreres. Eyetrackerbrillene kan brukes både med og uten filterglass og kan brukes i aktivitet.

Reflekser er noe vanskeligere å skape, da det krever mer presis behandling av brille- og eyetrackerbrillene. Glassene som leveres til både eyetrackerbrillene og til brillene som illuderer synslidelser er laget av plast. For å vise reflekser må sannsynligvis ekte glass benyttes. Det er mulig å slippe glass presist nok til å få demonstrert effekten. Slike glass er ikke i salg i dag og må derfor spesiallages.

Det antas at det er mulig med briller som illuderer hornhineskader å nå nivå 4 på taksonomiskalaen. Med eyetracker antas at det er mulig å nå nivå 5.

Linser kan gi samme effekt som diffuserte glass i briller, men det er vanskeligere å lage riper slik man kan gjøre i et brilleglass laget i glass. Fordelen med linser er at de dekker absolutt hele synsfeltet og derved unngår rammen en brille gir. Det antas at med linser er det mulig å nå nivå 3 på taksonomiskalaen.

Bilder brukes for å demonstrere hornhineskader, men gir ingen egenopplevelse gjennom aktivitet. Ved hjelp av bilder kan det vises at lys spres og at kontraster viskes ut, men man kjenner det ikke på egen kropp. Man ser bare hva som skjer nettopp i dette bildet. Man erfarer heller ikke konsekvensen av variasjoner i mengde lys, variasjoner i fargebruk eller kontraster, fordi et bilde kun viser kontrasttapet og eventuelle fargeforvrengninger. Med øyesimulatoren kommer man litt lenger ved at man kan variere graden av synslidelse, men det er fortsatt et stillbilde der lysnivåene, fargebruken og kontrastene er gitt. Det antas derfor at bilder og øyesimulator ikke bringer oss lenger enn til nivå 2 på taksonomiskalaen.

Øyesimulatoren bruker stillbilder. Forskjellen er kun at graden av synslidelse kan justeres. Simulatoren kan ikke simulere småskader i hornhinna tilsvarende hva riper i glass kan simulere. Det antas derfor at det kun er mulig å nå nivå 2 på taksonomiskalaen.

Ved å bruke teknikken med synkroniserte kameraer unngås ulempen ved stillbildene og demonstrasjon av forskjellen på normalsyn og en hornhinelidelse er mulig. Det vil gi mer innsikt, selv om det ikke gir tilsvarende læring som briller og eyetracker kan gi. Det antas at synkroniserte kameraer kan bringe oss opp på nivå 3 på taksonomiskalaen.

Virtual reality antas at kan skape egenopplevelse, men virtual reality er en kunstig verden det ikke er nødvendig å skape så lenge den virkelige elegant kan nås med det enkleste av alt, briller. Det gir derfor ingen mening i å bruke virtual reality.

4.2.3 Katarakt

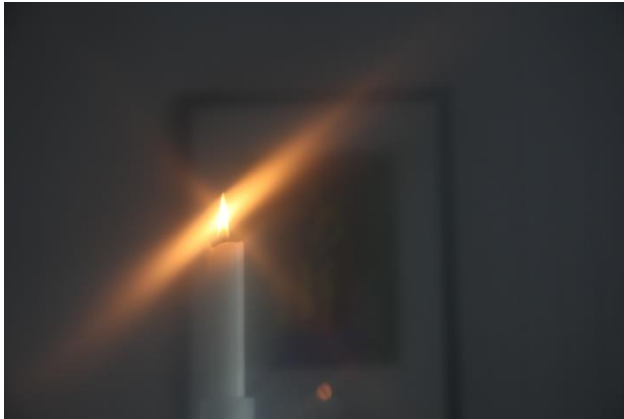
Katarakt er fordunkling av en eller begge øyelinsene. For nærmere beskrivelse vises til kapittel 2.2.3.

Kjernekatarrakt, ansamling av pigmenter i sentral del av linsen, er en av de mer utstrakte kataraktlidelsene.

Når diffuseringen av lys i øyelinsa dekker hele linsas areal er enkleste måten å skape egenopplevelser på å bruke briller eller eyetracker med diffuserte glass.

Som for hornhinneskader er lyset fienden for personer med katarakt. Brytningsfeilene som oppstår ved hornhinneskader og som skaper refleksproblematikk er annerledes enn for katarakt. Ved katarakt er som regel diffuseringen av lyset jevnere selv om variasjoner i øyelinsene kan eksistere.

En viktig effekt er hvordan små lyskilder kan gi en sterk blendende effekt. Linsa kan bryte lyset på en slik måte at det oppstår glitter eller haloeffekter (tilsvarende ring rundt månen). Figur 4.2.3-1 viser en illustrasjon av fenomenet. Bildet er tatt med kamera med optisk filter plassert foran objektivet på kameraet.



Figur 4.2.3-1: Illustrasjon av glittereffekt ved katarakt. Foto: Jonny Nersveen.

Glittereffekten (haloer) som kan oppstå når vi ser mot små lyskilder er et fenomen som alle lysdesignere bør være oppmerksom på. Glittereffekter kan virke svært forstyrrende i en persepsjonsprosess og kan distrahere så alvorlig at farlige situasjoner kan oppstå. Forståelse av effekten kan gis ved bruk av eyetrackerbriller med diffuserte glass. Personen som testes kan gå en runde og se seg omkring med og uten diffuserte glass og sammenlikne filmene som eyetrackeren genererer ved å se på forskjellen i blikkebevegelsene. Normalt søker øynene kontrast og fargeinformasjon for å forstå det visuelle bildet. Hvis kraftig blinding eksisterer så vil man normalt beskytte seg mot ubehaget og derved se vekk. Blinding forstyrrer derfor vår evne til å forstå omgivelsene.

Kjernekatarrakt som er en av de vanligste katarakttypene er gjerne konsentrert i sentralt i øyelinsa og dekker ofte ikke hele pupillåpningen. Pupillens størrelse påvirker derfor graden av lysforstyrrelsen. Når øyet er fulladaptert vil pupillåpningen være liten og hele åpningen være dekket av kjernekatarrakten. Når øyet er adaptert til et lavt lysnivå (skotopisk adaptert) vil pupillåpningen bli stor. Den perifere delen av pupillåpningen kan være uskadet, og medfører at diffuseringen av lyset blir mindre med stor pupillåpning. Effekten kan ikke demonstreres verken ved briller eller eyetracker. Utfordringen er å vise konsekvensen av fargepersepsjon, endring av synsskarphet og kontrastoppfattelse når adaptasjonstilstand blir påvirket og dermed endrer pupillåpningen. Verken briller, eyetracker, øyesimulator eller virtual reality kan demonstrere denne effekten. Det antas at egenopplevelsen ved bruk av briller eller eyetracker bringer oss opp til nivå 3 i taksonomiskalaen.

Linser er den beste måten å illudere kjernekatarrakt med. Med linser kan man gå rundt og være i aktivitet. Linsene kan være utformet slik at de illuderer pigmentansamlinger i sentrum av øyelinsene og gi en meget presis opplevelse av hva som skjer ved varierende adaptasjonstilstander. Varierende grad av katarakt krever flere linsepar, tilsvarende det man må gjøre med briller og eyetracker glass. Ved bruk av linser som pedagogisk metode antas at det er mulig å nå nivå 5 på taksonomiskalaen.

Det er mulig å ta bilde av synsnedsettende blinding og vise effekten, men det gir ikke samme opplevelsen som briller kan gi. Synkroniserte filmer er en bedre metode enn bilder, men man vil ikke kjenne på blindingproblemet. Et bilde eller en film vist på et lerret kan ikke generere ubehagsblinding, kun vise kontrasttap og synsnedsettende blinding. Det antas at bilder og film kun kan nå nivå 2 på taksonomiskalaen.

Øyesimulatoren har den fordel at man kan eksperimentere med ulike grader av katarakt. Det gir noen analysefordeler i forhold til bilder og film, men utfordringene er tilsvarende som for bilder. Det antas at det er mulig å nå nivå 2 på taksonomiskalaen.

Som for hornhinne lidelser gir det ingen mening i å bruke virtual reality.

4.2.4 Skader i pupill

For beskrivelse av skader i pupill vises til kapittel 2.2.4.

En frisk ung pupill kan endre sin størrelse i forholdet 1:16, der pupillen bidrar til å regulere lysmengden inn på netthinna. Med alderen mistes delvis pupillens evne til å regulere seg (Høvdning *et al.*, 2016). Den blir sammentrukket og er en av årsakene til at eldre mennesker trenger mer lys enn yngre for å se. En sammentrukket pupill øker dybdeskarpheten tilsvarende blenderåpningen på et kamera, men reduserer lysmengden på netthinna.

En skadet eller manglende pupill hindrer muligheten for økt dybdeskarphet og muligheten for tilpasning til lysnivået reduseres.

En avansert måte å demonstrere sammentrukket pupill på ved lavt lysnivå er å bruke spesiallagde linser som illuderer sammentrukket pupill. Linsen vil hindre effekten av at den friske pupillen åpner seg. For demonstrasjon av presbyopi er dette en elegant metode og belønnes med nivå 5 på taksonomiskalaen.

Demonstrasjon av skadet eller manglende pupill er mer komplisert. I enkelte behandlings- og undersøkelsesmetoder benyttes bedøvelsesvæske for å lamme sfinktermuskelen (muskelen som får pupillen til å trekke seg sammen). Muskelen bedøves i ca. 10-15 minutter og kan være svært virkningsfull. Kraftig lysstimulering må imidlertid unngås for å unngå skader på netthinna. Slike øyedråper skal i praksis bare brukes i behandlingsøyemed og kan kun brukes av godkjent personell. Bruk i pedagogisk vinning kan derfor være vanskelig få til. Hvis dette likevel kan gjøres så antas at det er mulig å nå nivå 4 på taksonomiskalaen.

Personer med skader i pupill bruker ofte filterbriller. Hvis man kan tillate bruk av øyedråper for å lamme ringmuskelen i pupillen, kan man også demonstrere forskjellen på kaldt og varmt lys og effekten av ulike typer lyskilder som LED, lysrør med varierende fargetemperaturer og varianter av damplamper.

Som beskrevet er egenopplevelsen av konsekvensen av sykdommer i pupillene kompliserte å gi. Brilller, eyetracker, øyesimulator og film har liten pedagogisk verdi.

4.2.5 Diabetes retinopati

For beskrivelse av diabetes retinopati vises til kapittel 2.2.5.

Hovedrisikoen ved diabetes retinopati er netthinneløsning, dvs. at netthinna løsner og faller ned. Det som imidlertid behandles her er konsekvensen av blodforurensning i væsken i glasslegemet. Blødninger og også annen forurensning i væsken gjør glasslegemet mindre transparent for lys.

Uklar væske i glasslegemet diffuserer lyset og reduserer kontrastoppfattelsen. Effekten kan illuderes med brilller med diffusert glass, eyetrackerbriller, linser og øyesimulator. Det antas at teknikkene kan gi en pedagogisk vinning på nivå 4 på taksonomiskalaen. Metodene gjelder kun når blødningen er i en slik form at blodet har blandet seg med øyevæsken.

Blod eller cellerester som svever i glasslegemet er vanskelig å observere uten selv å ha lidelsen. Forurensningen svever i væsken i glasslegemet og flytter på seg når vi beveger oss eller beveger øynene. En naturlig reaksjon på at noe beveger seg i synsfeltet er å prøve å fokusere mot det, men det er ikke mulig. Effekten kan ikke vises med virtual reality fordi øynene ser mot en brilleskjerm man kan fokusere mot. Det antas at denne teknikken kun kan nå nivå 1 på taksonomiskalaen.

Tilfeldige blødninger og mulige arrdannelser på netthinna kan føre til mørke flekker i synsfeltet. Hvis flekkene skyldes blod, vil flekkene være temporære. Har arrdannelser oppstått kan flekkene bli permanente. I perifer del av synsfeltet kan små skotom bli maskert bort i persepsjonsprosessen.

Konsekvensen av mørke flekker kan best vises med linser, men flekkene blir mer utelydelige enn i virkeligheten. Fordelen med linsene er at om blikket flyttes så følger flekkene med. Det antas at det er mulig å nå nivå 4 på taksonomiskalaen.

Permanente mørke flekker kan også illuderes med bilder og øyesimulator, men det antas at disse ikke når lenger opp enn nivå 2 på taksonomiskalaen. Fordelen med brilller er at man kan gå rundt og gjennomføre aktiviteter. Ulempen er at avblendingen som skal illudere skotomer på brilleglassene ikke vil framstå med noenlunde klar avgrensning fordi man ikke kan fokusere mot brilleglasset. Det er ikke mulig å fokusere så nært som et brilleglass, og uansett så vil fokuset være rettet mot omgivelsene. Det er altså lettere å lage et bilde som beskriver fenomenet enn å vises det med brilller. Det antas at med brilller er det kun mulig å nå nivå 1 på taksonomiskalaen. Eyetracker bør ikke brukes i denne sammenheng.

Med unntak av permanente flekker og diffusering av lyset er det ikke mulig å filme diabetes retinopati. Risikoen med kun å vise permanente flekker eller uklar øyevæske er at man etterlater inntrykket av at diabetes retinopati kun fortoner seg slik. Det antas at med filming er det mulig å nå nivå 2 på taksonomiskalaen.

Målet med denne publikasjonen er å skape egenopplevelse for at den som skal lære virkelig kan forstå. utfordringen med diabetes retinopati er at synslidelsen endrer seg hele tiden. Det gir store pedagogiske utfordringer som ikke er løst. Ingen av våre pedagogiske metoder som er beskrevet i

rapporten klarer å vise den perseptuelle utfordringen denne gruppen har eller hvor plagsom en slik synslidelse er.

4.2.6 Albinisme

For beskrivelse av albinisme vises til kapittel 2.2.6.

Ved albinisme mangler iris fargepigmenter slik at den lekker lys utenom pupillåpningen. Albinisme medfører kraftig synsnedsettende blinding, og kan bli så kraftig at synet i praksis ikke fungerer. I tillegg har oppstår en signalfeil i punktet hvor der synsnervene krysser i hjernen (chiasma opticum). Signalfeilen fører til svekket synsskarphet i sentralt synsfelt.

Ulike teknikker har blitt eksperimentert med for å illudere albinisme. Mest vellykket har vært å benytte en mellomring mellom kameraets hus og linsen. Mellomringen er gjennomhullet med flere hull på siden slik at den lekker lys inn på matrisen utenom objektivet. Dette er helt det samme som skjer ved manglende fargepigment i iris. Ubehagsblinding som er betydelig for denne gruppen kan ikke illuderes med denne teknikken. Det er kun mulig å vise synsnedsettende blinding med resulterende kontrasttap samt fargebleking. Med denne teknikken antas at det er mulig å nå nivå 3 på taksonomiskalaen. Dette gjelder for bilder og film. Verken øyesimulator, eyetracker, virtual reality eller linser kan benyttes.

4.2.7 Retinitis pigmentosa (RP)

For beskrivelse av retinitis pigmentosa vises til kapittel 2.3.2.

Retinitis pigmentosa (RP) er en netthinnelidelse med i praksis permanent innsnevring av synsfeltet. Den er progreerende der synsfeltet gradvis reduseres.

Viktigste lærdom om personer med RP er konsekvensen av begrenset synsfelt og nattblindhet. Ved hvilke lysnivåer oppstår nattblindheten, hvordan brukes synet for å få oversikt og forståelse av omgivelsene, hvordan orienterer man seg, hvordan finner man synsinformasjon, osv., er helt essensielt for å kunne designe omgivelsene tilfredsstillende for denne gruppen.

Det finnes briller som er laget med kun en liten lysåpning på ene glasset for å skape egenopplevelse med RP. Fordi brillene kun kan ha åpning på ene glasset, kan konsekvenser for dybdesynet ikke illuderes. RP vil eksistere på begge øynene og i og med at sentralt synsfelt fortsatt er inntakt så vil begge øynene fokusere mot samme punkt og dermed oppnå stereoskopisk syn. Graden av beholdt dybdesyn er avhengig av størrelsen på restsynsfeltet. Fordi brillene kun bruker ett glass så er stereoskopisk dybdesyn totalt sjaltet ut.

Hovedutfordringen med RP er at store deler av synsfeltet er borte, og det medfører at man må flytte blikket for å få oversikten som en normalseende uten besvær har. Dette betyr mye søking for å finne informasjon og for å forstå omgivelsene, eksempelvis å finne varer i en butikk. Brillene er godt egnet til å vise konsekvensen av begrenset synsfelt i denne sammenheng. Det antas at det er mulig å nå nivå 3 på taksonomiskalaen.

Øyesimulatoren, figur 4.1-2, kan også benyttes for å illustrere hvordan synet må lete etter informasjon og hvor lett tilgjengelig denne informasjonen må være for å kunne orientere seg og finne synsinformasjon. Med simulatoren er det mulig å vise hva som skjer når blikket flyttes fra et punkt til et annet. Fordi restsynsfeltet flytter på seg så forsvinner noe informasjon mens annen informasjon kommer til syne. Helhetsinntrykket er borte, med unntak av det man kan huske. Det antas at det er mulig å nå nivå 3 på taksonomiskalaen.

Bruk av bilder eller film gir mindre pedagogisk uttelling og ikke tilstrekkelig kunnskap til å kunne prosjektere. Det antas at det er mulig å nå nivå 1 på taksonomiskalaen.

Fordi perifert synsfelt er skadet eller helt ute av funksjon vil nattblindhet oppstå. Ved å kombinere briller med liten lysåpning med varierende lysnivå, vil nattblindhet kunne framkalles når lysnivået bringer øynene inn i skotopisk tilstand. Åpningen på hullet i ene brillerglasset må imidlertid være svært liten.

Det er tvilsomt om eyetracker kan brukes i denne sammenheng, og er heller ikke testet. Blikkretningen vil hele tiden måtte være i den lille åpningen i glasset på brillene. Øyebevegelsene vil derfor bli svært begrenset. Filmen som lages vil ikke vise det begrensede synsfeltet, men hele synsfeltet med hvor blikket har vært. Måten testpersonen vil måtte søke visuell informasjon på er å flytte på hodet og ikke ved pupillbevegelse som eyetrackeren måler. Derfor vil det hele tiden være mye bevegelse i bildet. Eyetracker som måleinstrument er mest effektivt når hodet er i ro og bevegelsene i blikkretningene er skapt av pupillorienteringen. Det antas at at eyetrackeren ikke har noe å bidra med.

Det er mulig å lage film hvor man setter på et filter med en liten åpning. Noen utfordringer oppstår ved at filmkameraet mister sin evne til å bruke autofokus og automatisk blenderåpning. Det er også vanskelig å filme i seg selv da kameramannen selv får problemer med å filme. Spørsmålet blir om kameramannen kun skal se det avgrensede synfeltarealet eller om han skal kunne se alt men kun rette kameraet mot der man ønsker å filme. Det første er vel det mest korrekte, men dette er mer komplisert enn man skulle tro. Hvis man klarer å filme så vil filmen ha pedagogisk verdi. Det antas at det er mulig å nå nivå 3 på taksonomiskalaen.

Virtual reality kan ikke brukes til å demonstrere RP.

Bruk av spesiellagede linser vil ikke fungere fordi synsfeltet ikke snevres inn.

Langt framskredet RP berører adaptasjonsprosessen som er vanskelig å illudere.

4.2.8 Aldersrelatert makuladegenerasjon (AMD)

For beskrivelse av AMD henvises til kapittel 2.3.3.

Ved synslidelsen AMD er sentralsynet skadet og personen må se med sidesynet. En person med normalt syn merker i liten grad at sidesynet har dårlig synsskarphet. Det er først når sentralt synsfelt er svekket eller tapt man merker det. En helt enkel måte å demonstrere konsekvensen av tap av sentralsynet er å fokusere mot et punkt foran seg med begge øynene. Lukk ene øyet og plasser en fingertupp slik at fokuspunktet skjermes. Hold fingeren i ro. Gjenta prosessen med det andre øyet og plasser en annen finger i dets fokuspunkt og hold den i ro. Åpne begge øynene med fingertuppene i

posisjonene som ble funnet. Nå er dybdesynet forstyrret og fokuspunktet er blokkert. Legg merke til hvor uskarpt sidesynet er. Legg også merke til hvor lite arealet er som faktisk har skarpsyn.

Ved fokusering fininnstiller øynene seg mot en kontrast. Denne prosessen kalles for akkommodasjon (Valberg, 1998; Boyce, 1981). Øynene forfiner kontrastens synlighet. Jo tydeligere og jo skarpere overgangen i kontrasten er jo lettere og raskere går akkommodasjonsprosessen. Personer med AMD har forstyrret akkommodasjonsprosess fordi sentralt synsfelt som brukes i prosessen ikke fungerer som den skal. Begge øynene trenger ikke være skadet, men det vanlige er at begge er berørt. Skaden på øynene er normalt forskjellige.

Det finnes flere teknikker som kan brukes for å skape egenopplevelse av AMD. Den enkleste metoden er bruk av briller. Figur 4.1-1 viser et bilde av et brillesett hvor AMD illuderes. Her er ene glasset totalt blokkert mens det andre har blokkert sentralt synsfelt. Noe av poenget med bruk av briller er at man kan gå rundt og forsøke å gjøre vanlige handlinger i denne tilstanden. Ulempen med teknikken er at stereoskopisk syn er totalt sjaltet ut ved at kun ett øye brukes og at man kan flytte blikket og se forbi arealet som er blokkert i brillene. Man får ikke demonstrert dybdesynkonsekvensen og synsfeltet blir preget av hvilket øye som brukes, men det gir et inntrykk av å se med sidesynet. Det antas at det er mulig å nå nivå 3 på taksonomiskalaen ved bruk av briller.

En mer korrekt måte å demonstrere AMD på er å benytte linser hvor sentralt synsfelt er blokkert for begge øynene. Med linser vil begge øynene være i bruk, fullt sidesyn i begge retninger eksisterer og dybdesynet knyttet opp mot perifer del av synsfeltet er aktivt. Med linser antas at det er mulig å nå nivå 4 på taksonomiskalaen.

En langt framskredet AMD kan ha så stor skade i sentralt synsfelt at det er helt fraværende. Det kan fortone seg som et skotom med litt uklar omkrets hvor ingen signaler fra området går til synssenteret i hjernen. Uten signaler til hjernen er det ikke noe bilde å prosessere. Derfor blir dette arealet til «ingenting». Fordi hjernen hele tiden er på jakt etter visuell forståelse, kan prosesseringen føre til at man perseptuelt oppfatter at man ser i sentralt synsfelt. Det man «ser» er en tolkning og gjerne en repetering av hva som befinner seg nær området som er skadet. Dette er tilsvarende situasjon som man kan ha etter hjerneslag (Wilhelmsen, 2003). Slike effekter er svært vanskelig å illudere. Manipulerte bilder og animert film kan brukes, men man kan ikke skape egenopplevelse ved egen aktivitet. Det antas at det er mulig å nå nivå 1 på taksonomiskalaen.

Øyesimulator kan anvendes som illuderingsmetode. Fordelen er at man kan se hvordan en person med AMD må søke opp informasjon for å få helheten. Ved å bruke musepekeren som peker kan man flytte fokuspunktet i bildet og få et inntrykk av kompleksiteten ved at deler av bildet forsvinner. Det antas at denne teknikken kan nå nivå 2 på taksonomiskalaen.

Virtual reality eller eyetracker kan ikke anvendes.

Det er mulig å lage film med synkroniserte kameraer der det ene kameraet simulerer AMD, men vi får kun vist dårlig synsskarphet og manglende skarpsyn. Fordelen med film er at mange aktivitetssituasjoner kan filmes og at man kan sammenlikne med normalsyn og synslidelse. Med film har man bevegelse, noe bilder ikke har. Vi klarer imidlertid ikke å filme effekten der hjernen fyller inn ny informasjon i det visuelle bildet. Det antas at med denne teknikken er det mulig å nå nivå 2 på taksonomiskalaen.

4.2.9 Glaukom

For generell beskrivelse av glaukom vises til kapittel 2.3.4.

Glaukom er forårsaket av for høyt trykk i glasslegemet slik at nervetråden som forbinder sansecellene med synsenteret i hjernen er skadet. Tapte nervetråder gir synsfeltutfall. Innsnevringen er karakteristisk men avhengig av hvor i progresjonen sykdommen befinner seg.

Nervetrådene som går ut av øyeeplet ligger i et perfekt mønster. Det er trådene nærmest kraniet som er mest utsatt ved press mot kanten av åpningen i kraniet. Derfor har synsfeltet til personer med glaukom et typisk utseende. En langt framskredet glaukom har et synsfelt som likner på bildet av en banan med en bestemt orientering i tillegg til et lite felt innenfor makula. «Bananens» bue på hvert øye er orientert vekk fra neseryggen. Man trenger ikke ha glaukom på begge øynene, men det forekommer ofte. Stereoskopisk syn forutsetter overlappet synsfelt. Når synsfeltet på begge øynene er sterkt begrenset, vil graden av overlapping bli sterkt redusert med påfølgende tap av dybdesyn. Opplevelsen av synsfeltet vil imidlertid være summen av begge synsfeltene. Personen opplever å se i summen av synsfeltene og trenger ikke være klar over skadens omfang eller at synsfelt med intakt dybdesyn er ytterligere redusert.

Størrelsen på redusert synsfelt er avhengig av hvor langt framkommet glaukomet er. Man beholder skarpsynet langt ut i progresjonen.

Korrekt måte å skape egenopplevelse av glaukom er ikke mulig. Brillor som illuderer begrenset synsfelt kan produseres, men plasseringen av lysåpningen i glasset vil kun være korrekt for en gitt synsavstand. Fordelen man normalt har med brillor er at aktiviteter kan utføres og dermed synliggjøre hvor mye man blir hemmet, men brillor er mer komplisert her fordi man tvinges til en gitt synsavstand. Det antas at med brillor er det mulig å nå nivå 3 på taksonomiskalaen.

Eneste måten å oppleve økt lyssensitivitet på grunn av uregulert pupill er å lamme pupillmuskulaturen med bedøvelsesvæske. Har man denne muligheten og kombinerer med brillor så har man en god etterlikning av synslidelsen ved gitt synsavstand. Kan bedøvelsesvæske brukes i kombinasjon med brillor så antas at man kan nå nivå 4 på taksonomiskalaen. Bruk av bedøvelsesvæske kan bare gjøres av sertifisert personale.

Verken bilder, film, øyesimulator eller eyetracker kan formidle utfordringen med glaukom.

4.2.10 Klassisk fargeblindhet

For klassisk fargeblindhet vises til kapittel 2.3.5.

Konsekvensen av fargesvakhet eller fargeblindhet på rødt og grønt er at fargefølsomheten for fargene forskyves og at det vanskelig å skille mellom farger i spekteret grønt – gult - rødt. Når arkitekter og designere bruker farger i sitt uttrykk så er fargene valgt ut omhyggelig, dels for å skape identitet/gjenkjenning og variasjon i omgivelsene eller som et estetisk uttrykk. Når varme farger fra grønt til rødt brukes som identitetsskapende element så vil personer som er fargesvake eller fargeblinde på disse fargene ikke ha samme utbytte eller i verste fall ikke kunne skille fargene fra hverandre. Både fargeblindhet og fargesvakhet på rødt og grønt rammer alle varme farger og har derfor en stor konsekvens.

Det er utviklet egne briller som illuderer fargeblindhet på rødt (protanop) og grønt (deutanop) fargeblindhet. Med brillene kan man gå rundt og prøve ulike aktiviteter som egenopplevelse. Brillene illuderer absolutt fargeblindhet og kan sees på som verste tilfelle. Det anslås at det er mulig å nå nivå 4 på taksonomiskalaen.

Bruk av stillbilder vil gi et inntrykk av fargeforskyvninger både for protanop og deutanop synslidelse og man kan også lage varianter av protanomali og deuteranomali (fargesvakhet på hhv. rødt og grønt). Brillene derimot gir mulighet for å teste ut egne aktiviteter, men har begrensninger i ulik grad av fargeblindhet. Bildene gir ikke samme frihet i valg av egne aktiviteter men kan til gjengjeld ha større variasjon i ulik grad av fargeblindhet. Det anslås at med bilder er det mulig å nå nivå 3 på taksonomiskalaen.

Fordi man har samme muligheter med film som med bilder så er film et alternativ. Fordelen med film framfor bilder er bevegelser. I en film skjer visuelle endringer kontinuerlig og mangel på fargediskriminering kan føre til konsekvenser for den perseptuelle prosessen. Dette kan man se med brillene og med film men ikke med stillbilder. Det anslås at med film er det mulig å nå nivå 4 på taksonomiskalaen.

Det er gjort forsøk på å lage linser som korrigerer protanop synslidelse, men en stor suksess ble det ikke. Det er imidlertid ikke funnet eksempler på at det er laget linser som illuderer fargeblindhet med et pedagogisk mål, men det er trolig mulig å lage det. Hvis dette er mulig så antas at det er mulig å nå samme nivå på taksonomiskalaen som brillene, dvs. nivå 4.

Teoretisk sett er det mulig å lage film basert på virtual reality. Gevinsten er i så fall liten da fargesynet har liten innflytelse på dybdesynet.

Brillene som brukes til herming av protanop og deutanop synslidelse er spesialbehandlede glass. Hvis det hadde vært mulig å ha tilsvarende glass i eyetrackeren så er det rimelig å anta at man hadde sett forskjeller i øyebegrelsene i hvordan øyet søker informasjon. Vi har imidlertid ikke prøvd det. Hvis det er mulig så antas at det er mulig å nå nivå 5 på taksonomiskalaen.

4.2.11 Synsutfall etter hjerneskade

Den mest aktuelle hjerneskaden som fører til synshemninger det er aktuelt å illudere er slag. For generell beskrivelse vises til kapittel 2.3.6.

Slag kan føre til skotom, dvs. helt (absolutt skotom) eller delvis utfall (relativt skotom) av deler av synsfeltet. Det er ikke uvanlig at venstre eller høyre halvdel av synsfeltet er berørt (hemianopsi). (Høvding *et al.*, 2016).

Den mest vanlige måten å vise hemianopsi er ved hjelp av briller. Se bilde 4.1-1. Det ene brilleglasset blokkeres samt indre del av glass nr. 2. Kun ytre del av ett glass er det mulig å se gjennom. Dette er en enkel måte å illudere og brillene kan benyttes under ulike aktiviteter. Ulempen med teknikken er at det er mulig å fokusere mot det åpne området i brilleglasset og derved oppnå en bedre synsskarphet enn virkeligheten. Med brillene vil det stereoskopiske synet totalt være satt ut av funksjon, noe som bare delvis stemmer med virkeligheten.

Skotomet som oppstår deles inn i tre nivåer avhengig av hvor nært sentralt synsfelt det befinner seg. Er makula berørt så fører det til svekket sentralsyn og vanskeligheter med å fokusere. Vi har ingen gode illuderingsmetoder som på en god måte skaper egenopplevelsen av hemianopsi. Det antas at det er mulig å oppnå nivå 1 i taksonomiskalaen.

Verken bilder, linser, film, eyetracker, øyesimulator eller virtual reality kan simulere store synsfelt utfall etter slag.

4.2.12 Oppsummering

Som foregående kapitler har vist så varierer mulighetene for å skape egenopplevelse med ulike synslidelser. Det som er enklest er skader som fører til diffusering av lyset. Det som er vanskelig er forhold der adaptasjonsprosessen eller andre forhold knyttet til netthinna er involvert.

Tabell 4.2.12-1: Mulig oppnåelige taksonominivåer for egenopplevelse av synslidelser

Type synslidelse	Taksonominivå						
	Briller	Eye-tracker	Bilder	Øye-simulator	Synkronisert film	Virtual reality	Linser
Hornhinne	4	5	2	2	3	-	3
Øyelinse	3	3	2	2	2	-	5
Pupill ¹	-	-	-	-	-	-	5 ²
Diabetes retinopati	2 ³	2 ³	2 ³	2 ³	2 ³	1	2 ³
Albinisme	-	-	3	-	3	-	-
Retinitis pigmentosa	3	-	1	3	1	-	-
AMD	3	-	1	2	2	-	4
Glaukom	2	-	-	-	-	-	-
Synsfeltutfall etter hjerneskader	1	-	-	-	-	-	-
Fargeblindhet	4	5 ⁴	4	4	4	-	4 ⁴

¹ Hvis øyedråper kan brukes til å lamme pupillmuskulatoren så er det tenkelig at man kan nå nivå 4 på taksonomiskalaen. En slik teknikk kan imidlertid være etisk betenkelig, og er derfor ikke regnet inn som et alternativ.

² Gjelder kun ved demonstrasjon av presbyopsi.

³ Kun uklar øyevæske og permanente skotom nær makula kan simuleres

⁴ Forutsatt at det produseres

Bruk av bedøvelsesvæske har vært nevnt for flere typer synslidelser. Det er kun sertifisert personale som kan benytte det.

Det er tidligere påpekt i kapittel 4.2.1 at laveste anbefalte nivå på taksonomiskalaen for prosjekterende er nivå 3. Fra tabell 4.2.11-1 ser vi at dette nivået ikke er mulig for diabetes retinopati, glaukom og synsnedsettelse etter slag.

Av ulike pedagogiske metoder er det briller og linser som har størst anvendelse. Årsaken er at briller og linser kan brukes under aktivitet der testpersonens egenopplevelse kan knyttes til daglige aktiviteter og at man også kan teste ut effekten av kontraster, farger og lys.

5 Diskusjon - konklusjon

Beskrivelsene av pedagogiske metoder for å illudere ulike varianter av synshemninger er basert på erfaringen undertegnede har med slike metoder siden 2004. Først i 2008 det ble satt i gang systematisk arbeid med å forbedre metodene, der vi begynte å eksperimentere med ulike metoder. Tilbakemeldingene vi har fått fra studenter og tilhørere ellers i forelesningssammenheng har vært positive, men det har aldri vært gjort studier som sier noe om hvor god læringen har blitt. Studentene kan respondere positivt fordi det er noe nytt og eksperimentelt og som er noe annet enn læreboken og forelesninger. Det er først når studentene er ferdig med sin utdanning og begynner å praktisere at vi eventuelt kan se om den pedagogiske metoden virkelig utgjør en forskjell. Vi tror det har betydning, men vi har ikke bevist det. Det vi med sikkerhet kan si er at interessen for å lære om det og respekten for betydningen har økt. Om vi har nådd nivå 3 i taksonomiskalaen vil variere med typen synslidelse, fordi noen er lettere å illudere enn andre.

Undertegnede har vært ansatt i Norges blindforbund i en 20 % stilling i 10 år, og har selv måttet lære om svaksynthet gjennom å erfare gjennom eksperimenteringen. Under foredrag for svaksynte, kommer det alltid tilbakemeldinger på hvor presist deres opplevelse beskrives. Svaksynte er ikke vant med å bli forstått. Når de føler de blir det, så gir det dem mer trygghet. De er jo prisgitt andres kunnskap.

Undertegnede er ikke svaksynt og har fullt og helt klart å sette seg inn i de svaksyntes opplevelser gjennom å eksperimentere. Det har selvsagt vært mange samtaler med svaksynte opp gjennom årene, men den verbale forklaringen svaksynte gir kan være vanskelig å forstå, særlig for dem som aldri i sitt liv har hatt et normalt syn. Svaksynte får samme problem som normalseende har. Svaksynte mangler normalseendes erfaring, tilsvarende som normalseende mangler svaksyntes erfaring. Noen mennesker er født totalt blinde og uten lyssans og har aldri opplevd å se. Totalt blinde kan ikke forklare synstapet. De vet ikke hva det er. Noen mennesker har totalt fravær av fargesyn. Disse menneskene hører normalseende snakker om farger, men har ingen kjennskap til hva det er. Normalseende derimot har muligheten til å lære om konsekvensen fordi ved hjelp av illudering av synslidelser så kan man sammenlikne. Det er det vi prøver å oppnå med de pedagogiske metodene som er beskrevet i denne rapporten.

Vi uteksaminerer studenter som skal jobbe med bygningstekniske løsninger til gode for svaksynte. Studentene må lære seg betydningen av kontraster, farger, ulike måter å belyse på, ulike typer lyskilder, hva som svekker dybdesynet og hva som styrker det. Studentene må også lære seg at det som hjelper svaksynte med noen spesifikke synslidelser kanskje ikke er et gode for en annen gruppe. Arkitekt- og designerbransjen er fylt av dilemmaer hvor store og viktige kompromisser må inngås. I hjemmet kan vi ta hensyn til de få beboerne som bor der. I det offentlige rom må vi ta hensyn til alle.

De fleste pedagogiske virkemidlene er feltutstyr som kan tas med både i hjem og i bygg som skal rehabiliteres. Forhold av betydning kan derfor analyseres på reelle steder. Prøveoppheng med belysning kan gjennomføres. Det finnes laboratoriefasiliteter som gjør det mulig å analysere visuelle forhold og dermed illudere virkelige situasjoner.

Det bygde miljø er menneskeskapt. Vi har derfor stort handlingsrom. Visuelle forhold påvirkes av lys, farger, fargesammensetninger, kontraster, kontrastsammensetninger, osv. Det er disse parameterne som er vårt handlingsrom. De pedagogiske metodene som er beskrevet her handler om hvilken betydning disse parameterne har for personer med ulike synslidelser. Det er to forhold som er viktig; 1) hvor stor andel av de svaksynte er det som får tilfredsstillende visuelle kår og 2) hvor stor andel havner utenfor og hvilke konsekvenser får løsningen for dem. Noen kan hevde at om man ser dårlig så får man innrette seg og beskytte seg deretter. Det er ikke lett å beskytte seg mot faren man ikke vet er der.

Det er ikke en pedagogisk metode som er betydelig bedre enn de andre. I praksis så går man så langt man klarer. I undervisningen og også i felt og laboratorieanalyser bruker vi metodene briller, bilder, film, øyesimulator og eyetracker. Vi velger den metoden som egner seg best i hvert enkelt tilfelle. Linser vet vi ikke om er laget til dette formålet enda, men det er mulig å lage dem. Vi har ikke prøvd å bedøve sfinktermuskelen, men i samarbeid med optikere kan dette være en mulighet. Virtual reality må videreutvikles til dette formålet før det kan tas i bruk.

To metoder vi er spesielt tilfreds med er brillene med varianter av glass og eyetrackerbrillene der glassene også kan skiftes ut. Begge disse kan tas med ut i felt, og man får svarene umiddelbart. Eyetrackerbrillene er spesielt egnet fordi man umiddelbart vil se om svake kontraster blir oversett eller ei. Hjernen vår er på konstant leting etter kontraster, styrt av vår beskyttelsesmekanisme. I det offentlige rom myldrer det av kontraster. Hjernen må skille mellom reklame, skygger, farevarsling, utsmykning, osv. Noe av denne informasjonen forsvinner for svaksynte. Skal personen fortsatt kunne finne fram, lese omgivelsene, beskytte seg mot fare, bruke veifinningsystemer, osv., så må vi vite om nødvendig informasjonen er tilgjengelig. Med eyetrackeren er det mulig se hvordan blikket forflytter seg. Konsentrerer blikket seg om de viktige kontrastene så vil blikket være innom dette stedet mange ganger. Er ikke blikket innom stedet, så er enten informasjonen ikke synlig eller den taper kampen om oppmerksomheten.

Eyetrackeren kan brukes av både svaksynte og normaleende. Svaksynte trenger selvsagt ikke spesialglass, men normaleende trenger glass som illuderer synslidelser. Vår opplevelse er at glass som illuderer skader i det optiske systemet er det som egner seg best. Da fanger vi også automatisk opp svekkelse av synet knyttet til aldring. Eyetrackerbrillene genererer film. Det blir dokumentasjonen. Brillene ellers er også svært enkle å bruke, men de gir ingen dokumentasjon.

En ulempe alle de beskrevne pedagogiske metodene har er at det forutsetter at testpersonen selv har et normalt syn, fordi metodene endrer synsbetingelsene fra normalsyn til den illuderte synslidelsen. Har man en synslidelse fra før så får man dobbelt opp. Personer som fra før er helt avhengig av briller eller linser får problemer med våre pedagogiske metoder. Fjernes den nødvendige synskorreksjonen og illuderer en synslidelse i tillegg får man også dobbelt opp.

Det har blitt gjentatt flere ganger at bilder og øyesimulator har begrensninger fordi de kun viser kontrastforstyrrelser og eventuelt fargeforskyvninger. Metodene fanger ikke opp ubehag i form av blanding eller forstyrrelser i pupill eller adaptasjon. Dette er riktig, men generering av bilder har den store fordelen at studentene selv kan generere dem og bruke det i prosjekter eller eksamensarbeid. De må også beskrive hva man ser, hva det betyr, osv., og det i seg selv gir selvinnsikt. Undertegnedes vei inn i de svaksyntes verden gikk gjennom bildene. Man skal derfor ikke avskrive metodene selv om det finnes mangler ved dem.

6 Videre arbeid

Proessen med å finne pedagogiske metoder vil fortsette vidare. Der vi har mest fokus i dag er på animering og produksjon av film. Vi er et spesialisert sted som forsker på universell utforming og svaksynte og har derfor ressurser som mange andre utdanningsinstitusjoner ikke har. Derfor produserer vi filmmateriale som skal være tilgjengelig for dem som underviser.

Et større prosjekt vi har jobbet med handler om å filme ekte undervisningssituasjoner i norske skoler. I klasserommet rigger vi opp et par-sett med videokameraer. Det ene kameraet filmer normalt mens det andre kameraet illuderer en synslidelse. Vi ønsker at læreren skal få se og høre seg selv slik en svaksynt og en hørselshemmet ville oppfattet det. Læreren får se effekten av ulike teknikker som tavlebruk, blackboard, projiserte bilder på lerret, osv., som er brukt. Filmene skal gjøres tilgjengelig for norsk lærerutdanning. Slik vi vil at arkitekter og designere skal forstå hvordan en svaksynt oppfatter omgivelsene, vil vi at lærere også skal forstå svaksyntes tilgjengelighet til den formidlede kunnskapen.

7 Referanser

- BLD (2013) Lov om forbud mot diskriminering på grunn av nedsatt funksjonsevne (diskriminerings- og tilgjengelighetsloven). Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2013-06-21-61?q=lov+om+diskrim#KAPITTEL_5.
- Bloom, B. (1956) *Taxonomy of Educational Objectives. , Cognitive Domain. New York: McKay, 1956.*
- Boyce, P. R. (1981) *Human Factors in Lighting.* Applied Science Publishers, London.
- Byggforsk, S. (2003) Orienterbarhet i bygninger. Visuell oppfattelse og forståelse. Sintef Byggforsk kunnskapssystemer: Sintef byggforsk.
- Callin, P. et al. (2007) *Fysikk.* Aschehoug forlag, Oslo.
- CIE (1981) Technical Report: An Analytic Model for Describing the Influence of Lighting Parameters upon Visual Performance (b. Publication no 10/2.1): CIE.
- CIE (1986) Guide on interior lighting: CIE.
- CIE (1989) Technical report on discomfort glare in interior lighting: CIE.
- Fossum, S. (2014) Utviklingslæren *Store medisinske leksikon.* Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/utviklingsl%C3%A6ren>.
- Høvding et al. (2016) *Oftalmologi. Nordisk lærebok og atlas.* John Grieg Grafisk AS, Bergen.
- Kalloniatis, M. og Luu, C. (2007) *The Organization of the Retina and Visual System. The perception of Color.* University for Utah Health Science Center.
- KMD (2008a) *Samfunnsøkonomisk analyse av krav til universell utforming av undervisningsbygg.* Kommunal og moderniseringsdepartementet, Norge.
- KMD (2008b) *Plan- og bygningsloven.* Lovdata. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_1-1?q=plan+og+bygningloven#KAPITTEL_1-1.
- KMD (2010) *Byggteknisk forskrift (TEK 10).* Oslo: Lovdata. Tilgjengelig fra: <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-489>.
- KMD (2017) *Byggteknisk forskrift.* Lovdata.no.
- Lam, W. M. C. (1977) *Perception and lighting as formgivers for architecture.* McGraw-Hill Book Company, USA.
- Matusiak, B. og Fosse, P. (2009) Daylighting/Lighting preferences for subjects with visual impairment and for subjects with normal vision, a full scale study in a room laboratory. Technical report., *Researchgate.* Tilgjengelig fra: <https://www.researchgate.net/publication/268388411>.
- Miyazawa, K. et al. (2006) *Functional spectral filter optically simulation colour discrimination property of dichromats.* Proceedings ECVF 2006. Tilgjengelig fra: <http://www.crsLtd.com/assets/Products/Variantor/Content/poster.pdf>.

- NBI (2003) 220.114 Orienterbarhet i bygninger. Visuelle oppfattelse og forståelse. <http://bks.byggforsk.no>: Norges byggforskningsinstitutt.
- Nersveen, J. (1991) *Kvalitetskriterier og helhetlig planlegging av innendørs belysningsanlegg*. Dr.ing.avhandling, Dr.ing.avhandling NTH 1991:50.
- Nersveen, J. (2012) *LYS = å se eller ikke se*. Norges blindeforbund.
- Nilsen, M. og Løvvik, N. (2014) *Landsrepresentativ telefonomnibuss - april 2014. Blindeforbundet.:* Ipsos MMI.
- Records, E. (1979) *Physiology of the Human Eye and Visual System* Herper & Row, London.
- SSB (2020) Statistisk årbok. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/>.
- Synovate (2008) *Befolkningsundersøkelse: Uhell og farlige situasjoner på grunn av bygningsmessige forhold.:* Synovate.
- Valberg, A. (1998) *Lys Syn Farge*. Tapir forlag, 7005 Trondheim.
- Weal, R. A. (1960) *The eye and its function, The Hutton Press Limited, Columbia House, Aldwych*.
- Wilhelmsen, G. B. (2003) *Å se er ikke alltid nok*. Unipub forlag.