



**Bouw**  
Van Mourik Broekmanweg 6  
Postbus 49  
2600 AA Delft

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 15 276 30 00  
F +31 15 276 30 10  
[info-BenO@tno.nl](mailto:info-BenO@tno.nl)

**TNO-rapport**

**TNO-034-UTC-201-00148**

**Inventarisatie en vastlegging van de state-of-art kennis  
over licht en ouderen**

Datum	Mei 2010
Auteur(s)	Aries, M.B.C. Vlies, R.D. van der Westerlaken, A.C.
Aantal pagina's	70
Aantal bijlagen	1
Projectnaam	Onderzoek naar en ontwikkeling van verlichtingsconcept voor ouderen
Projectnummer	034.93116

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksovereenkomsten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2010 TNO

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>4</b>
1.1	Doel van het onderzoek .....	4
1.2	Doelgroep .....	4
1.3	Opbouw van het rapport .....	4
<b>2</b>	<b>Literatuurstudie visuele en niet-visuele lichtbehoeften van ouderen .....</b>	<b>6</b>
2.1	Inleiding.....	6
2.2	Licht en het ouder wordende oog.....	6
	2.2.1 Werking van het oog.....	6
	2.2.2 Veroudering van het oog .....	7
2.3	Visuele lichtbehoeften .....	8
	2.3.1 Licht voor zicht.....	8
	2.3.2 Lichtniveaus voor het verouderde oog.....	9
	2.3.3 Kleurweergave en kleurtemperatuur van de lichtbron.....	9
	2.3.4 Contrasten en helderheidverhoudingen in de omgeving.....	10
	2.3.5 Lichtbehoeften ten behoeve van (sociale) veiligheid.....	11
2.4	Niet-visuele lichtbehoeften .....	12
	2.4.1 Niet visuele effecten van licht .....	12
	2.4.2 Positieve en negatieve effecten van niet visuele lichtprikkel.....	13
	2.4.3 Lichtniveaus en spectrale verdeling voor een niet visueel effect in de oudere mens.....	14
2.5	Conclusie .....	16
<b>3</b>	<b>Geschiktheid en mogelijkheden van bestaande en ‘nieuwe lichtbronnen’ .....</b>	<b>18</b>
3.1	Inleiding.....	18
3.2	Energiebehoefte verlichting .....	18
3.3	Bestaande verlichtingsbronnen voor binnenverlichting.....	19
	3.3.1 Gloeilampen.....	19
	3.3.2 Halogeenlampen .....	20
	3.3.3 Fluorescentielampen .....	20
	3.3.4 Compacte fluorescentielampen.....	21
3.4	“Nieuwe” lichtbronnen: Solid State verlichting.....	21
	3.4.1 Led.....	21
	3.4.2 Oleds.....	23
3.5	Conclusie .....	23
<b>4</b>	<b>Techniekacceptatie en verlichting voor ouderen.....</b>	<b>25</b>
4.1	Inleiding.....	25
4.2	Acceptatie van domotica door ouderen.....	25
	4.2.1 De techniekgeneraties en acceptatie van domotica.....	25
	4.2.2 Acceptatie van ‘residential technology’ door ouderen .....	25
4.3	Door ouderen gewenste prestaties van domotica voor bediening van verlichting .....	26
	4.3.1 Interfaces van de bediening .....	26
	4.3.2 Infrastructuur van het verlichtingssysteem .....	27
<b>5</b>	<b>Onderzoek naar en beschrijving van (gerealiseerde) voorbeeldprojecten.....</b>	<b>29</b>
5.1	Inleiding.....	29
5.2	ALADIN - project.....	29
	5.2.1 Inleiding.....	29

5.2.2	Onderzoeksopzet veldtest .....	30
5.2.3	Resultaten veldtest en aanbevelingen .....	32
5.2.4	Evaluatie Aladin-project.....	33
5.3	Lichtsysteem voor seniorenwoning 2005: een TNO-concept.....	34
5.3.1	Inleiding.....	34
5.3.2	Aanbevelingen 'lichtsysteem voor seniorenwoning 2005' .....	34
5.3.3	Evaluatie 'lichtsysteem voor seniorenwoning 2005' .....	35
5.4	Activity Light.....	36
5.4.1	Inleiding.....	36
5.4.2	Onderzoek en aanbevelingen .....	37
5.4.3	Evaluatie Activitylight.....	37
5.5	Technologie Thuis nu! .....	38
5.5.1	Inleiding.....	38
5.5.2	COPD & Mobility Woning.....	38
5.5.3	Safety & Comfort Woning.....	40
5.5.4	Evaluatie aangetroffen domotica .....	41
5.6	Advanced Energy Design Guide.....	42
5.6.1	Inleiding.....	42
5.6.2	Aanbevelingen energiebesparing en verlichting .....	42
5.6.3	Evaluatie aanbevelingen Advanced Energy Design Guide.....	43
<b>6</b>	<b>Conclusie.....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>Specificaties van een lichtconcept van een woning of elementen in kleinschalig wonen .....</b>	<b>48</b>
7.1	Inleiding.....	48
7.2	Algemene eisen.....	48
7.3	Verlichtingseisen per ruimte .....	49
7.4	Eisen met betrekking acceptatie van gebruiker.....	53
7.5	Eisen met betrekking tot energiegebruik en duurzaamheid .....	55
<b>8</b>	<b>Geraadpleegde literatuur en bronnen.....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>Ondertekening.....</b>	<b>63</b>
<b>Bijlage A Achtergronden bij in de woonomgeving geïntegreerde informatietechnologie (domotica).....</b>		<b>64</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Doel van het onderzoek

Dit onderzoek heeft als doel om de state-of-the-art vast te leggen van de beschikbare kennis en inzichten op het gebied van goede en gezonde verlichting voor senioren. Er wordt geprobeerd prestatie-indicatoren en prestatie-eisen die gesteld dienen te worden, te identificeren en te vertalen in een werkbaar lichtconcept voor de gehele woning, wat recht doet aan de eisen die gesteld worden voor optimale visuele prestaties als ook de niet-visuele lichtbehoefte van ouderen. Dit onder de randvoorwaarden van energiezuinigheid en duurzaamheid, maar ook regelbaarheid en gebruiksvriendelijkheid. De verlichting dient langer zelfstandig blijven positief te ondersteunen.

*Doelstelling:* Inventarisatie van de beschikbare informatie met betrekking tot de invloed van licht op de kwaliteit van de woonomgeving van ouderen en het identificeren van de kennislacunes. En vertaling van de kennis in prestatie-indicatoren en prestatie-eisen voor een lichtconcept voor de gehele woning.

## 1.2 Doelgroep

Dit onderzoek focust specifiek op ouderen met minimaal een indicatie verblijf in kleinschalige woonvormen en/of verpleeghuiszorg. Gelet op het zo lang als mogelijk zo zelfstandig mogelijk blijven, wordt de groep senioren in de leeftijdscategorie vanaf 65 jaar beschouwd.

De focus van dit onderzoek ligt nadrukkelijk niet op de groep senioren met een sterk ontwikkelde vorm van dementie, daar oplossingen en technologieën die bij niet dementerende ouderen positief ondersteunend werken, bij sterk dementerenden mogelijk juist tot extra angsten en onrust leiden.

## 1.3 Opbouw van het rapport

In het tweede hoofdstuk wordt de invloed van licht op de mens in het algemeen en op senioren in het bijzonder besproken, daarnaast wordt ingegaan op de visuele en niet-visuele lichtbehoefte van senioren. Hoofdstuk drie beschrijft de geschiktheid en mogelijkheden van bestaande en 'nieuwe' lichtbronnen voor toepassing in een verlichtingssysteem dat welzijn en gezondheid van ouderen optimaal ondersteund met aandacht voor de randvoorwaarden van energiezuinigheid en duurzaamheid. In het vierde hoofdstuk wordt ingegaan op de randvoorwaarden waaraan een domotica-systeem voor de bediening van verlichting moet voldoen om door oudere gebruikers begrepen en gebruikt te worden. Hoofdstuk vijf gaat in op al dan niet gerealiseerde voorbeeldprojecten op het gebied van innovatieve verlichtingssysteem voor ouderen, welke als doel hebben een positief effect op het welzijn van ouderen te bereiken. In de evaluatie van de projecten gaat de aandacht uit naar de succes- en faalfactoren in de projecten.

In het zesde hoofdstuk wordt de state-of-the-art van de beschikbare kennis en inzichten op het gebied van goede en gezonde verlichting voor senioren met aandacht voor de kennislacunes concluderend samengevat wat, gelet op de state-of-

the-art kennis en de stand van de techniek begin 2010, in hoofdstuk zeven leidt tot een set specificaties waaraan een lichtconcept in een woning of elementen in kleinschalig wonen zou moeten voldoen, om daarmee welzijn en gezondheid van ouderen optimaal te ondersteunen en met als beoogd positief effect langer zelfstandig blijven te stimuleren onder de randvoorwaarden van duurzaamheid en energiezuinigheid.

## 2 Literatuurstudie visuele en niet-visuele lichtbehoeften van ouderen

### 2.1 Inleiding

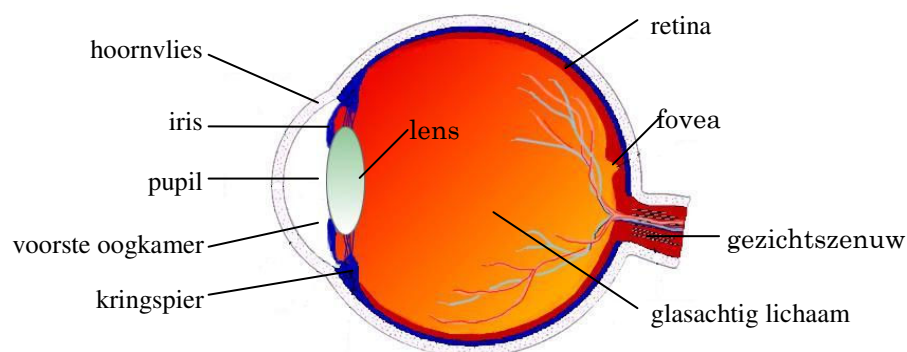
In dit hoofdstuk wordt de invloed van licht op de mens in het algemeen en op senioren in het bijzonder besproken. In paragraaf 2.2 wordt allereerst ingegaan op de werking van het oog en de gevolgen van een ouder wordend oog. In paragraaf 2.3 wordt ingegaan op de visuele lichtbehoefte van senioren uitgewerkt naar lichtniveau, lichtkleur en kleurweergave en visueel comfort gedefinieerd in helderheid en contrast. Paragraaf 2.4 gaat in op de niet-visuele lichtbehoeften van senioren, gedefinieerd in lichtniveaus en spectrale samenstelling van het licht. In paragraaf 2.5 worden de belangrijkste onderdelen uit de paragrafen 2.2 t/m 2.4 concluderend samengevat.

### 2.2 Licht en het ouder wordende oog

#### 2.2.1 Werking van het oog

Het menselijk oog (zie figuur 2.1) is een waarnemingsorgaan dat gebruik maakt van licht om een beeld door te geven naar de hersenen. Elektromagnetische straling met een golflengte tussen 380 (violet) en 780 nm (rood) is zichtbaar voor het menselijk oog. In de retina (het netvlies) bevinden zich zintuigcellen (fotoreceptoren) die het zichtbare licht opvangen en het via een fotochemische reactie omzetten in zenuwprikkels. Er zijn drie soorten fotoreceptoren: staafjes, kegeltjes en een recent ontdekte receptor. Deze laatste wordt veelal aangeduid als fotoreceptieve retinale ganglion cel (pRGCs). Kegeltjes dienen voor het dag-zien (fotopie) en concentreren zich in en rond het centrum van het netvlies; de gele vlek, met in het hart daarvan de fovea.

De staafjes dienen voor het schemer/nachtzien (scotopie) en zitten vooral in de periferie van het netvlies in een brede band rond de fovea. De pRGCs voorzien diverse niet-visuele gebieden in het brein (waaronder de biologische klok) van lichtinformatie waardoor tal van lichaamsprocessen worden aangestuurd. Gemiddeld dient ongeveer 1% van alle fotoreceptoren op het netvlies voor het doorgeven van de niet-visuele effecten van licht. Deze fotoreceptoren liggen verspreid als een netwerk over de retina. De pRGCs in het onderste deel van het netvlies zijn gevoeliger voor melatonine onderdrukking dan het bovenste gedeelte (Glickman 2003).



figuur 2.1 horizontale doorsnede van het oog

De zenuwprikkels verlaten het oog via de gezichts-zenuw en gaan via een aantal schakelstations naar de hersenen.

Licht komt het oog (figuur 2.1) binnen door het sterk gebolde hoornvlies en valt via de voorste oogkamer, de lens en het glasachtig lichaam op het netvlies. Het hoornvlies absorbeert het schadelijke deel van het licht met een golflengte kleiner dan 295 nm (gamma-, röntgen- en een deel van de UV-straling). De lens absorbeert vervolgens de overige UV-straling. Alleen het zichtbare deel van het licht wordt zo doorgelaten. Het hoornvlies zorgt voor ongeveer 70% van de breking van het licht. De ooglens zorgt voor ongeveer 30%. De sterkte van breking door de ooglens kan worden gevarieerd door samentrekking of ontspanning van de kringspier, hierdoor kan het oog zich scherpstellen ofwel accommoderen.

In het midden van de iris bevindt zich een opening: de pupil. De iris controleert de grootte van de pupil en daarmee de hoeveelheid binnenvallend licht (Chawla, 1994; Roberts; 2002).

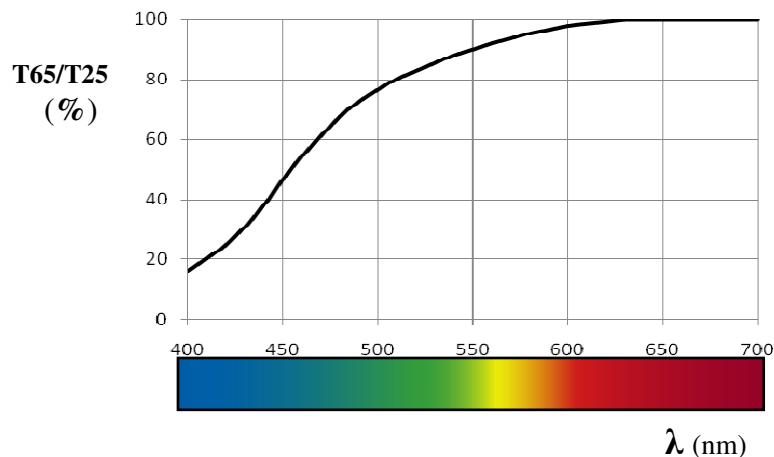
### 2.2.2 Veroudering van het oog

Door veroudering vinden er vele veranderprocessen in het oog plaats (van Putten en Zonneveldt, 2005), waaronder:

- de afname van de pupildiameter;
- de verdikking, vergeling en verstarring van de lens;
- het minder transparant worden van de lens (staar ofwel katarakt);
- het opaal (i.p.v. transparant) worden van het glasachtig lichaam;
- afname van de dichtheid van fotoreceptoren;
- de biochemische en anatomische aftakeling van het netvlies, waardoor signalen minder goed naar de hersenen doorgegeven kunnen worden;
- het waterig worden van de ogen omdat oogvocht minder goed gereguleerd kan worden

Dit alles zorgt ervoor dat het accommodatievermogen van de lens vermindert met een verhoogde kans op verstrooiing van licht in het oog waardoor er minder licht op het netvlies kan komen. Daarnaast zorgt vergeling van de ooglens voor een vermindering van de blauwe component van het licht dat op het netvlies valt.

Uiteindelijk valt er door bovengenoemde effecten van de veroudering van het oog, minder licht op het netvlies, neemt het contrast van het waargenomen beeld af, verschuift de spectrale gevoeligheid van het oog (figuur 2.2) en neemt de gezichtssterkte en het kleuronderscheidend vermogen af.



figuur 2.2 *Transmissie van het oog van 65 jarigen relatief weergegeven t.o.v. 25 jarigen,  $T_{65}/T_{25}$ , in afhankelijkheid van de golflengte van het licht (Bommel 2010)*

Hulpmiddelen kunnen de negatieve gevolgen van het ouder worden van het oog geheel of gedeeltelijk compenseren. Teruglopende visuele waarneming kan vaak voor een groot deel worden gecorrigeerd door een goede bril maar ook door het aanbieden van een verhoogd lichtniveau. Vergeling, verdikking en verstarring van de lens (als gevolg van staar), kan in veel gevallen verholpen worden door het vervangen van de ooglens door een kunstlens. De negatieve gevolgen van seniele macula degeneratie (het krijgen van ondoorzichtige vlekken in het vlies wat over de retina ligt), kunnen (grotendeels) gecompenseerd worden door het aanbieden van een verhoogd lichtniveau.

De meeste ouderen zullen de eerste grote stap voorwaarts richting een verbeterde visuele waarneming zetten door de visuele waarnemingskwaliteit van het oog te verbeteren (bril of vervanging van lens bij staar) en/of oogtaken uit te voeren bij lichtsterkten die passen bij de taak (Evans, 2003; Westerlaken 2003; Limburg et al. 2005; Aarts en Westerlaken 2005).

## 2.3 Visuele lichtbehoeften

### 2.3.1 Licht voor zicht

Licht is nodig om onze omgeving te kunnen waarnemen. Uitgangspunt hierbij is een oogtaak goed te kunnen uitvoeren (visuele prestatie) en daarnaast plezierig te kunnen zien (visueel comfort). Zogenaamde ‘functionele verlichting’ is gericht op het creëren van optimale visuele condities (van Putten en Zonneveldt, 2005). In de woonomgeving zijn er verschillende taken waarbij goed waarnemen belangrijk is. Bij taken die betrekking hebben op persoonlijke verzorging (zoals het innemen van medicatie, het kiezen van de juiste kleding), het uitvoeren van huishoudelijke taken (bijvoorbeeld schoonmaken, koken), maar ook het uitoefenen van hobby’s (bijvoorbeeld handwerken, lezen, puzzelen, TV kijken) zijn oogtaken die optimaal uitgevoerd dienen te worden. Bij traplopen en het oriënteren van de ene ruimte naar de andere ruimte in de woning hebben senioren baat bij een goede ondersteuning door verlichting. Wanneer de functionele verlichting niet in orde is komen klachten als vallen en struikelen, ongelukken bij gebruik van scherpe voorwerpen, verkeerde inname van medicijnen, hoofdpijn, vermoeidheid, prikkelende en waterige ogen voor, zeker bij oudere mensen.



### 2.3.2 *Lichtniveaus voor het verouderde oog*

De exacte hoogte van het gewenste lichtniveau volgt uit de combinatie van de fijnheid van de oogtaak en de mate van veroudering van het oog.

Volgens de internationale norm (NEN-EN 12464, 2003) is voor het verrichten van visuele taken zoals lezen en schrijven, minimaal 500 lux nodig. Voor het uitvoeren van fijne oogtaken (zoals handwerken) wordt een minimaal lichtniveau van 750 lux aanbevolen. Deze aanbevelingen gelden voor het niet verouderde oog.

Vergeleken met een 20-jarige, bereikt slechts een derde deel van het licht de retina van een 60-jarige persoon (Weale, 1963; Werner et al, 1990). Dit betekent dat deze 60-jarige een driemaal hogere lichtbehoefte heeft om gelijk een 20 jarige te kunnen waarnemen. In vergelijking met een 25-jarige heeft een 90-jarige ongeveer een factor 8 meer licht nodig (Turner et al, 2010). Turner maakt geen onderscheid tussen het al dan niet hebben van een oogziekte. Hames en Lee (2007) geven aan dat bij mensen met seniele macula degeneratie de visuele prestatie bij lezen toeneemt, wanneer het lichtniveau een factor 10 wordt verhoogd (300 naar 3000 lux). Uit een ander onderzoek blijkt dat bij mensen met seniele macula degeneratie, de beste visuele prestatie wordt geleverd bij hoge lichtniveaus (gemiddeld 3500 lux) (Evans, 2010).

Davis en Garza (2002) concludeerden na hun experimenten dat een verlichtingssterkte van boven de 1000 lux de hoogste visuele prestatie voor de oogtaak lezen leverde en het meest gewaardeerd werd door de deelnemers (62-76 jaar).

De onderzoeken in ogenschouw nemend, valt op dat het meest wordt ingegaan op een vergelijk tussen lage en hogere lichtniveaus, en dat 'fine-tuning' naar een optimum niet wordt onderzocht. De vraag is of voor de groep ouderen in zijn algemeenheid überhaupt wel een optimum kan worden gegeven. Evans (2010) geeft in zijn onderzoek aan dat in zijn algemeenheid gesteld kan worden dat visuele prestaties toenemen bij hoge lichtniveaus, maar dat de hoogte van de niveaus mede afhankelijk is van de mate van veroudering van het oog en de aanwezigheid van eventuele oogziekten. Het optimale verlichtingsniveau volgt uit persoonlijke voorkeur en beste prestatie. De veroudering van het oog verergert met het klimmen der jaren, het gewenste lichtniveau zal daarom in de tijd blijven veranderen. Dit pleit voor een regelbaar verlichtingssysteem dat wordt afgestemd op basis van persoonlijke voorkeur en beste prestatie en meegroeit met de persoon.

Om toch een orde van grootte van de gewenste lichtniveaus aan te kunnen geven, geldt dat voor ouderen vanaf circa 60 jaar minimaal drie tot achtmaal de standaard visuele lichtbehoefte (1500 lux tot 4000 lux voor oogtaak lezen) kan worden aangehouden. Eventueel dient daarnaast gecompenseerd te worden voor specifieke oogziekten.

### 2.3.3 *Kleurweergave en kleurtemperatuur van de lichtbron*

O'Conner and Davis (2005) lieten zien dat veranderingen in de verlichtingssterkte veel grotere veranderingen gaven in de prestaties en voorkeur van de betrokkenen (60 jaar en ouder) dan veranderingen in lichtbron. Ook jongeren geven aan oogtaken eenvoudiger uit te voeren en als minder inspannend te ervaren, het effect van het lichtniveau is echter kleiner. Het kleuronderscheidend vermogen bij ouderen was bij lage lichtniveaus slechter dan bij hoge lichtniveaus. Het kleuronderscheidend vermogen leek bij full-spectrum lampen gemiddeld iets hoger dan bij gewone TL-verlichting en halogeenverlichting.

De kleurtemperatuur van de lichtbron blijkt niet van invloed op de visuele prestatie, maar is wel van belang in de voorkeur voor verlichting (Davis en Garza, 2005; Oled

100.eu, 2009) Ouderen hebben vaak de voorkeur voor warm-witte (2700 K) lampen of voor verlichting die het volledig spectrum bestrijkt (Kolanowski, 1990). Volgens Kolanowski (1990) was het feit dat verlichting met een 'volledig spectrum' helderder lijkt één van de meest genoemde redenen hiervoor.

De spectrale samenstelling lijkt niet van invloed op de visuele prestatie wanneer de oogtaak lezen wordt beschouwd (Eperjesi 2007). De spectrale samenstelling en de kleurweergave is wel van invloed wanneer het van belang is kleuren goed te kunnen herkennen. Een lamp met een goede kleurweergave (Ra minimaal 85) zal het onderscheiden van kleuren positief ondersteunen, wat bij inname van medicatie maar ook het uitvoeren van handwerkzaamheden als schilderen of borduren ten gunste komt. Een lamp die is verrijkt in het kortgolfige (blauwe) gedeelte van het spectrum, zal bijdragen de vergeling van de ooglens te compenseren.

#### *2.3.4 Contrasten en helderheidverhoudingen in de omgeving*

In de experimenten van Davis and Garza (2002) is gekeken naar de voorkeur voor een zwarte achtergrond ten opzichte van een witte achtergrond. Bij een hoge verlichtingssterkte en met een uniforme lichtverdeling gaven de proefpersonen (62-76 jaar) de voorkeur aan een zwarte achtergrond. Licht dat niet direct op de taak maar op de wanden valt, wordt gereflecteerd. Bij hogere verlichtingssterkten kan dit hinderlijke schitteringen veroorzaken, zeker voor verouderde ogen. Dit effect was het grootste bij een witte wand, daarom was het niet verwonderlijk dat de zwarte achtergrond een hogere waardering kreeg in een situatie met een hoge, uniform verdeelde verlichtingssterkte (circa 1300 lux). Omdat de contrastgevoeligheid vermindert naarmate men ouder wordt, kan de zichtbaarheid van trappen, randen, hellingen en deuropeningen sterk worden verbeterd door het verhogen van contrast. Figuero et al. (2008) verhoogden het contrast van een deuropening door middel van een lijnvormige verlichting op de deurpost. De focus van de studie lag zowel op de werking van het systeem zelf alsmede de acceptatie van ouderen van een dergelijke verlichting in hun woning.

De lichtbron gaf licht maar verlichtte de omgeving nauwelijks (figuur 2) (3 lux op het oog, gezeten op de rand van het bed). De eerste resultaten laten zien dat ouderen de verlichting als prettig ervaren. De proefpersonen hadden een voorkeur voor deze verlichting in vergelijking met standaard nachtlampjes (welke in veel gevallen verblindend werken of niet toereikend zijn). Verder staan de proefpersonen enigszins stabiel op uit bed, de verlichting lijkt hierbij positief van invloed. Hierbij moet opgemerkt worden dat de onderzoeken overdag plaatshadden. De resultaten van dit onderzoek zijn gelet op het kleine aantal proefpersonen en de laboratoriumomstandigheden waarin het onderzoek is uitgevoerd, hoopgevend maar zeker nog niet als 'proven' te beschouwen. Hoe ouderen op een dergelijke omlijsting reageren wanneer ze daadwerkelijk midden in de nacht wakker worden moet uit nader onderzoek blijken.



Figuur 2.3. Nieuw verlichtingssysteem voor de ondersteuning van senioren tijdens de nacht (Figuero et al., 2008; Figuerio 2008)

Ouderen hebben meer moeite om zich aan te passen aan snel wisselende lichtintensiteiten en kunnen contrasten tussen licht en donker minder goed onderscheiden. Oudere mensen kennen een lagere tolerantie voor visueel oncomfortabele situaties. Vanwege het verschil in gevoeligheid, is verblinding een groot probleem voor ouderen (Bennett, 1977; Hughes en Neer, 1981; Wolff, 1960). Om toch een goed visueel comfort te verzekeren, moet speciale aandacht worden gegeven aan het vermijden van spiegelende oppervlakken in de leefomgeving, die kunnen leiden tot verblinding en/of de spiegelende reflecties en dienen grote overgangen in helderheden te worden voorkomen.

### 2.3.5 Lichtbehoeften ten behoeve van (sociale) veiligheid

De IESNA (1998) heeft in een aanbeveling speciaal gericht op ouderen een niveau van minimaal 300 lux voorgeschreven voor locaties in de ruimte waar verplaatsingen plaatsvinden. Bij deze lichtniveaus kunnen mensen zich in hun woning of woongebouw voortbewegen zonder bang te zijn om te vallen of te stoten. Uit de internationale norm (NEN-EN 12464, 2003) kan voor ruimten voor horizontale verplaatsingen een lichtniveau van 100 lux afgeleid worden. Voor trappen is dit 150 lux. Met referentie aan paragraaf 2.2.2 kan gesteld worden dat voor de horizontale verplaatsing het lichtniveau op de looproute minimaal 300 tot 800 lux zou moeten bedragen. Voor trappen zou het lichtniveau dan minimaal 450 tot 1200 lux moeten bedragen.

Echter, het is belangrijk dat verlichtingssterkten van verschillende ruimten met elkaar in evenwicht zijn. Omdat het verouderde visuele systeem zich niet volledig en zeker niet zelf kan aanpassen aan de gedimde omstandigheden, moeten verlichtingssterkteniveaus in overgangsruidten, zoals gangen en entrees, in balans worden gebracht met de verlichting van aangrenzende ruimten. Bij overgang van 1000 lux in de woonkamer naar 300 lux op de gang moet er dus aandacht aan lichtniveaus en luminantie-verhoudingen besteed worden (McCurdo en Gaskell, 1991). In de studie van Bakker (2004) werd geconcludeerd dat hier in de meeste bezochte woningen niet aan werd voldaan, maar de meeste bewoners toch aangaven dat hun verlichting voldoende was omdat ze na jaren hun weg hadden leren vinden. Een zelfde mening gaf het overgrote deel van de proefpersonen in de onderzoeken van Westerlaken 2003 en Aarts en Westerlaken 2005.

Uit onderzoek van Wijlhuizen et al. (2008), blijkt dat het risico op valincidenten bij ouderen tijdens de nacht (01:00 – 06:00 uur) bijna 8 maal hoger is dan in de ochtendperiode (07:00 – 12:00 uur). Uit studies blijkt dat een hoger lichtniveau positief van invloed is op de looppas en het vertrouwen waarmee ouderen lopen (Helbostad et al., 2009; Kesler et al, 2005; Kim, 2008). Uit deze onderzoeken blijken ook overige factoren (visus, verlichting gecombineerd met een akoestisch signaal) van invloed op de looppas. Een directe relatie tussen de hoogte van het lichtniveau op het looppad en het aantal valincidenten tijdens de dag en/of tijdens de nachtelijke uren is in dit literatuuronderzoek niet gevonden. Ook de wenselijke lichtniveaus op de looproute tijdens de nachtelijke uren worden niet inzichtelijk. Wel geven Figueiro en Rea, (2005) aan dat in de nachtelijke uren een goede nachtverlichting bijdraagt aan het gemakkelijk voortbewegen door de woning. Het spectrum van deze nachtverlichting dient wel in overeenstemming te zijn met de niet-visuele lichtbehoeften van mensen wat betekent dat er nauwelijks tot geen blauw (kortgolvig) licht in het spectrum dient te zitten.

Verlichting op straat en in de omgeving van de woning vergroot het gevoel van veiligheid. Belangrijk is, dat er verlichting aanwezig is; een lichtzee is zeker niet nodig, ook bij een laag lichtniveau voelt men zich veilig. Het lichtniveau moet zodanig zijn dat gezichten van voetgangers in de omgeving van de woning duidelijk te onderscheiden zijn. Dit geldt ook voor de verlichting bij de voordeur. Door het raam of door het kijkgaatje van de voordeur moet het gezicht van de bezoeker voor de deur goed te zien zijn. Straatverlichting dient echter niet zodanig in de woning te schijnen dat deze het dag- en nachtritme van bewoner in de avonduren of 's nachts verstoort. Indien dit toch het geval dreigt te zijn, is goede raamverduistering (bijvoorbeeld gordijnen) noodzakelijk.

## **2.4 Niet-visuele lichtbehoeften**

### *2.4.1 Niet visuele effecten van licht*

Behalve een visuele functie (door prikkeling van staafjes en kegeltjes op het netvlies) heeft het oog ook een niet-visuele functie. Licht dat op het oog valt (oculair licht), zorgt er niet alleen voor dat mensen kunnen zien, maar helpt ook bij de aansturing van verschillende lichaamsprocessen.

Een kleine kern in de hersenen, de suprachiasmatische nucleus (SCN), vormt de biologische klok van het brein. Het circadiane ritme duurt iets langer dan 24 uur, licht en donker zijn de belangrijkste stimuli om de biologische klok te synchroniseren aan de 24- uurs ritmiek van de aarde (oa Czeisler et al, 1986; Berson, 2002 en 2003). Ochtendmensen kunnen hun biologische klok wat naar voren verschuiven door zich 's avonds bloot te stellen aan licht, avondmensen kunnen hun klok juist wat naar achter schuiven door zich in de ochtend bloot te stellen aan licht (Sloane et al, 2007).

Aansturing van de SCN gebeurt door prikkeling van de zogenaamde lichtgevoelige non-rod non-cone cellen: pRGCs, deze cellen zijn het meest gevoelig voor kortgolvig (blauw) licht, met een golflengte die ligt tussen 460 en 500 nm. Evolutionair gezien lijkt dit te kunnen worden verklaard: de mens leefde veelal buiten en werd daarom ook frequent en langdurig blootgesteld aan hoge doses daglicht, wat een dominante component in het blauwe gedeelte (477 nm) in het spectrum heeft.

De biologische klok stuurt vele processen in het lichaam aan die een circadiaan (dag/nacht) ritme hebben. Voorbeelden van processen zijn hormoonspiegels,

lichaamstemperatuur, alertheid, urineproductie en -samenstelling, slaap/waak ritme, stemming, prestatie, etc. (Campbell et al., 1995; Someren en Riemersma-van der Lek, 2007; Lockely, 2009). Vooral de slaap/waak cyclus is gevoelig voor licht; blootstelling aan licht zorgt voor onderdrukking van het slaaphormoon melatonine.

Om te komen tot de definitie van het licht wat voor het grootste biologische effect zorgt, wordt over het algemeen de mate van melatonine-onderdrukking als indicator gebruikt. Melatonine-onderdrukking vindt plaats wanneer men wordt blootgesteld aan een hoge dosis helder licht (Turner et al, 2010) of aan een lage dosis blauw licht (Brainard et al, 2001; Thapan et al, 2001; Berson, 2003). Bij blootstelling aan (zon)licht, zorgt de aanmaak van het hormoon cortisol voor verhoging van de lichaamstemperatuur, verbetering van stemming en vitaliteit (reviewed in Turner et al, 2010). In de avond (of wanneer de lichtprikkel wordt weggenomen) wordt de productie van het slaaphormoon melatonine gestimuleerd, wat leidt tot verminderde alertheid, verhoogde slaperigheid en verlaagde lichaamstemperatuur.

Recente inzichten (Veitch 2005; Figuero et al, 2009; Laufer, 2010; Plitnick, 2010) pleiten voor nog andere mechanismen dan de SCN (en melatonine) en/of de pRGCs die niet visuele effecten teweeg brengen. Wanneer blauw licht wordt toegediend in perioden dat het melatonineniveau in het lichaam al op het laagste punt zit (in de middag), worden nog steeds effecten gemeten. Maar ook bij blootstelling aan langgolvig (rood) licht in de nacht worden lichaamprocessen op gang gebracht, die in de regel aan melatonine-onderdrukking worden toegeschreven. Brainard (2007) geeft aan dat hoewel de non-visuele effecten van licht vooral door prikkeling van pRGCs plaats lijken te hebben, de staaf- en kegelvormige fotoreceptoren ook een rol lijken te hebben in het regelen van de circadiane aansturing.

#### 2.4.2 *Positieve en negatieve effecten van niet visuele lichtprikkels*

De niet-visuele lichtprikkels kunnen een lange en korte termijn effect hebben (Putten en Zonnveldt, 2005):

- Korte termijn: door directe hersenstimulatie en onderdrukking van het slaaphormoon melatonine kan gedurende enkele uren de alertheid verhoogd en de slaperigheid verminderd worden (bijvoorbeeld Brainard et al., 1988; McIntyre et al., 1989). Dit is een effect dat vergelijkbaar is met bijvoorbeeld de cafeïne - stimulans na het drinken van koffie.
- Lange termijn: door adequate regelmatige, dagelijkse blootstelling aan voldoende (dag)licht wordt de biologische klok gesynchroniseerd met het 24-uurs dag- en nachtritme van de aarde. Dit komt ten goede aan de prestatie, het slaap/waak ritme of meer algemeen, het gehele welzijn en de gezondheid. Een eerdere blootstelling laat dus op langere termijn nog effect zien (bijvoorbeeld Jasser et al., 2006; Wright Jr et al., 2005).

Bovenstaande effecten van niet-visuele lichtprikkels kunnen als positieve effecten worden gezien. Onbekend is tot op heden of er ook negatieve effecten te koppelen zijn aan de niet-visuele processen van blootstelling aan licht. Vanuit de behandeling van Seasonal Effective Disorders is bekend dat blootstelling aan helder wit licht, eventueel verrijkt in het blauwe spectrum, mensen met manische neiging, mensen met een overgevoeligheid voor licht en mensen met een beschadigd netvlies wordt afgeraden (Boyce, 2006). Daarnaast wordt onderdrukking van de anti-oxidant melatonine in de nachtelijk uren in verband gebracht met het (katalyseren van het) ontstaan van kanker (Figuero et al, 2006)

Bij niet-visuele processen spelen verschillende verlichtingsparameters een belangrijke rol (Górnicka, 2008). Zijn voor de visuele lichtbehoeften 'lichtniveau', 'spectrum' en 'ruimtelijke verdeling' belangrijk; voor de niet-visuele lichtbehoeften kunnen daar 'dosis', 'blootstellingsduur', 'timing' en 'voorgaande blootstelling' nog aan toegevoegd worden.

#### 2.4.3 *Lichtniveaus en spectrale verdeling voor een niet visueel effect in de oudere mens*

Zowel voor jongeren als voor ouderen is er nog geen specifiek verlichtingsniveau en 'actiespectrum' bekend waaraan de verlichting moet voldoen om niet-visuele processen te prikkelen. Wel is bekend dat het 'actiespectrum' niet gelijk is aan dat van het spectrum voor scotopisch en fotopisch zien (Brainard et al 2001).

Uit onderzoek blijkt dat jongere personen met een leeftijd van circa 25 jaar oud, de biologische klok bij gebrek aan voldoende prikkel, vrij gaat lopen bij een lichtniveau dat lager is dan 80 lux. Bij astronauten (leeftijd 37-46) ging de biologische klok vrijlopen bij de typische lichtcondities (80 lux) die voorkomen in een space-shuttle. Bij volwassenen met een leeftijd lager dan 35 jaar, blijkt melatonine niet meer onderdrukt te worden wanneer ze voor 3 uur aan een lichtniveau lager dan 200 lux worden blootgesteld (behandeld in Turner et al, 2009). Op basis van deze onderzoeken stelt Turner et al (2009), dat bij volwassenen met een leeftijd van 25-35 jaar met wit licht met een niveau van 80-200 lux op het oog de niet-visuele processen niet worden geprikkeld. Gelet op de veroudering van het oog, zou dit inhouden dat dit voor ouderen met een leeftijd van respectievelijk 65, 75, 85 en 95 jaar een lichtniveau van respectievelijk 256-640, 400-1000, 536-1340, 656-1640 lux niet voldoende is om niet-visuele processen te stimuleren. De exacte lichtniveaus waarbij dit wel plaatsheeft zijn niet bekend.

Vooralsnog is het onbekend of de grootheid lux, die wordt gebruikt om lichtniveaus met betrekking tot de visuele functie van het oog aan te duiden, wel geschikt is om het benodigde lichtniveau voor de niet-visuele functie van het oog aan te duiden (Turner et al, 2009; Veitch, 2005). Daarbij komt dat vooralsnog ook onbekend is of de extra lichtbehoefte, die nodig is om de visuele prestatie van het verouderde oog gelijkwaardig te laten zijn aan de visuele prestatie van het niet verouderd oog, representatief is om de veelvoud van licht aan te duiden die nodig is om de non-visuele effecten via het verouderde oog te bewerkstelligen.

Momenteel wordt voor de werkomgeving een niveau van rond de 1000 lux aangenomen voor het bewerkstelligen van non-visuele effecten bij niet verouderde ogen (NSVV, 2003).

De timing van de blootstelling aan licht speelt zoals gezegd een belangrijke rol. Blootstelling aan licht voor het circadiane minimum (rond 3:00 in de nacht) kan een faseverschuiving van het dag/nacht ritme betekenen. Ouderen die overdag te weinig en 's nachts te veel licht krijgen, kunnen dergelijke verstoringen ondervinden waardoor ze overdag in slaap dommelen en 's nachts klaarwakker zijn. Vooral ouderen en ouderen met dementie ondervinden veelvuldig verstoringen in hun circadiane lichaamsprocessen (bijv. Figuerio, 2008; Figuerio et al., 2008; Hoof et al., 2009a; Hoof et al., 2009b). Uit een eerste studie bij Alzheimer-patiënten bleek dat weinig lichamelijke activiteit en een lage blootstelling aan helder omgevingslicht de twee belangrijkste voorspellers voor het optreden van circadiane stoornissen bij ouderen waren (o.a. Someren et al., 1997).

In de Cochrane review (Forbes, 2009) worden Randomised Controlled Trials beschouwd die het effect van licht op dementerende senioren onderzoeken. Het gewenste licht wordt in deze onderzoeken toegediend via aan het plafond geïnstalleerde lichtbronnen, op tafel geplaatste lichtboxen of lichtbrillen. In totaal voldoen 8 onderzoeken aan de criteria van de review. Er wordt niet aangegeven of omgevingsparameters als temperatuur of luchtsnelheid onderdeel uitmaakten van de selectiecriteria. De onderzoekers concluderen dat het beschouwde onderzoek geen bewijs levert dat licht een positief effect heeft op gezondheid en welzijn van dementerende ouderen. Het effect is onderzocht voor de aspecten cognitieve verstoring, verstoring van het slaap/ waakritme (in slaap komen, totale slaapduur, nachtelijke onrust), functionele verstoringen, gedragstoringen, psychiatrische verstoringen, depressie. Met betrekking tot het punt van depressie toonde 1 onderzoek dat juist het achterwege laten van een lichtpuls van helder wit licht aan het einde van de middag een klein positief effect op gevoelens van depressie had.

Wanneer clinical trials worden beschouwd, zijn er wel onderzoeken te vinden die positieve effecten van licht op voornamelijk slaap- en waakritme in ouderen met dementie aantonen.

Van Someren (1997) toont aan dat bij het toedienen van licht met een relatief hoog niveau (meer dan 1100 - 2190 lux ), aangeboden over de periode dat de bewoner in de gezamenlijke ruimte verblijft, resulteert in een verbeterd slaap-waakritme voor die personen met een intacte visus. Sloane et al (2007) geeft aan dat een lichtniveau van ongeveer 2500 lux gedurende 2,5 tot drie uur in de ochtend of toegediend over de gehele dag, de slaap gedurende de nacht verlengt met circa 15 minuten. Zowel Sloane als Van Someren, geven niet aan of omgevingsparameters als temperatuur of luchtsnelheid werden gecontroleerd en/of beschrijven de specificaties van de toegepaste verlichting en de bijdrage van daglicht niet of nauwelijks. Hierdoor wordt een bepaalde mate van onzekerheid ingebracht over of de gevonden resultaten wel daadwerkelijk zijn toe te schrijven aan de verlichting of dat dit geadresseerd moet worden aan overige omgevingsparameters.

Van Hoof (2008) nam de invloed van omgevingsparameters wel mee in de setup van zijn onderzoek, ook de verlichting werd beschreven. Uit het onderzoek blijkt dat bij blootstelling aan koel wit licht (6500 K) gedurende de dag, de onrust significant afnam. De groep personen die bloot werd gesteld aan warm wit licht (2700 K) van een zelfde lichtniveau (horizontaal gemeten op tafel, circa 1800 lux) vertoonde dit gedrag niet. Tevens lijkt de verlichting een positief effect te hebben op de amplitude van het circadiane ritme. De auteur merkt op dat alle testpersonen in de onderzoeksperiode vrijwel dagelijks voor een langere periode naar buiten gingen en daar dan blootgesteld werden aan hoge temperaturen en lichtniveaus, die hoger zijn als gevolg van de kunstverlichting. Het onderzoek had plaats in de lente en het voorjaar.

Van Hoof neemt omgevingsparameters ook mee in een onderzoek (2009b), waarin het effect van langdurige blootstelling aan relatief lage lichtniveaus met een hoge kleurtemperatuur (17000 K) en lage kleurtemperatuur (2700 K) wordt onderzocht. Uit het onderzoek blijkt dat bij blootstelling aan licht met een geïnstalleerde hoge kleurtemperatuur (17000 K volgens de specificaties van de lichtbron) de kleurtemperatuur van het kunstlicht op ooghoogte veel lager is. Voor beide interventies wordt geen significant effect gemeten in gedrag en in lichaams(oor)temperatuur. Deze uitkomst pleit voor hoge lichtniveaus in plaats van variatie in kleurtemperatuur als de prikkel om niet visuele effecten te bewerkstelligen. De resultaten van het onderzoek geven zelfs aanleiding te stellen dat voor sommige personen met dementie een hoge

kleurtemperatuur van verlichting een negatief effect zouden kunnen hebben op het gedrag en/of het welbevinden.

Ook de onderzoeken van Riemersma-Van der Lek (Riemersma et al., 2005; Riemersma 2007, Riemersma et al., 2008) laten hoopvolle resultaten zien met betrekking tot licht en het effect op cognitieve functie, slaap, gedrag, duizeligheid en hoofdpijn voor mensen met dementie. Riemersma heeft in haar onderzoek durende lange tijd (>1,5 jaar) een grote groep proefpersonen onderzocht. De onderzoeksgroep werd gedurende de gehele dag blootgesteld aan helder wit licht waarbij een sterkte van 1000 lux op het oog werd beoogd, maar niet altijd werd gehaald. De controlegroep werd blootgesteld aan wit licht met een sterkte van 300 lux. Het onderzoek beschrijft daarnaast de toegepaste kunstverlichting en de beoogde blootstellingsduur. Exacte blootstellingsduur aan de verlichting is niet inzichtelijk daar de lichtsterkten die op het oog vielen niet continu gemonitord werden en proefpersonen sowieso niet altijd gedurende de hele dag in de ruimte verbleven waar de lichtprikkel werd gegeven. Eventuele controle van overige omgevingsparameters wordt niet inzichtelijk.

Grootschalige onderzoeken naar niet-visuele effecten van licht op ouderen die niet zijn gediagnosticeerd met dementie zijn in het kader van dit literatuuronderzoek niet gevonden. Wel laat een veldstudie van Aarts et al (2006) onder zelfstandig wonende, mobiele senioren zien dat er een relatie bestaat tussen een hogere slaapefficiëntie (de daadwerkelijke slaap gedurende de periode dat men in bed ligt) en de blootstellingsduur aan hoge lichtniveaus. De slaapefficiëntie verbeterde wanneer men overdag gedurende langere tijd was blootgesteld aan hoge lichtniveaus (meer dan 1000 lux, gemeten op de pols). Ook het aantal dutjes overdag was minder. Er bleek geen verschil in slaapefficiëntie en dutjes overdag tussen de zomer- en de wintersituatie. De data laat een behoorlijke spreiding in het resultaat zien, differentiatie naar leeftijd en kwaliteit van het oog wordt niet gepresenteerd.

## 2.5 Conclusie

De veroudering van het oog verergert met het klimmen der jaren, het gewenste lichtniveau zal daarom in de tijd blijven veranderen. Dit pleit voor een regelbaar verlichtingssysteem dat wordt afgestemd op persoonlijke voorkeur en beste prestatie en meegroeit met de persoon. Om een orde van grootte van de gewenste lichtniveaus aan te kunnen geven, geldt dat voor ouderen vanaf circa 60 jaar minimaal drie tot achtmaal de standaard visuele lichtbehoefte zoals gedefinieerd in NEN-EN 12464 (1500 lux tot 4000 lux voor oogtaak lezen) zou moeten worden geadviseerd. Eventueel dient daarnaast gecompenseerd te worden voor specifieke oogziekten. Licht is van invloed op de looppas en het vertrouwen waarmee men loopt, een directe relatie tussen valincidenten en het verlichtingsniveau op de looproute overdag en tijdens de nachtelijke uren is niet gevonden. Tot op heden is daarom niet bekend welke eisen er tijdens de nachtelijke uren (wanneer men wilt voorkomen dat de slaap/waakcyclus onnodig wordt verstoord) aan het verlichtingsniveau op de looproute gesteld moeten worden, dit zal uit nader onderzoek moeten blijken.

Ouderen hebben vaak de voorkeur voor warm-witte verlichting. Een lamp met een goede kleurweergave (Ra minimaal 85) zal het onderscheiden van kleuren positief ondersteunen, wat bij inname van medicatie maar ook het uitvoeren van handwerkzaamheden als schilderen of borduren ten gunste komt. Een lamp die is



verrijkt in het kortgolvlige (blauwe) gedeelte van het spectrum, zal bijdragen de vergeling van de ooglenzen te compenseren.

De onderzoeken naar niet-visuele effecten van licht op senioren die zijn gediagnosticeerd met dementie, tonen hoopvolle resultaten voor het bewijs van een daadwerkelijk effect van verlichting. In de onderzoeken waar een effect is gemeten, varieert het lichtniveau, de lichtkleur en de blootstelling aan het kunstlicht. De bijdrage van daglicht wordt in geen van de onderzoeken gekwantificeerd. Voor dementerenden lijkt wit licht van een bepaalde lichtkleur (blauwig) en niveau, gedoseerd gedurende minimaal een aantal uur in de ochtend of de gehele dag positief van invloed te zijn op het slaap- en waakritme, welzijn en gezondheid. In de onderzoeken was aanpassing aan eventuele persoonlijke voorkeuren niet mogelijk, waardoor 'fine-tuning' naar de optimale verlichtingsspecificaties nog niet inzichtelijk is. Het literatuuronderzoek heeft geen redenen aan het licht gebracht waarop geconcludeerd zou kunnen worden dat de effecten niet voor niet dementerende ouderen zouden gelden, het is echter de vraag of de mate van effect te vertalen is. Tot op heden is niet bekend welke eisen er precies aan het verlichtingsniveau (al dan niet uitgedrukt in lux), actiespectrum, tijdsduur en tijdstip gesteld worden. Of, en zo ja hoe, deze eisen moeten 'meegroeien' met het verouderende oog, zal uit nader onderzoek moeten blijken.

## 3 Geschiktheid en mogelijkheden van bestaande en ‘nieuwe lichtbronnen’

### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de geschiktheid en mogelijkheden van bestaande en ‘nieuwe’ lichtbronnen voor toepassing in een verlichtingssysteem dat welzijn en gezondheid van ouderen optimaal ondersteunt. De eerste paragraaf behandelt de energiebehoefte van de huidige verlichtingssystemen in relatie tot de randvoorwaarde ‘energiezuinig’. Paragraaf 3.3 gaat in op de geschiktheid en mogelijkheid van de bestaande lichtbronnen, waarbij lampkarakteristieken als lichtopbrengst, rendement, lichtkleur, kleurweergave en levensduur worden besproken. Paragraaf 3.4 bespreekt de karakteristieken van led en oledverlichting in termen van lichtopbrengst, rendement, lichtkleur, kleurweergave en levensduur, waarmee wordt ingegaan op de geschiktheid en mogelijkheden van solid state verlichting. In de laatste paragraaf wordt concluderend ingegaan op de vraag welke lichtbronnen op een energiezuinige en duurzame manier invulling kunnen geven aan de verlichtingseisen die worden gesteld aan een verlichting die gezondheid en welzijn van ouderen optimaal ondersteunt.

### 3.2 Energiebehoefte verlichting

Voor verlichting wordt wereldwijd jaarlijks circa 2000 TWh aan elektrische energie verbruikt wat gepaard gaat met de uitstoot van  $900 \cdot 10^6$  ton CO<sub>2</sub>. In Europa wordt circa 17% van de het energiegebruik aangewend voor verlichting. Het overgrote deel daarvan gaat naar utiliteitsbouw en woonhuizen. Een Amerikaanse studie ( UsDoE, 2009) geeft aan dat voor woonhuizen 12% van het totale energiegebruik voor verlichting wordt aangewend, Bladh en Krantz (2008) geven aan dat in Zweedse huishoudens ongeveer 23% van het totale energiegebruik van een huishouden wordt aangewend voor het verlichten van de woning.

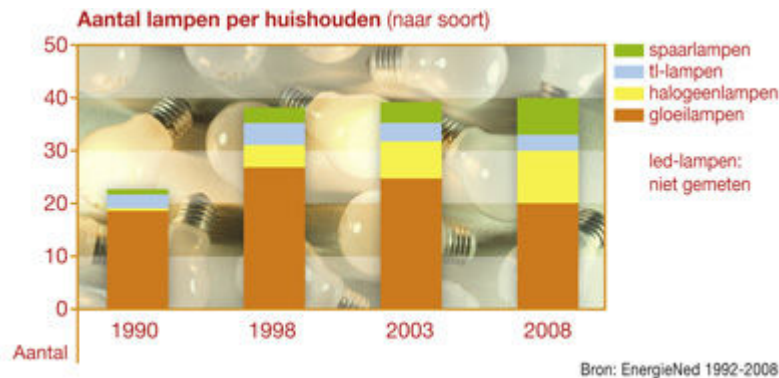
Het aandeel energie voor verlichting in Nederlandse huishoudens zal tussen deze waarden liggen. Het terugbrengen van het energiegebruik door het toepassen van een meer energiezuinige verlichting, zal naast een kostenbesparing ook de CO<sub>2</sub> -uitstoot beperken. Dit laatste draagt positief bij aan de realisatie van de Europese klimaatdoelstellingen van 20% CO<sub>2</sub>-reductie in 2020. Om de klimaatdoelstelling te kunnen realiseren, zal van overheidswege vanaf 2012 een verbod op de verkoop van gloeilampen gelden. Sinds 2009 wordt de gloeilamp daarom gefaseerd uit productie genomen.

De efficiëntie van de toegepaste lichtbronnen (uitgedrukt in lumen/Watt) is in huishoudens veel lager dan in de commerciële sector of openbare verlichting (gemiddeld circa 21,5 lm/W versus respectievelijk 52,7 lm/W en 73 lm/W) (Smets en Wessler, 2008). Bij de twee takken met de lichtbronnen met het hoogste rendement, (openbare verlichting en industriële verlichting) speelt levensduur van de lamp en de Total Cost of Ownership een belangrijke rol: vaak zijn de kosten die het vervangen van een lamp met zich mee brengt hoger dan de prijs van de lamp. Ook in kantoorverlichting is dit het geval. TL verlichting is nog steeds de meest energie-efficiënte verlichting die momenteel wordt toegepast.

Smets en Wessler (2008) geven ook aan dat de keuze voor verlichting in woningen wordt gemaakt op basis van initiële kosten van de lampen. Total Cost of Ownership

speelt bij de keuze van een lamp voor thuis geen of nauwelijks een rol. Wel speelt lichtkleur en kleurweergave een rol. Dit verklaart waarom de meeste lampen nog steeds zijn voorzien van technologie die geschikt is voor gloeilampen (Edisonfitting) of halogeenverlichting.

Door het toepassen van halogeenverlichting in plaats van gloeilampen, kan een energiebesparing van 30% worden behaald. Echter, wanneer wordt overgestapt op compacte fluorescentie lampen (spaarlamp) of op ledverlichting, kan ten opzichte van het energiegebruik van gloeilampen een besparing van 80% worden bereikt.



figuur 3.1 verdeling lampen in huishoudens (bron [www.milieucentraal.nl](http://www.milieucentraal.nl))

Een inventarisatie van milieucentraal in figuur 3.1 laat zien dat in Nederlandse huishoudens de gloeilamp nog de meest voorkomende lamp is, maar dat er een stijgende trend in het gebruik van spaarlampen is te zien. Het gebruik van led-lampen is in dit onderzoek niet meegenomen.

Vraag is of figuur 3.1 een eerlijk beeld geeft van het kunstlichtgebruik door ouderen. Uit onderzoek (Aarts en Westerlaken 2005, Westerlaken 2003) blijkt dat het gebruik van kunstverlichting overdag wordt beschouwd als verspilling van energie, getuige de volgende uitspraken: “Met licht moet je niet knoeien”, “Overdag doe je geen licht aan, dat is onzin” of “Als er niemand naar kijkt, dan hoeft het ook niet te branden”.

### 3.3 Bestaande verlichtingsbronnen voor binnenverlichting

#### 3.3.1 Gloeilampen

De oudste en in gebouwen veel toegepaste elektrische lichtbron is de gloeilamp. Deze lichtbron is eenvoudig van constructie, relatief goedkoop, heeft een zeer goede kleurweergave en kan rechtstreeks op het openbare elektriciteitsnet worden aangesloten. Dit lamptype

is ook relatief eenvoudig en goedkoop te dimmen. Het dimmen van de lamp heeft tot gevolg dat de kleurtemperatuur lager wordt (de kleur wordt geler ofwel warmer).

Nadelen zijn het relatief lage rendement en korte levensduur. Door de lage kleurtemperatuur zijn ze ook niet geschikt voor ruimten waarin een hoog verlichtingsniveau is vereist. Het lamprendement varieert van circa 8 tot 21,5 lm/W. De kleurtemperatuur van de lamp bedraagt gemiddeld 2800 K, wat een levensduur geeft van circa 1000 branduren. Het uitgestraalde licht is wat gelig ofwel warmwit. De

straling die wordt uitgezonden omvat het gehele zichtbare spectrum, waardoor de kleurweergaveindex Ra met een waarde van 100 hoog is.

### 3.3.2 *Halogeenlampen*

Halogeenlampen zijn in principe gloeilampen, waarbij verdamping van de gloeidraad wordt tegengegaan door de ballon te vullen met een inert gas onder hoge druk. Door toevoeging van halogenen aan het vulgas, verbetert een aantal eigenschappen met als gevolg dat een hoger rendement (ongeveer 10 tot 20%) wordt gerealiseerd. Daarbij wordt de kleurtemperatuur hoger (circa 3000 K).

Het rendement van de standaard halogeenlamp ligt op ongeveer 7 tot 24 lm/W. De lichtopbrengst is gedurende de gehele levensduur ongeveer gelijk. De levensduur bedraagt bij dit rendement circa 1000 tot 2500 branduren. Voor laagspannings halogenen is een transformator nodig, het lamprendement bedraagt circa 12,5 tot 21,5 lm/W. De levensduur bedraagt circa 2000 tot (afhankelijk van het type) 10000 branduur. Bij HalogenInfraRed (HIR) technologie, zorgt een ingebouwde reflector voor een hoger rendement, tot wel 40 lm/W.

Het dimmen van halogeenlampen is technisch mogelijk, maar onder een bepaald punt zal de lamp zich hetzelfde als een gloeilamp gedragen. Dan zal door onder andere het zwart worden van de ballon de lamp sterk degenereren. Daarom wordt het langdurig dimmen van halogeenlampen over het algemeen afgeraden.

De kleurtemperatuur van de lamp varieert tussen circa 2800 en 3200 K, het uitgestraalde licht is gemiddeld wat koeler ofwel witter dan bij gloeilampen. De straling die wordt uitgezonden omvat het gehele zichtbare spectrum, waardoor de kleurweergaveindex Ra met een waarde van 100 hoog is. Levensduur van een halogeen lamp bedraagt gemiddeld 1000 - 2000 branduren.

In het kortgolfige spectrum, zendt de lamp minder licht uit dan in het langgolfige spectrum.

### 3.3.3 *Fluorescentielampen*

Standaard fluorescentielampen zijn opgebouwd uit een glazen buis, die aan de uiteinden is voorzien van elektrisch verhitte elektroden in de vorm van een gloeidraad. De buis is gevuld met een of meer edelgassen en kwikdamp en aan de binnenzijde voorzien van zogenaamde fluorescentiepoeders. De toegepaste fluorescentiepoeders zijn bepalend voor de kleurweergave-eigenschappen, maar tevens voor het lamprendement. Bij een zeer goede kleurweergave is het lamprendement in de regel lager. De kleurtemperatuur varieert van 2700 K tot 6500 K voor de standaard fluorescentielampen.

Het lamprendement van de standaarduitvoeringen (kleurweergave tussen 80 en 96) is voor lampen met een diameter van 26 mm (T8) tot circa 90 lm/W, een en ander afhankelijk van het lampvermogen en bij toepassing van een elektronisch voorschakelapparaat.

Bij gebruik van conventionele, draadgewonden voorschakelapparaten ligt het rendement zo'n 20% lager. Voor de nieuwere uitvoering met een diameter van 16 mm (T5) ligt het lamprendement circa 95 lm/W.

Als nadeel van dit type lampen dient te worden genoemd, dat de lichtstroom afhankelijk van de uitvoering in meer of mindere mate afhankelijk is van de omgevingstemperatuur. Zowel in een koude als in een zeer warme omgeving zullen de standaarduitvoeringen beduidend minder licht geven. Ook bij luchtafvoer via verlichtingsarmaturen moet hiermee rekening worden gehouden.

De lampen zijn te dimmen van ca. 4 tot 100%. Hierbij verandert de kleurtemperatuur echter niet zoals bij gloeilampen. Er worden ook zogenaamde Eco-uitvoeringen op de markt gebracht, die 10% minder energie opnemen. De lichtstroom is echter ook circa 10% lager.

De levensduur van dit type lampen is aanmerkelijk langer dan die van gloeilampen en halogeenlampen. Voor fluorescentielampen in combinatie met een conventioneel voorschakelapparaat bedraagt de levensduur 8000 uur. Voor standaard T5-uitvoeringen met een elektronisch voorschakelapparaat bedraagt de levensduur circa 14.500 uur. Er bestaan echter ook zogenaamde long life uitvoeringen, die zelfs een levensduur van 35.000 uur hebben. Het spectrum waarin de TL-verlichting licht uitzendt varieert, is vaak wat 'piekerig', waardoor de kleurweergave niet bijzonder hoog is. De zogenaamde full-spectrum lampen zenden meer gelijkmatig uit in het volledige zichtbare spectrum, waarmee een hogere kleurweergave wordt bereikt.

### 3.3.4 *Compacte fluorescentielampen*

In principe komt de werking van compacte fluorescentielampen overeen met die van de hiervoor beschreven buisvormige fluorescentielampen. De buis is hierbij echter opgedeeld in kortere buisjes, die in open verbinding met elkaar staan. Hierdoor kan de lengte bij een overeenkomstig vermogen veel korter blijven en kunnen ze in compactere armaturen worden toegepast. De lampen worden tegenwoordig meest uitgevoerd met een geïntegreerd elektronisch voorschakelapparaat en een schroeffitting, waardoor deze als vervanger van gloeilampen in de bestaande armaturen toegepast kan worden. Het lamprendement varieert van circa 30 tot circa 87 lm/W, een en ander weer afhankelijk van vermogen en uitvoeringsvorm. De te behalen kleurweergave ligt tussen de 85 en 95. De lampen zijn verkrijgbaar in een warmwitte lichtkleur tot een daglichtwitte kleur: 2700 K tot 5000 Kelvin.

De levensduur van deze lampen is in sterke mate afhankelijk van de uitvoeringsvorm. Gemiddeld ligt de levensduur tussen de 8.000 tot 12.000 branduren.

Een aantal uitvoeringen is geschikt om te dimmen. De ondergrens van het lichtniveau wat bereikt kan worden hangt echter af van het type.

## 3.4 “Nieuwe” lichtbronnen: Solid State verlichting

Met de term Solid State verlichting wordt de verlichting aangeduid waarbij men gebruik maakt van leds of oleds als bron van verlichting in plaats van gloeidraden of gasverlichting. De term solid state refereert aan het feit dat gebruik wordt gemaakt van een vast materiaal (halfgeleider) in plaats van een vacuüm of gasbuis.

### 3.4.1 *Led*

Het licht dat wordt uitgestraald door een licht emitterende diode (led) is over het algemeen monochromatisch (licht dat uit één golflengte bestaat). Wit licht is het licht dat ontstaat als alle kleuren uit het spectrum globaal in gelijke mate aanwezig zijn.

Om met behulp van leds wit licht te creëren, bestaan er twee technieken; door het licht van drie (of) meer monochromatische leds te mixen of door de golflengte van het door de led uitgestraalde licht te modificeren (SSLS, 2010).

### Mengen van verschillende kleuren licht

In het eerste geval worden leds die in verschillende golflengten rood, groen en blauw (RGB) licht uitstralen opgemengd, dusdanig dat het volgens het RGB-systeem van het menselijke oog als wit licht wordt ervaren. Met de huidige stand van de techniek, zijn efficiënte groene en gele leds nog niet te produceren. Daarnaast heeft als gevolg van veroudering een geleidelijke degradatie van de led plaats, voor de verschillende gekleurde leds heeft dit in een verschillend tempo plaats. Dit heeft tot gevolg dat de kleurbalans en de kleurweergave van de 'multiled' in de tijd negatief wordt beïnvloed. Het opmengen van de kleuren tot wit licht wat op de oogtaak moet vallen, is afhankelijk van de afstand van de lichtbron tot de oogtaak niet altijd goed mogelijk. Als laatste neemt het rendement van de verschillende gekleurde leds in een verschillend tempo af wanneer ze op maximaal vermogen moeten functioneren, dit is een gevolg van de warmteontwikkeling die ontstaat wanneer relatief veel vermogen geconcentreerd is op een relatief klein oppervlak.

### Modificatie van het uitgestraalde licht.

Door het licht dat de led uitstraalt op een fluorescentielaag te laten vallen, gaat de fluorescentielaag zelf licht uitstralen. Dit is gelijk aan het principe dat bij TL-verlichting wordt toegepast. Om wit licht te verkrijgen, worden voornamelijk blauwige leds gebruikt, waarop een geel uitstralende fluorescentielaag wordt aangebracht. Om wat warmer wit licht (lagere kleurtemperatuur) te verkrijgen, wordt vaak een rood kleurend fluorescentiepoeder toegevoegd. Het omzetten van het blauwgekleurde licht in het witte licht kost energie, wat nadelig van invloed is op het rendement van de led.

De degeneratie van de led als gevolg van veroudering heeft geleidelijk plaats en wordt gekenmerkt door een verandering van kleur (het uitgestraalde licht wordt langgolfiger) en verminderde lichtopbrengst. De warmteontwikkeling die ontstaat bij het gebruik van de leds is nadelig van invloed op de lichtopbrengst in de tijd en op de levensduur van de led.

De afname van de lichtopbrengst kan tot 70% oplopen. De levensduur bij toepassing in condities waarbij de ontwikkeling van warmte hoog is (bij gebruik op vol vermogen) en die niet voldoende kan worden afgevoerd, kan de levensduur met 10.000 tot 20.000 branduren worden bekort. De kleurtemperatuur van witte leds kan variëren van 2700 K tot 10000 K, hiermee is warmwit tot koelwit licht te creëren. (Philips, 2009; Osram 2010).

In een praktische toepassing zullen meerdere leds gebundeld worden in een armatuur. Als gevolg van verliezen in de elektronica (driver) en interne reflecties in het armatuur en warmteontwikkeling in de led, zal het systeemrendement ongeveer 20 tot 30% lager zijn dan het rendement van de led op zich.

Onder andere Osram en Philips (Philips, 2009; Osram 2010) leveren momenteel powerleds met een lichtstroom tot 300 lumen per watt. Om dit rendement te kunnen halen, is echter een zeer hoge stroomsterkte vereist. Bij dergelijke stroomsterktes is de led niet te koelen waardoor deze snel doorbrandt. Om evenveel licht te genereren als een spaarlamp van 11 W zijn er 7 à 8 van zulke leds nodig. Met de huidige technologie is het nog niet mogelijk om dat aantal powerleds zodanig in een compacte behuizing onder te brengen dat ze ook goed gekoeld worden, waarmee verval in het rendement wordt tegengegaan.

Voordeel van leds ten opzichte van andere lichtbronnen is dat ze extreem snel reageren op stroomvariaties en in nanoseconden een stabiel lichtniveau bereiken (dus geen opwarmtijd). Daarnaast zijn de leds dimbaar tot wel 1 procent van het totaal.

Gelet op de spectrale samenstelling van de witte leds beschrijft Bommel (2010) het volgende: Het spectrale leeftijdseffect reduceert de visuele dosis voor ouderen bij toepassing van de spaarlamp (2700K) en ledlamp (4000K) het sterkst, tot ca. 55% van die van een gloeilamp. Bij een ledlamp van 2700K is dit 65%. Aangezien de biologische dosis bij spaar- en ledlampen van ca. 2700 K versies nog iets sterker reduceert, levert eventuele compensatie door toepassing van een hogere lichtstroom van die lampen geen extra biologische dosis op. Dit is wel het geval bij toepassing van ledlampen van 4000K.

### 3.4.2 Oleds

Wanneer wordt gesproken over oled's worden organische licht emitterende diodes bedoeld, waarmee diffuus verlichtende vlakken kunnen worden gecreëerd. De huidige technieken zijn nog niet zover dat witte oleds (woleds) geproduceerd kunnen worden met een hoge kleurtemperatuur.

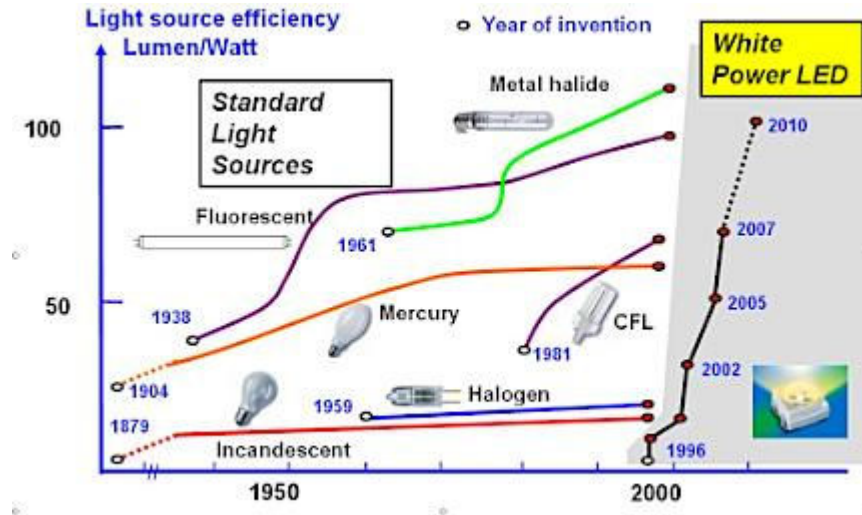
Door de diffuus verlichtende vlakken zijn armaturen niet nodig, wat ook geen onnodig verlies in rendement met zich meebrengt. De warmteontwikkeling van de oleds in gebruik blijft beperkt, wat een rendementsverlies als gevolg van hoge temperaturen (karakteristiek voor leds) zou moeten beperken. Met de nieuwste oleds zijn rendementen van 51 lm/W te behalen met een levensduur van 10.000 branduren. Uitgangspunt hierbij is een luminantie van het lichtvlak van 1000 cd/m<sup>2</sup>. (OLED100.eu,2009)

De mate waarmee oled-verlichting degenereert in de tijd, en in hoeverre dit dan negatief van invloed is op het rendement van de verlichting, is tot op heden niet inzichtelijk. Oleds presteren het best bij lage kleurtemperaturen (dit in tegenstelling tot leds). De rede hiervoor is dat er tot op heden geen stabiele blauwe fosforescerend materiaal beschikbaar is. Momenteel (begin 2010) wordt er in het door de Europese Unie gesteunde onderzoeksconsortium OLED100.eu onderzoek verricht naar de ontwikkeling van breedbandig witte oled-materialen die een lange levensduur en hoge efficiëntie hebben en dat met een lage prijs combineren.

## 3.5 Conclusie

TL-verlichting of compacte fluorescentiebuizen (spaarlampen) lenen zich met de huidige stand van de techniek (begin 2010) het beste voor de ondersteuning van de gezondheid en welzijn van ouderen, gelet op energiezuinige en duurzame verlichtingseisen. Met TL-verlichting kan een goede kleurweergave worden bereikt, de levensduur is relatief lang en het rendement van een goede TL ligt hoger dan die van gloei- en halogeenlampen. Met de huidige stand van de ledtechnologie het niet mogelijk een verlichting te vervaardigen die kan concurreren met een TL-verlichting, het rendement (uitgedrukt in lumen per watt) is nog lager dan het rendement van TL-verlichting en het lukt nog niet om over de gehele levensduur van de led een gelijk rendement (uitgedrukt in lumen per watt) te behalen. Sterker, over de levensduur beschouwd kan de lichtopbrengst van leds tot wel 70% afnemen. Daarnaast zijn er nog geen leds op de markt die een constante kleurweergave hebben, en die een systeemrendement kennen wat gedurende de gebruiksfase lager ligt dan die van fluorescentielampen.

De ontwikkelingen in de ledtechnologie gaan echter snel (zie ook figuur 3.2), in nabije toekomst (2 tot 5 jaar voor led?) zullen ledoplossingen voorhanden komen die wel op alle vlakken kunnen concurreren met de huidige verlichtingstechnieken.



figuur 3.2 Historie en toekomst van verschillende lichtbronnen (Osram, 2010)



## 4 Techniekacceptatie en verlichting voor ouderen

### 4.1 Inleiding

Sinds de elektrische verlichting zijn intrede deed in de woning, gebeurt de aansturing van de verlichting op basis van elektrotechniek. De stroomtoevoer van de lamp loopt door de lichtsakelaar en met deze lichtsakelaar wordt de lamp bediend door deze stroomtoevoer wel of niet fysiek te onderbreken. Naar verwachting zal binnen enkele decennia de traditionele bediening vervangen zijn door een lichtknop op basis van informatietechnologie, waarbij de aansturing van de afzonderlijke lichtbronnen gebeurt door een centrale aansturing. Informatietechnologie geïntegreerd in een woonomgeving heet 'domotica'. Een veel gemaakte fout bij recent toegepaste domotica is dat er te weinig oog is voor de wensen van de gebruiker (Franchimon et al, 2005). Vaak worden woningen uitgevoerd met een keur aan techniek waar de bewoner geen behoefte aan heeft, of waarvan de bewoner niet weet hoe het te gebruiken. Dit heeft tot gevolg dat de domotica niet gebruikt wordt (zoals deze door de ontwerper bedoeld is).

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de randvoorwaarden waaraan een domoticasysteem voor de bediening van verlichting moet voldoen om door oudere gebruikers begrepen en gebruikt te worden. In paragraaf 4.2 wordt ingegaan op de factoren die van invloed zijn op de acceptatie van domotica door senioren. In paragraaf 4.3 wordt ingegaan op de prestaties die de interface en de infrastructuur van een domoticasysteem voor de aansturing van verlichting voor senioren moet leveren.

Voor achtergrondinformatie over in de woonomgeving geïntegreerde informatie-technologie wordt verwezen naar bijlage A.

### 4.2 Acceptatie van domotica door ouderen

#### 4.2.1 De techniekgeneraties en acceptatie van domotica

De acceptatie van techniek door een mens kan gedeeltelijk worden verklaard aan de hand van zijn of haar techniekgeneratie. Het leven van een mens kan worden ingedeeld in vier functionele fasen. Deze fasen kunnen niet worden gedefinieerd op basis van de kalenderleeftijd:

- 1<sup>ste</sup> fase, Vormende periode, in de westerse samenleving eindigt deze ongeveer met 25-30 jaar;
- 2<sup>de</sup> fase, Werkzame leven waarin ook de gezinsvorming plaatsvindt;
- 3<sup>de</sup> fase, Actief met pensioen;
- 4<sup>de</sup> fase; 'Breekbaar' & afhankelijk.

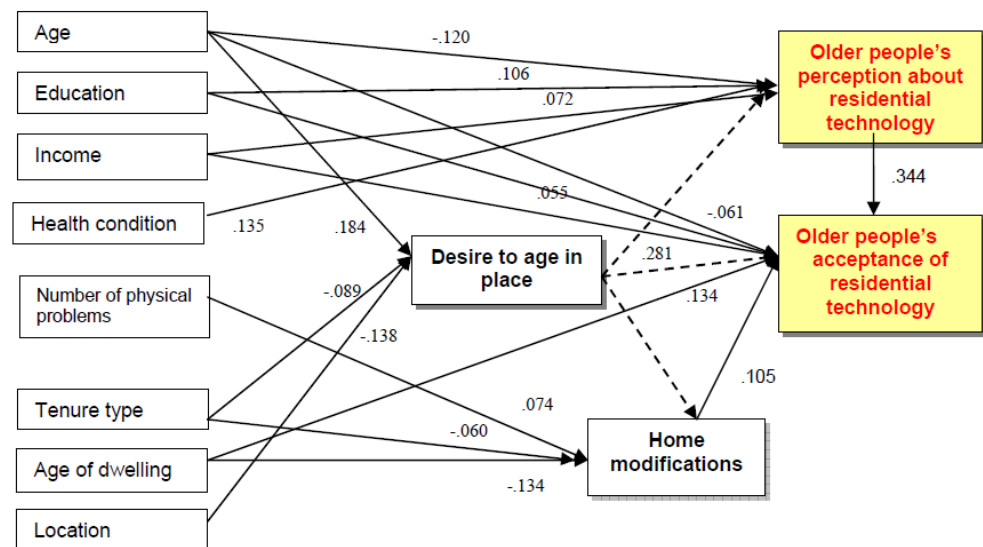
Technologie zoals geleerd in de vormende periode wordt het referentiekader voor het latere leven. Personen met een gedeeld referentiekader kunnen worden gerekend tot dezelfde techniekgeneratie (Bronswijk et al. 2009).

#### 4.2.2 Acceptatie van 'residential technology' door ouderen

De techniekgeneratie van een mens is een van de factoren die van invloed zijn op de acceptatie van domotica. Ahn (2004) verwerkt deze en andere kenmerken in haar model voor acceptatie van 'residential technology'. Ahn onderscheid drie functies van 'residential technology' voor ouderen: i) 'homemanagement', ii) communicatie, en iii)

ontspanning. Om hiertoe te komen is de Innovatie Diffusie Theorie (IDT) toegepast (voor een toelichting op IDT wordt verwezen naar bijlage A). Ahn heeft gevonden dat de volgende vier factoren een significante invloed hebben op de waarschijnlijkheid van acceptatie van residential technology, zie figuur 4.1:

1. Kenmerken van een persoon;
2. Kenmerken van de woning van een persoon, waarbij ervan uit wordt gegaan dat de persoon in zijn of haar eigen woning zal (willen) blijven;
3. Kenmerken van de techniek;
4. De wens om thuis oud te worden, dit is echter niet de belangrijkste factor.



figuur 4.1 *significante relaties tussen kenmerken van een persoon en zijn woning (links) en de kans op acceptatie van domotica (rechts) (Ahn 2004)*

### 4.3 Door ouderen gewenste prestaties van domotica voor bediening van verlichting

#### 4.3.1 Interfaces van de bediening

Verlichting is een van de primaire functies van een woning en zou zonder problemen voor iedereen bruikbaar moeten zijn. Op basis van principes voor mens-computer-interactie (Fisk et al. 2009; Waller et al. 2008) zijn principes voor mens-verlichting-interactie geformuleerd. Hierbij wordt een verlichtingssysteem op basis van domotica gezien als een computer met één knop en één functie (licht aan of uit). De principes voor mens-verlichting-interactie worden in tabel 4.1 verduidelijkt met voorbeelden.

Tabel 4.1 *Principes voor het optimaliseren van mens-verlichting-interactie gebaseerd op Fisk's principes voor het optimaliseren van mens-computer-interactie* (Fisk et al. 2009) *en aangevuld met Waller et al. (2008)*

	<i>Principe</i>	<i>Beschrijving</i>	<i>Voorbeeld</i>
1	Compatibiliteit	Het systeemontwerp zou compatibel moeten zijn met de gebruikersverwachting.	Een knop met de klok mee draaien zorgt voor 'meer of hoger', tegen de klok in zorgt voor 'minder of lager'.
2	Consistent	Locatie van objecten zou dezelfde moeten zijn op verschillende interfaces (bijv. schermen); dezelfde knoppen moeten hetzelfde effect hebben.	Een brandende rode led bij een schakelaar betekent altijd dat de lamp uit staat.
3	Fouten maken mag	Ga ervan uit dat gebruikers fouten maken en maak het herstellen eenvoudig.	Zorg voor een 'herstel'-mogelijkheid en voor inhoudelijke foutmeldingen.
4	Feedback	Het resultaat van een handeling moet duidelijk zijn	De melding 'Nachtstand' zegt meer dan een brandende led.
5	Aanpasbaarheid	Stel de gebruiker in staat het systeem naar eigen wensen en behoeften aan te passen.	De gebruiker kan zelf bepalen met welke knop welke lamp wordt bediend.
6	Geheugen	Overlaad het geheugen van de gebruiker niet. Zorg voor feedback.	
7	Structuur	Zorg voor structuur die de functie ondersteunt.	Overzicht van het systeem; site map; display met instellingen en status.
8	Werkdruk	Beperk de inspanning van de gebruiker.	Maak overzichtelijke interfaces en geef alle relevante informatie maar ook niet meer.
9	Vertrouwdheid	Verander zo min mogelijk ten opzichte van techniek waarmee de gebruiker vertrouwd is.	Gebruik schakelaars die lijken op de schakelaars die men kent.

#### 4.3.2 *Infrastructuur van het verlichtingssysteem*

De infrastructuur van een domoticsysteem kan worden gezien als de ruggegraat van een domoticsysteem. Een aantal van de in paragraaf 4.3.1 genoemde ontwerpprincipes voor de interface is ook van toepassing op de infrastructuur. Er is echter ook een aantal principes specifiek voor de infrastructuur (van der Vlies et al. 2010). De door de gebruiker gewenste principes van de infrastructuur zijn, verduidelijkt met voorbeelden, weergegeven in tabel 4.2.

tabel 4.2 Door de gebruiker gewenste principes voor de infrastructuur van een domoticsysteem.

	<i>Principe</i>	<i>Beschrijving</i>	<i>Voorbeeld</i>
1	Compatibiliteit	Het systeemontwerp zou compatibel moeten zijn met de gebruikersverwachting.	
3	Fouten maken mag	Ga ervan uit dat gebruikers fouten maken en maak het herstellen eenvoudig	Zorg voor een 'herstel'-mogelijkheid en voor inhoudelijke foutmeldingen.
5	Aanpasbaarheid	Stel de gebruiker in staat het systeem naar eigen wensen en behoeften aan te passen.	De gebruiker kan zelf bepalen met welke knop welke lamp wordt bediend.
7	Structuur	Zorg voor structuur die de functie ondersteunt	Overzicht van het systeem; display met instellingen en status.
10	Accuraat	Nauwgezet, volgens de gestelde eisen en conform geldende normen.	Doet het systeem wat het zou moeten doen?
11	Betaalbaar	In vergelijking met andere oplossingen niet te duur.	
12	Betrouwbaar in gebruik	Het blijvend voldoen aan de systeemeisen.	Doet het systeem altijd wat het zou moeten doen?
13	Betrouwbaar te installeren	Het is voor de installateur eenvoudig om het systeem aan de eisen te laten voldoen.	
14	Eenvoudig om te leren en gebruiken	Gebruikers kunnen met weinig instructie beginnen met het gebruik en het gebruik vereist weinig inspanning.	
15	Esthetica	Kan de infrastructuur mooi in de woning worden geïntegreerd?	Draadloos behoeft geen kabels.
16	Korte wachttijd	Tijd die verloopt tussen het moment waarop een opdracht wordt gegeven en het moment waarop de opdracht wordt uitgevoerd.	Het licht gaat snel aan nadat de schakelaar is ingedrukt.
17	Onderhoudbaar	Het is voor de installateur eenvoudig om het systeem te onderhouden.	Dit heeft te maken met de bereikbaarheid van de hardware en het gemak waarmee de software kan worden aangepast en geupdate.
18	Veilige communicatie		
19	Uitbreidbaarheid	Extra (verlichtings)applicaties kunnen worden toegevoegd.	Extra lichtpunten, maar denk ook aan toegangscontrole, noodoproep, controle binnenklimaat en spreekluisterverbinding.
<p><i>Door de gebruiker gewenste kenmerken {1, 3, 5, 7} voor domoticaïnfrastructuur gebaseerd op Fisk (2009) en aangevuld {10-19} op basis van Van der Vlies (2010)</i></p>			

## 5 Onderzoek naar en beschrijving van (gerealiseerde) voorbeeldprojecten

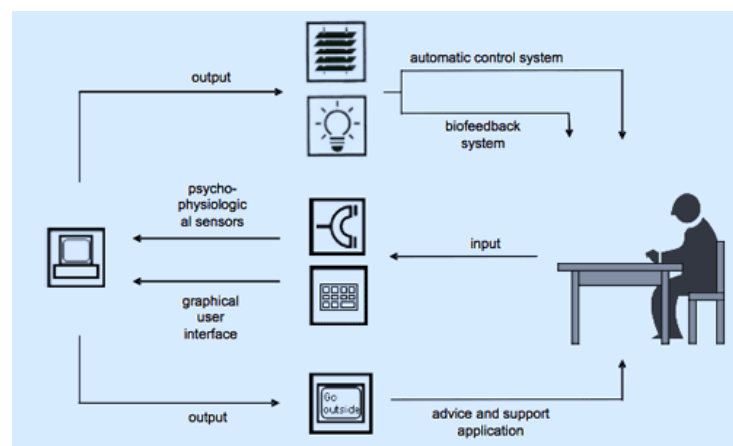
### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op voorbeeldprojecten op het gebied van een innovatief verlichtingssysteem voor ouderen, welke als doel hebben een positief effect op het welzijn van ouderen te bereiken en gezondheid optimaal te ondersteunen. In paragraaf 5.2 wordt het Aladin-project behandeld. Dit Europese project richt zich op een systeem voor omgevingsverlichting dat zich aanpast aan de individuele behoeften en wensen van senioren. Paragraaf 5.3 behandelt een door TNO in 2005 ontwikkeld lichtconcept voor de woonkamer en keuken van seniorenhuisvesting. In paragraaf 5.4 wordt de Activity Light, een lamp die door de gebruiker kan worden afgestemd op de uit te voeren oogtaak of activiteit, behandeld. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met aanbevelingen uit de Advanced Energy Design Guide, die erop gericht zijn om zo efficiënt als mogelijk met energie voor verlichting en de aansturing van de verlichting om te gaan met als uitgangspunt welzijn van de gebruiker optimaal te ondersteunen.

### 5.2 ALADIN – project

#### 5.2.1 Inleiding

In het door de EU gefinancierde ALADIN (Ambient lighting assistance for an aging population) is een prototype voor een innovatief systeem voor omgevingsverlichting ontwikkeld (Maier 2009a en 2009b, Maier en Kempter 2009, Kempter 2009), dat zich op intelligente wijze aanpast aan de individuele behoeften en wensen van ouderen (ICT Results, 2009). In het project werd deelgenomen door academische en industriële partners uit Oostenrijk, Duitsland, Hongarije, Italië en Roemenië. Het doel van de onderzoekers was een systeem te ontwikkelen voor dagelijks gebruik in de omgeving van de ouderen, waarbij technologie wordt gebruikt om het welzijn van ouderen, van mensen die lijden aan leeftijd gerelateerde ziekten en van mensen met beperkte mobiliteit te verbeteren.



Figuur 5.1 Schematische weergave van het ALADIN systeem (Maier, 2009a)

Uitgangspunt bij het systeem is: het gebruik van normale producten die op een slimme en innovatieve manier worden toegepast. Volgens de onderzoekers blijkt dit een zeer functionele manier te zijn.

Aladin is bedoeld als een systeem waarin verschillende verlichtingsparameters als lichtsterkte, richting en lichtkleur aangepast kunnen worden op basis van persoonlijke psychologische en fysiologische data, die door het systeem continu in kaart worden gebracht doordat 'biosensoren' lichaamsfuncties als bijvoorbeeld hartslag meten. Het systeem geeft de gebruiker door middel van een display (tv) feedback over de staat waarin men zich bevindt (relaxed of actief), en past de lichtcondities hier op aan. Het systeem kan handmatig worden aangepast door grafische interfaces waarbij de ingestelde waarden te allen tijde naar default hersteld kunnen worden (zie ook schematische weergave in figuur 5.1). Het systeem is levensloopbestendig, dat wil zeggen dat het aan te passen is aan de mogelijkheden/activiteitsniveaus als gevolg van de leeftijd van de gebruiker

### 5.2.2 *Onderzoeksopzet veldtest*

Uit vooronderzoek bij 196 Italiaanse ouderen, bleek het definiëren van voorkeuren voor activiteiten/oogtaken en de daarbij horende lichtniveaus dusdanig complex dat voor het Aladinproject is gekozen te focussen op twee condities te weten een activerende en een rustgevende lichtconditie. Daarmee wordt niet op specifieke activiteiten als lezen, koken tv-kijken en dergelijke ingegaan. Uit hetzelfde Italiaanse onderzoek blijkt overigens ook dat tot een leeftijd van ongeveer 75 jaar de oudere in de regel de gever is van zorg en vanaf ongeveer 75 jaar de ontvanger van zorg wordt.

Om de rustgevende en activerende lichtcondities te kunnen creëren is ervoor gekozen het lichtstelsel uit te rusten met TL-lampen met blauwverrijkt licht (8000 Kelvin) en lampen met roodverrijkt licht (2700 Kelvin). Door twee verschillende lampen op te mengen, kunnen verschillende lichtkleuren (kleurtemperaturen) bereikt worden. De armaturen bestaan uit een directe verlichting (hanglamp) en indirecte verlichting (plafond of wandverlichting) waarmee plafond en wand wordt aangelicht en zo wordt bijgedragen aan het algemeen lichtniveau in de ruimte (zie foto's 1 en 2). Aladin gaat uit van een verhoging van het lichtniveau ten opzicht van het lichtniveau voor niet verouderde ogen (NEN12464) met een factor 3. Naast het lichtniveau dient met de verlichting ook kleurweergave en contrasten verbeterd te worden om een visuele prestatie met het verouderde oog te kunnen garanderen



Foto 1, onderdelen Aladin systeem: een directe lichtbron in de vorm van een hanglamp. Indirecte verlichting ter plaatse van het plafond aangebracht tegen alle vier de wanden van de ruimte, televisie voor bediening van het systeem, de afstandsbediening en de biohandschoen. Bron: Kempter (2009)



Foto 2, Aladin systeem toegepast in praktijksituatie tijdens veldstudie, bron: Maier (2009 b)

Bij het functioneren van het systeem dienen hoge helderheden en glare als ook snel wisselende lichtomstandigheden te worden voorkomen. Aanpassingen aan de lichtniveaus en lichtkleuren hebben daarom met maximaal 10% per seconde plaats. De lichtconditie voor visuele oogtaken als lezen zijn als manueel te kiezen preset in het systeem opgenomen. De instellingen hiervoor zijn op basis van persoonlijke voorkeur van de eindgebruiker door de medewerker van het Aladinproject ingevoerd. De proefpersonen moesten zelf telkens kiezen tussen een activerende en relaxerende lichtomgeving. De adapterende lichtomgeving was alleen actief wanneer de speciale handschoen met biosensoren werd gedragen.

De prototype veldtest is uitgevoerd bij 12 huishoudens (10 single vrouwen en 2 single mannen, leeftijd variërend van 65 tot 82 jaar) gedurende 3 maanden, deze ouderen hadden een hoog niveau van mentale en fysieke fitheid. Deelnemers vonden het ook leuk om deel te nemen aan een studie waarin het effect van een technische innovatie wordt onderzocht. Het onderzoek beschrijft geen controlegroep.

Op gezette tijden werden mentale en fysieke prestaties gemeten en werd een vragenlijst die kwaliteit van leven inzichtelijk maakt als ook een slaapkwaliteitsvragenlijst afgenomen. De deelnemers kregen veel persoonlijke aandacht: wekelijks kwam een coach langs.

### 5.2.3 Resultaten veldtest en aanbevelingen

Het onderzoek beschrijft een toename van overall cognitieve functies, het kunnen relaxen en het welbevinden. Er wordt gesproken van een positief effect op slaap bij toenemend gebruik van activerende lichtmodus (op welk tijdstip van de dag deze dan wordt gebruikt, wordt niet aangeduid). Toename van kwaliteit van leven werd niet door de onderzoekspopulatie genoemd. Sommige mensen waardeerden de structuur die ze in hun leven kregen doordat ze dagelijks de oefeningen deden die het systeem hen aandragt te doen als positief.

Uit het onderzoek blijkt dat de voordelen van de ondersteunende technologie duidelijk moet zijn bij de gebruiker, anders blijkt de technologie niet te worden opgepakt/gebruikt. Informeren en communiceren wordt hierbij als sleutel gegeven.

Met betrekking tot de bediening van de interface geven de gebruikers de voorkeur aan cijfertoetsen boven cursortoetsen. De gebruikers wensen onmiddellijk een bevestiging of feedback van de handeling. Om de keuzemenu's overzichtelijk te houden, mag een menu maximaal 5 of 6 onderdelen bevatten. Gebruikers geven aan dat technische termen moeten worden uitgedrukt in alledaagse termen. Daarnaast geven gebruikers de voorkeur aan een informatiestructuur die plat hiërarchisch is.

Wanneer het systeem manueel werd bediend, kon gekozen worden uit de persoonlijke instellingen met betrekking tot lichtniveau en spectrale samenstelling van de verlichting. Het systeem in kunnen stellen naar de persoonlijke voorkeuren wordt gekenmerkt als een must voor acceptatie van het systeem.

De gebruikacceptatie van het systeem blijkt samen te hangen met de mate van sociale interactie. Daarom wordt voorgesteld de intelligente verlichting aan te bieden samen met andere services die zijn gericht om welzijn en gezondheid van ouderen optimaal te ondersteunen.

De hele installatie moet een onopvallend en gecamoufleerd supplement op de bestaande infrastructuur in de ruimte zijn en moet overeenkomen met de esthetische voorkeuren van de gebruiker.

Als nadeel van het systeem wordt de hoge aanschafprijs van het systeem genoemd, deze wordt niet in euro's uitgedrukt.

Het onderzoek geeft aan dat verlichting die erop is gericht te ondersteunen bij het zich bewegen door de ruimte en om valincidenten te voorkomen, als een belangrijk



onderwerp voor vervolgonderzoek wordt gezien. Een groot deel van de bij het onderzoek betrokken ouderen had aangegeven angst te hebben om te vallen.

#### 5.2.4 *Evaluatie Aladin-project*

De resultaten uit het Aladin-project, geven aanleiding te stellen dat met verlichting een positief effect op welzijn van ouderen bereikt kan worden. Het onderzoek beschrijft een toename van overall cognitieve functies, het kunnen relaxen en het welbevinden.

Met het Aladinproject wordt een lichtstelsel beschreven voor één ruimte. Het stelsel gaat uit van een verhoging van het lichtniveau ten opzichte van het lichtniveau voor niet verouderde ogen (NEN12464) met een factor 3. Voor sterk verouderde ogen valt hiermee niet voldoende licht op de oogtaak om deze comfortabel uit te kunnen voeren. Op basis van de literatuur (zie paragraaf 2.3) zou men daarvoor het in NEN 12464 geadviseerde lichtniveau tot een factor 8 willen kunnen verhogen. Daarnaast is het lichtniveau zeer waarschijnlijk ook onvoldoende voor de bewerkstelling van niet-visuele effecten. Alle deelnemers kozen ervoor om het stelsel in de woonkamer te installeren. Overige ruimtes in de woning zijn buiten beschouwing gebleven. Het onderzoek adviseert niet in de outputspecificaties waaraan verlichting in de woning zou moeten voldoen, maar lijkt meer gericht te zijn op gebruikersacceptatie van de ontwikkelde technologie. En er zijn meer kritische noten te plaatsen bij de conclusies van de studie. De in het onderzoek geïnccludeerde ouderen hadden een hoog niveau van mentale en fysieke fitheid, en vonden het leuk om mee te doen aan een dergelijk onderzoek, waardoor een bias is gecreëerd wat de sterkte van de bewezen effecten niet ten goede komt. Daarnaast bieden de resultaten van het onderzoek door de specifieke voorkeur van de proefpersonen voor technische innovaties, niet de ruimte om de werking van het stelsel te toetsen aan de principes voor een goede mens-techniek interactie.

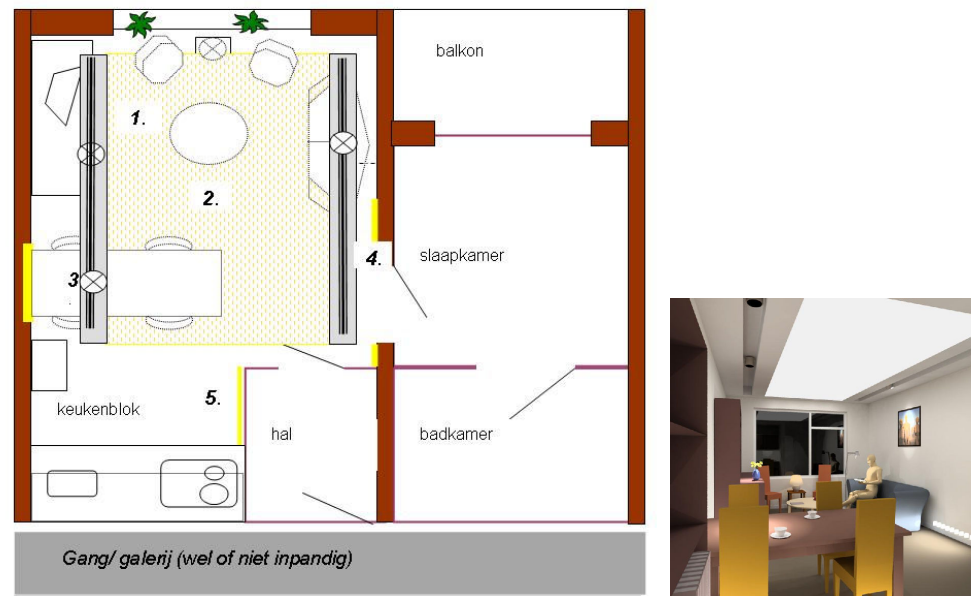
Daarnaast wordt de exacte bijdrage van de verlichting in relatie tot de verbetering in welzijnsgevoel niet inzichtelijk. Immers er is niet inzichtelijk gemaakt aan wat voor verlichting de deelnemers zijn blootgesteld (gedefinieerd in termen als niveau op het oog, spectrale samenstelling van het licht, tijdsduur en tijdstip op de dag). Verder is bij de interpretatie van de onderzoeksresultaten niet meegenomen of mensen naar buiten gaan, en/of ze actief bewegen en zo voorts. Lichtniveaus op oogtaken, looppaden en het algemeen lichtniveau in de ruimte worden niet gedefinieerd. Huiselijke omstandigheden als afwerking van de wanden, inrichting van de woning, en omgevingsparameters als bijvoorbeeld daglichttoetreding en temperatuur van de woningen waar Aladin is getest, wordt niet weergegeven in de studie. Of bij het instellen van de persoonlijke voorkeuren ook de beste prestatie een onderdeel van de keuze was, beschrijft het onderzoek niet.

Concluderend kan gesteld worden dat de resultaten uit het Aladin-project aanleiding geven om te stellen dat met verlichting een positief effect op welzijn van ouderen bereikt kan worden. Maar dat op basis van de resultaten van het project geen uitspraak kan worden gedaan over de mate waarin de verlichting in de seniorenwoningen een middel zou kunnen zijn tot het behouden en bevorderen van zelfstandigheid en het behouden van een actieve leefstijl.

### 5.3 Lichtsysteem voor seniorenwoning 2005: een TNO-concept

#### 5.3.1 Inleiding

In 2005 hebben van Putten en Zonneveldt een studie gedaan waarbij de toen beschikbare kennis met betrekking tot verlichting voor ouderen is omgezet naar een ontwerp voor een seniorenwoning (zie figuur 5.2). De uitwerking blijft beperkt voor het element woonkamer en keuken.



Figuur 5.2. Voorbeeld van een concept voor een seniorenwoning met een lichtplan dat optimaal is voor ouderen (van Putten en Zonneveldt, 2005) waarin 1) Koof met 100 W halogeen spots met smalle bundel. 2) Spanplafond met een helderheid van 300 cd/m<sup>2</sup>, te realiseren met TL verlichting. 3) Lichtgevend verticaal vlak met een helderheid van 300 cd/m<sup>2</sup> 4) Lichtgevende plinten, ledverlichting-Philips Ledline inbouw brede bundel 30 lm per led, 15 leds per meter. 5) Idem 4.

#### 5.3.2 Aanbevelingen 'lichtsysteem voor seniorenwoning 2005'

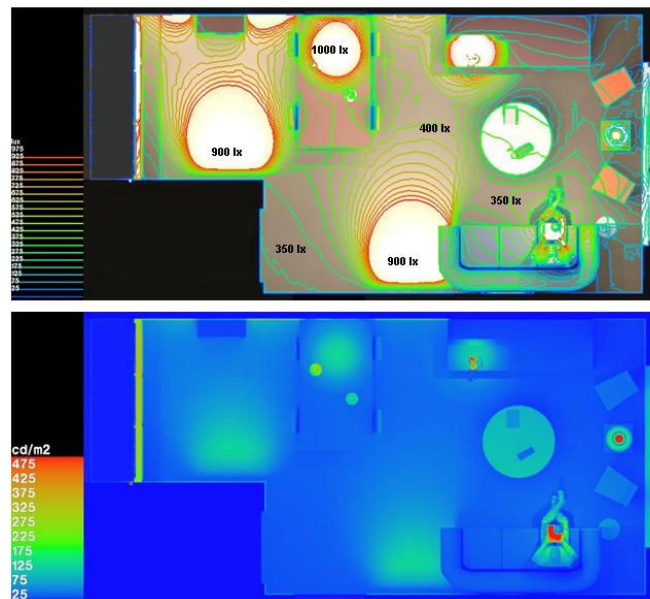
Aan de hand van simulaties met Radiance (figuur 5.3) werd getoond hoe op verschillende (taakgerelateerde) locaties in de ruimte twee tot driemaal hogere verlichtingsniveaus werden verkregen, maar hoe daarnaast het visueel comfort (gedefinieerd in helderheidsverhoudingen) gehandhaafd bleef. Dit werd onder andere gecreëerd door toepassing van grote lichtgevende vlakken.

Het systeem gaat uit van een verhoging van het lichtniveau ten opzichte van het lichtniveau voor niet verouderde ogen (NEN12464) met een factor 3. Om het lichtniveau op de behoefte van de gebruiker af te stemmen (aan de hand van de voor die persoon beste lichtcondities en mee te laten groeien met verdere veroudering van het oog,) dient het systeem op lichtniveau regelbaar te zijn. Het systeem is regelbaar en in te stellen naar de persoonlijke voorkeuren van de gebruiker. Het concept behandelt in de aanbeveling dat regelknoppen liefst 1 functie hebben en dat draai- en schuifknoppen een grote C/R (draai-contrast ratio) moeten hebben. Verder wordt er niet aan de principes voor mens-techniek interactie voldaan.

Voor de grote lichtgevende vlakken wordt gewerkt met TL-verlichting, vanuit de momenteel de meest energiezuinige oplossing. In taakverlichting in de luie stoel,

voorziet het concept niet volledig, hier moet de bewoner zelf nog lampen aan het interieur toevoegen. Momenteel blijkt de lamp dan een gloeilamp of halogeenverlichting te zijn, wat energetisch gezien het slechtst van de beschikbare oplossingen scoort. Hoewel niet in de simulaties opgenomen, wordt als looppadverlichting geopperd dat deze opgenomen kan worden in de plint. Doel van deze verlichting kan tweeledig zijn, als oriëntatieverlichting of als verlichting met het benodigd aantal lux om als strijkverlichting over het looppad te vallen.

Het ontwerp doet geen uitspraak over de mate waarin de verlichting in de seniorenwoningen een middel zou kunnen zijn tot het behouden en bevorderen van zelfstandigheid en het behouden van een actieve leefstijl.



Figuur 5.3. Voorbeeld van Radiances simulatie resultaten van een concept voor een seniorenwoning met een verlichtingsklimaat dat optimaal is voor ouderen (van Putten en Zonneveldt, 2005)

### 5.3.3 Evaluatie 'lichtsysteem voor seniorenwoning 2005'

Het idee om grote lichtgevende vlakken toe te passen in een seniorenomgeving is op zijn minst revolutionair te noemen. Vooruitkijkend naar de nabije toekomst, waarbij grote lichtuitstralende vlakken mogelijk zijn in de vorm van oleds, lijkt deze aanpak van verlichten een bijzonder interessant alternatief.

Tot op heden bestaat de verlichting in Nederlandse seniorenwoningen vooral uit schemerlampen, spots, hanglampen, plafonnières en uplighters. Of senioren grote heldere vlakken daadwerkelijk in hun directe gezichtsveld in hun woonomgeving zullen accepteren, of hoe deze er uit zouden moeten zien om geaccepteerd te worden, wordt in het concept niet behandeld, de resultaten van de modellering zijn niet in de praktijk getoetst.

Het systeem gaat uit van een verhoging van het lichtniveau ten opzicht van de lichtniveau voor niet verouderde ogen (NEN12464) met een factor 3. Voor sterk verouderde ogen kan daarmee niet gerealiseerd worden dat voldoende licht op de oogtaak valt om deze optimaal te ondersteunen en deze comfortabel uit te kunnen voeren (hiervoor kan tot een factor 8 noodzakelijk zijn). Daarnaast is het lichtniveau zeer waarschijnlijk ook onvoldoende voor de bewerkstelling van niet-visuele effecten. Om het lichtniveau op de behoefte van de gebruiker aan de hand van de voor die

persoon beste lichtcondities af te stemmen en mee te laten groeien met verdere veroudering van het oog, dient het systeem op lichtniveau regelbaar te zijn. Het beschreven systeem is regelbaar en in te stellen naar de persoonlijke voorkeuren van de gebruiker. Het concept behandelt in de aanbeveling dat regelknoppen liefst 1 functie hebben en dat draai- en schuifknoppen een grote C/R (draai-contrast ratio) moeten hebben. Verder wordt er niet aan de principes voor mens-techniek interactie voldaan.

Voor de grote lichtgevende vlakken wordt gewerkt met TL-verlichting, momenteel de meest energiezuinige oplossing. De bewoner moet taakverlichting op locaties als de luie stoel zelf aanbrengen, wat als voordeel heeft dat de bewoner een persoonlijk accent aan de verlichting toe kan voegen. Momenteel blijkt de lamp dan een gloeilamp of halogeenverlichting te zijn, wat energetisch gezien het slechtst van de beschikbare oplossingen scoort.

Het ontwerp doet geen uitspraak over de mate waarin de verlichting in de seniorenwoningen een middel zou kunnen zijn tot het behouden en bevorderen van zelfstandigheid en het behouden van een actieve leefstijl.

## 5.4 Activity Light

### 5.4.1 Inleiding

In een samenwerkingsverband tussen Philips Lighting (Eindhoven), Arpalight (Bavel) en TNO Bouw en Ondergrond, is een verlichtingsysteem ontworpen dat rekening houdt met de visuele beperkingen van de ouder wordende mens: Activity Light (foto 3).

Activity Light is bedoeld voor gebruik boven een eet/leestafel in een woonkamer.



Foto 3 Activity Light toegepast in praktische toepassing boven de eettafel, met op de eettafel de regeling voor het systeem.

#### 5.4.2 *Onderzoek en aanbevelingen*

In verzorgingshuis de Hergerborch, onderdeel van de stichting Zorg Kompas, hebben mentaal gezonde 65-plussers meegedaan aan een proef met het gebruik van Activity Light (Groot, 2006). Bij twintig bewoners heeft drie maanden lang een armatuur boven de eettafel gehangen in hun zit/slaapkamer. De armatuur is rond en bevat twee ronde fluorescentielampen. Het systeem gaat uit van een verhoging van het lichtniveau ten opzicht van het lichtniveau voor niet verouderde ogen (NEN12464) met een factor 3. De bewoner bedient de lamp met een afstandsbediening en heeft vier keuzemogelijkheden:

- oriëntatie- en sfeerverlichting, ongeveer 300 lux op tafel, warm wit licht;
- werk- en leesverlichting I, hoog niveau, ongeveer 1400 lux op tafel, neutraal wit licht;
- werk- en leesverlichting II, middenniveau, circa 700 lux op tafel, neutraal wit licht;
- nachtverlichting, ongeveer 30 lux, warm wit licht.

Het systeem is naast de voorinstellingen niet in te stellen naar persoonlijke voorkeur.

De kleurtemperatuur varieert tussen 3000 K (warm wit) en 4000 K (koel wit). De gebruikers kunnen zelf voor de dynamiek zorgen (een dagelijkse sterke lichtpuls). Het gebruik van de verlichting is elektronisch geregistreerd. De gebruikte niveaus bleken per bewoner te verschillen. Uit interviews na afloop bleek dat actieve senioren profijt hadden van de armatuur. Ze vonden zelf dat ze visuele taken als lezen, puzzelen en handwerken makkelijker en beter konden uitvoeren. De knoppen op de afstandsbediening bleken niet altijd vanzelfsprekend voor de functie die ze hadden.

De mensen waarderen het uiterlijk van de armatuur, maar vinden deze groot. Het blijkt dat maar een klein percentage (ongeveer een kwart) van de gebruikers ook 's nachts het licht aanschakelt. Dit pleit voor toepassing van een sensor gestuurde routeverlichting.

#### 5.4.3 *Evaluatie Activitylight*

Het systeem gaat uit van een verhoging van het lichtniveau ten opzicht van het lichtniveau voor niet verouderde ogen (NEN12464) met een factor 3. Om het lichtniveau op de behoefte van de gebruiker aan de hand van de voor die persoon beste lichtcondities af te stemmen en mee te laten groeien met verdere veroudering van het oog, dient het systeem op lichtniveau regelbaar te zijn tot een factor 8 hoger dan de in NEN 12464 aangehaalde eisen. De verlichting heeft plaats door TL-verlichting, vanuit de momenteel de meest energiezuinige en duurzame oplossing.

De lamp wordt bediend met een afstandbediening. De knoppen hebben allemaal 1 functie, maar het is niet duidelijk wat die is. Het onderzoek beschrijft niet in hoeverre er bij het ontwerpen van de lamp en de bediening hiervan getracht is om rekening te houden met de principes voor mens-techniek interactie. Op de punten compatibiliteit (1), 'geheugen' (6) en 'vertrouwdheid' (9) met betrekking tot de gewenste interface (zie ook paragraaf 4.3.1) wordt niet voldaan. Op de punten met betrekking tot de gewenste prestatie op het onderdeel infrastructuur (zie ook paragraaf 4.3.2) voldoet het ontwerp zeer waarschijnlijk niet aan de onderdelen 'compatibiliteit' (1), 'aanpasbaarheid' (5), 'structuur' (7), 'eenvoudig om te leren en gebruiken' (14) en 'uitbreidbaarheid' (19).

Op basis van de resultaten van de effectmeting en de analyse van de schakelgegevens die zijn geregistreerd tijdens de onderzoeksperiode wordt geen uitspraak gedaan over de mate waarin de verlichting in de seniorenwoningen een middel zou kunnen zijn tot het behouden en bevorderen van zelfstandigheid en het behouden van een actieve leefstijl.

## 5.5 Technologie Thuis nu!

### 5.5.1 Inleiding

Technologie Thuis Nu! Is een innovatieprogramma met als doel om bewustwording te creëren over welke mogelijkheden er zijn om met behulp van ondersteunende technologie ouderen langer zelfstandiger thuis te laten wonen, en daarbij zorg toegankelijk en betaalbaar te houden. Hiertoe is onder andere een aantal proefwoningen ingericht waar deze doelstelling is gerealiseerd, en waar installateurs, studenten, mensen uit de zorg en andere belangstellenden de mogelijkheden van de technologie van nu kunnen beleven. Nadrukkelijk betreffen de Technologie Thuis Nu! Woningen demonstratiewoningen. Er wordt geen studie verricht naar het effect van de toegepaste technologie op en de ervaringen in het gebruik door senioren.

Aan de hand van de principes die zijn genoemd in paragraaf 4.3.2 van dit rapport, zijn twee proefwoningen van Technologie Thuis Nu! Bezocht en geëvalueerd op het onderdeel domotica.

### 5.5.2 COPD & Mobility Woning

Aangetroffen domoticagestuurde systemen in de woning

- Noodoproepsysteem
- Bediening verlichting
- Vloerverwarming
- Toegangcontrole
- Ventilatie
- Brandmelding

#### Domotica op het onderdeel bediening verlichting

Diverse knoppen in het gehele huis hebben een aan/uit-functie voor verlichting (foto 4 en 5). Daarnaast zijn er bewegingssensoren op de gang, badkamer en de slaapkamer.

Ook zijn er bijzondere knoppen:

- slaapkamer: dag/nacht  
in de nachtstand gaat op de bewegingssensor de toiletrouting (kleine lampjes net boven de plint) aan.
- gang bij voordeur: aan/afwezig  
bij inschakelen afwezig:
  - gaat alle verlichting in de gehele woning uit – deze kunnen later met een druk op de knop weer worden ingeschakeld
  - gaan radio en tv uit – deze gaan pas weer aan als er weer op aanwezig wordt geschakeld.
  - reageert de sensor in de gang enige tijd niet meer
  - noodoproep functioneert nog altijd

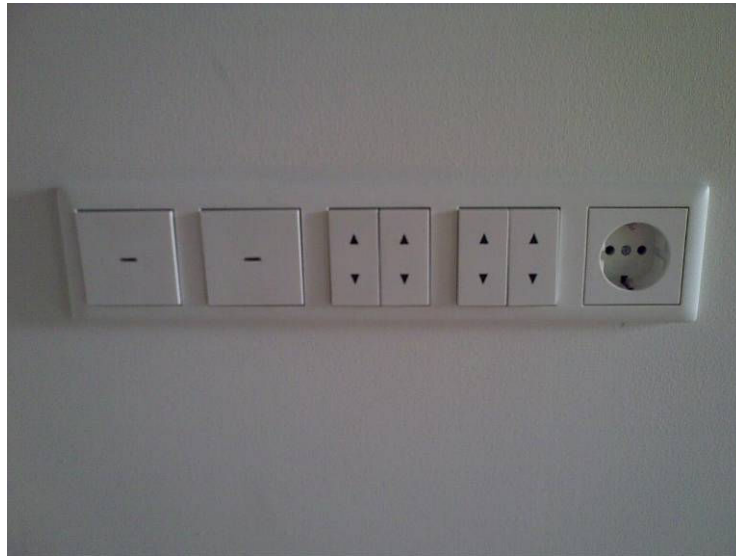


Foto 4 Bedieningspaneel voor onder andere verlichting in woonkamer



Foto 5 Bedieningspaneel verlichting in gang bij voordeur

Functie van de schakelaars:

- alle knoppen zijn onverschillig of er boven of onder wordt gedrukt, uitgezonderd de dag/nachtknop
- led in knop brand als de lamp uit is (normaal)
- led in knop brand in dagstand (dag/nacht)
- led in knop brand als aanwezig (aan/afwezig)

Opvallend: bij elke druk op de knop hoor je de schakeling in de meterkast.



### 5.5.3 Safety & Comfort Woning

Aanwezige domoticagestuurde systemen in de woning

- Noodoproepsysteem
- Televisie
- Bediening verlichting
- Verwarming
- Toegangcontrole
- Ventilatie
- Brandmelding
- Elektrische gordijnen en zonwering

#### Domotica op het onderdeel bediening verlichting

In de woning is een complex bedieningssysteem met diverse knoppen met een aan/uit-functie voor verlichting (foto 6) aangetroffen. In de slaapkamer zijn twee bewegingssensoren aangetroffen. De bewegingssensoren zijn aan elke kant van het bed geplaatst, 1 sensor is achter het gordijn gepositioneerd (foto 7).

Ook zijn er bijzondere knoppen:

- slaapkamer: dag/nacht  
in de nachtstand gaat op de bewegingssensor de toiletrouting (kleine lampjes net boven de plint) aan.
- gang bij voordeur: aan (boven)/afwezig (onder)  
bij inschakelen afwezig:
  - gaat alle verlichting in de gehele woning uit – deze kan later met een druk op de knop weer worden ingeschakeld
  - gaan radio en tv uit – deze gaan pas weer aan als er weer op aanwezig wordt geschakeld.
  - reageert de sensor in de gang 15 seconden niet meer
  - noodoproep functioneert nog altijd

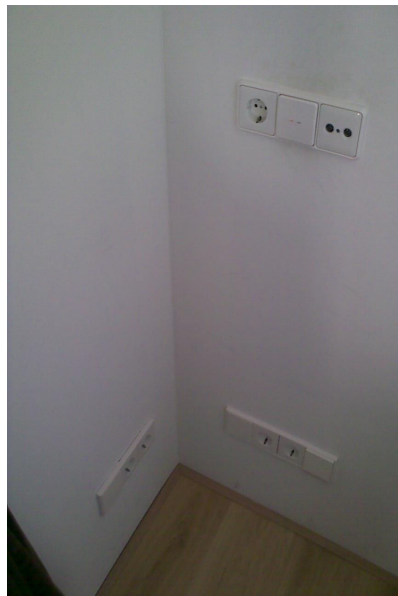


Foto 6 en 7 Complexe bedieningspanelen, aanwezigheidsdetectie in praktijksituatie achter gordijn



Functie van de schakelaars:

- alle knoppen zijn verschillig of er boven of onder wordt gedrukt: boven is aan, onder is uit
- led in knop brand als de lamp aan is (normaal)
- led in knop brand in dagstand (dag/nacht)
- led in knop brand niet als aanwezig (aan/afwezig)

Opvallend: sommige stopcontacten in de plint schakelen wel mee met de centrale aan/uit schakeling, andere niet.

#### 5.5.4 *Evaluatie aangetroffen domotica*

Het verlichtingssysteem in beide woningen scoort goed op de meeste principes, maar slecht op 'feedback' (4), 'structuur' (7), en daardoor ook slecht op 'geheugen' (6) uit paragraaf 4.3.2. Het is in de beide woning niet altijd duidelijk wat een schakelaar doet. Bij de 'normale' verlichtingschakelaars (voor verlichting zonder stekker) levert dit doorgaans geen problemen op. In beide woningen gaat na een druk op de knop het licht aan of uit. In een van beide woningen zijn de schakelaars verschillig. Dit betekent dat met een druk op de bovenste helft van de schakelaar het licht aan, en met een druk op de onderste helft van de schakelaar het licht uit gaat. In de andere woning zijn de schakelaars onverschillig. Met een keer op de schakelaar drukken (boven of onder) gaat het licht aan. Met een tweede druk gaat het licht uit. Onduidelijkheid ontstaat echter pas wanneer gebruik wordt gemaakt van de 'aanwezigheidsschakelaar' en de 'nachtschakelaar'. De aanwezigheidsschakelaar is geplaatst naast de voordeur en de nachtschakelaar is geplaatst naast het bed. Beide schakelaars hebben hetzelfde uiterlijk als de overige schakelaars in de woning. Ze hebben echter een wezenlijk andere functie.

Bij het inschakelen van de 'nachtstand' wordt verlichting (zonder stekker) in de woning uitgeschakeld en worden sensoren naast het bed actief. Wanneer deze sensoren beweging detecteren (bijvoorbeeld wanneer iemand 's nachts uit bed stapt) gaat de toiletrouting aan. De toiletrouting bestaat uit kleine lampjes net boven de plint die de route van het bed naar de badkamer verlichten. In beide woningen brandt de led in de schakelaar ter indicatie dat de woning in de dagstand staat. Opvallend is dat in de woning met de onverschillige schakelaars de nachtschakelaar wel verschillig is. In dezelfde woning branden de leds op de schakelaars als de lamp uit is. De led op nachtschakelaar brand echter niet als de woning 'uit' is. Dit is niet consistent.

Wanneer met de aanwezigheidsschakelaar de woning 'uit' wordt gezet, gaat alle verlichting in de gehele woning uit en reageert de sensor in de gang enige tijd niet. Doordat de sensor in de gang enige tijd niet reageert wordt voorkomen dat het licht in de gang direct na het uitschakelen van de woning op een signaal van de sensor weer wordt ingeschakeld. Alle verlichting in de woning kan wanneer de woning 'uit' staat met een druk op de knop weer worden ingeschakeld. Dit geldt overigens niet voor de radio en tv, die met dezelfde aanwezigheidsschakelaar worden uitgezet.

De enige 'feedback' (4) die wordt gegeven is het branden van een led in de aanwezigheidsschakelaar. Opvallend is dat de led in de ene woning brand bij aan- en in de andere woning bij aanwezigheid. De volgende situatie is daarmee niet ondenkbaar: Bewoner is bij thuiskomst vergeten de woning 'aan' te zetten. De sensor in de gang doet echter gewoon het licht aan en ook alle lichtschaakelaars functioneren normaal. Alleen de radio en tv doen het niet. Bewoner vraagt de buurman om hulp. Hij is gewend dat 'led = aan' betekent 'huis = aan' en weet niet dat dit bij de burens precies omgekeerd is. Dit zou geen probleem zijn als er ergens de mogelijkheid bestaat om de

‘structuur’(7) (en de instellingen) van het systeem te bekijken. Deze mogelijk ontbreekt echter in beide woningen.

## 5.6 Advanced Energy Design Guide

### 5.6.1 Inleiding

In de Advanced Energy design guide (ASHREA 2009) worden voor kleine (maximaal circa 8300 m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak) zorggebouwen en ziekenhuizen energiebesparende maatregelen beschreven die een rendement beogen dat minimaal 30% hoger is ten opzichte van de maatregelen zoals beschreven in de ANSI/ASHREA/IESNA Standard 90.1-1999. Uitgangspunt van de publicatie is dat een ziekenhuis of ander gebouw voor gezondheidszorg het doel heeft dat het gebouw de behandeling en/of zorg van zieke of anderszins hulpbehoevende mensen optimaal ondersteunt. De benodigde functionaliteiten waarmee dit doel moeten worden gerealiseerd, staan voorop wanneer de mogelijkheden tot energiebesparing worden besproken. Om de effecten van de energiebesparende maatregelen inzichtelijk te maken, is voor een tweetal voorbeeldprojecten (een ziekenhuisgebouw met afzonderlijk beschouwd de ok-ruimtes), voor de verschillende klimaatzones die de Verenigde Staten kennen, de gebouwschil, verlichting, verwarmings- en koelsystemen beschouwd en het effect van maatregelen inzichtelijk gemaakt. De voorbeelden zijn doorgerekend aan de hand van standaard aanbevelingen uit de ANSI/ASHREA/IESNA Standard 90.1-1999 en aan de hand van de aanbevelingen die ASHREA (2009) geeft om 30% energiebesparing te bewerkstelligen. De aanbevelingen zijn aan de hand van een aantal gerealiseerde zorggebouwen getoetst.

Om de 30% besparing te kunnen behalen pleit ASHREA (2009) in essentie voor:

- het zo vroeg als mogelijk betrekken van de eindgebruiker in het ontwerpproces;
- een integrale aanpak van het ontwerp door een ervaren en innovatief ontwerpteam;
- het beschouwen van de kosten van de investering in relatie tot de gebruikskosten over de totale gebruiksfase.
- Een partij die verantwoordelijk is voor de juiste inregeling van de bouwsystemen en installaties en de juiste informatievoorziening en gebruiksinstructies bij oplevering van het gebouw.
- Train de gebruikers van het gebouw in het gebruiken van de verschillende bouwsystemen en de installaties.
- Monitor het gebouw en het energiegebruik (kan eenvoudig door maandelijks in kaart brengen van totaal energieverbruik) om de beoogde besparing te kunnen toetsen aan de realiteit. Onderneem zo nodig actie tot verbetering.

### 5.6.2 Aanbevelingen energiebesparing en verlichting

Verlichting is één van de maatregelen uit het pakket van maatregelen die wordt beschreven om tot de 30% energiebesparing te komen. Een hoog efficiënte verlichting kan hogere stichtingskosten met zich meebrengen, maar kan ook meer geld opleveren in de gebruiksfase, niet alleen doordat er een lagere energievraag van de lamp zelf is maar ook omdat minder warmteontwikkeling een lagere koellast in het gebouw tot gevolg heeft. Wanneer vanuit het oogpunt van energie de verlichting wordt beschouwd, dient dit dan ook integraal benaderd te worden om alle voor- en nadelen mee te kunnen wegen.

Concreet wordt voor de kunstverlichting het volgende geadviseerd:

- De reflectiefactor van het plafond bedraagt minimaal 85% voor ruimtes die gebruik maken van een directe verlichting en minimaal 90% voor ruimtes die gebruik maken van een indirecte verlichting. Om optimaal gebruik te kunnen maken van daglicht, dient de reflectie van de wanden nabij de verticale daglichtopeningen en de gedeelten van de wand boven 2,1 meter minimaal 70% te bedragen. Gemiddeld dient de reflectie van de wand minimaal 50% te bedragen. Voor vloeren wordt een minimale reflectiefactor van minimaal 20% geadviseerd.
- Fluorescentielampen en compacte fluorescentielampen zijn momenteel de meest energiezuinige en duurzame lichtbronnen voorhanden. Door veroudering van de lampen neemt het rendement van de lamp af. Om toch de minimaal vereiste lichtniveaus over de gehele levensduur te behalen dient gerekend te worden met de ontwerpwaarde, dit is de waarde op 40% van de levensduur van de lamp, welke te vinden is in de productinformatie van de lamp.
- Gemiddeld geïnstalleerd vermogen bedraagt 10,8 W/m<sup>2</sup>.
- Pas fluorescentielampen toe met een rendement van gemiddeld 90 lumen/Watt.
- Rendement van de overige lamptypen bedraagt gemiddeld 50 lumen/Watt.
- Maak bij fluorescentielampen gebruik van elektrische voorschakelapparatuur.
- Om te voorkomen dat verlichting aan is in ruimtes die niet worden gebruikt, wordt het handmatig aanschakelen van verlichting bij aanwezigheid en automatisch uitschakelen bij afwezigheid geadviseerd. Detectie geldt niet voor die ruimten waar patiënten/cliënten langdurig verblijven.
- Maak zoveel als mogelijk gebruik van daglicht. Het is gratis en geeft informatie over de tijd van de dag. Gebruik daarom een daglichtafhankelijke regeling, waardoor de bijdrage van het kunstlicht wordt afgestemd op het daglichtaanbod.

### 5.6.3 *Evaluatie aanbevelingen Advanced Energy Design Guide*

Op basis van ASHREA (2009) kan gesteld worden dat de aanbevelingen uit de Advanced Energy Design Guide het doel hebben om bewust en zo efficiënt als mogelijk met energie om te gaan. Het belang van het beschouwen van de kosten van gebruik van het verlichtingssysteem gedurende de beoogde levensduur van het gebouw in relatie tot de initiële kosten (Total Cost of Ownership) als ook het juist inregelen van de installatie en het informeren en instrueren van de gebruiker over het systeem wordt onderstreept. Uitgangspunt bij een energiezuinig kunstlichtsysteem, is het optimaal benutten van daglicht. Gerelateerd hieraan wordt ook ingegaan op afwerking van de omhulling van de ruimte. De publicatie adviseert een afwezigheidsdetectie in ruimten, waarbij de verlichting handmatig wordt aangeschakeld bij aanwezigheid en automatisch uitschakelt bij afwezigheid. Nadeel van een dergelijk systeem is dat gebruikers vaak onbedoeld bij te lage lichtniveaus verblijven doordat bv bij binnenkomst in de ruimte de ruimte nog voldoende dagverlicht is en het daglichtniveau gedurende het verblijf terugloopt. Doordat dit geleidelijk gebeurt, duurt het vaak vrij lang voordat men door heeft dat men eigenlijk een oogtaak bij een te laag lichtniveau uitvoert. Ook kan de verlichting uitschakelen als men gedurende langere tijd (nauwelijks) beweging vertoont, bv wanneer men een tekst leest of naar buiten kijkt.

De publicatie richt zich in de praktische uitwerking vooral op de functionaliteiten van ziekenhuizen. Op specificaties van de verlichting (onder andere het lichtniveau en de spectrale samenstelling van het licht), afwerking van ruimten of het voorkomen van oncomfortabel visuele omstandigheden die specifiek gericht zijn op het welzijn en de ondersteuning van de gezondheid van ouderen, wordt niet ingegaan. De principes voor mens-techniek interactie, waaraan het verlichtingssysteem zou moeten voldoen, blijven buiten beschouwing.

Op basis van de Advanced Energy Design Guide kan daarom geen uitspraak worden gedaan over de mate waarin de verlichting in de seniorenwoningen een middel zou kunnen zijn tot het behouden en bevorderen van zelfstandigheid en het behouden van een actieve leefstijl, maar geeft wel richting aan welke eisen aan het verlichtingssysteem gesteld kunnen worden om aan de voorwaarde van energiezuinigheid en duurzaamheid te voldoen.

## 6 Conclusie

De onderzoeken naar visuele lichtbehoeften in ogenschouw nemend, valt op dat het meest wordt ingegaan op een vergelijk tussen lage en hogere lichtniveaus, en dat 'fine-tuning' naar een optimum niet wordt onderzocht. De vraag is of voor ouderen in het algemeen überhaupt wel een optimum kan worden gegeven. Evans (2010) stelt dat visuele prestaties toenemen bij hoge lichtniveaus, maar dat de hoogte van de niveaus mede afhankelijk is van de mate van veroudering van het oog en de aanwezigheid van eventuele oogziekten. Het optimale verlichtingsniveau volgt uit persoonlijke voorkeur en beste prestatie. Het afstemmen van statische lichtcondities op de persoonlijke behoefte en voorkeuren volgt ook uit de resultaten en aanbevelingen van het Aladin-project.

De veroudering van het oog verergert met het klimmen der jaren, het gewenste lichtniveau zal daarom in de tijd blijven veranderen. Dit pleit voor een regelbaar verlichtingssysteem dat wordt afgestemd op de persoonlijke voorkeur en beste prestatie en meegroeit met de persoon. Om toch een orde van grootte van de gewenste lichtniveaus aan te kunnen geven, geldt dat voor ouderen vanaf circa 60 jaar minimaal drie tot achtmaal de standaard visuele lichtbehoefte zoals gedefinieerd in NEN-EN 12464 (1500 lux tot 4000 lux voor oogtaak lezen) moet worden geadviseerd. Eventueel dient daarnaast gecompenseerd te worden voor specifieke oogziekten. Licht is positief van invloed op de looppas en het vertrouwen waarmee men loopt, een directe relatie tussen valincidenten en het verlichtingsniveau op de looproute overdag en tijdens de nachtelijke uren is niet gevonden. Tot op heden is daarom niet bekend welke eisen er tijdens de nachtelijke uren (wanneer men wil voorkomen dat de slaap/waakcyclus onnodig wordt verstoord) aan het verlichtingsniveau op de looproute gesteld moeten worden en op welke wijze (algemeen lichtniveau, strijklicht over de vloer of horizontale en verticale lijnverlichting met een zeer lage luminantie) dit dan moet gebeuren. Dit zal uit nader onderzoek moeten blijken.

Ouderen hebben vaak voorkeur voor warm-witte verlichting. Een lamp met een goede kleurweergave ( $R_a$  minimaal 85) zal het onderscheiden van kleuren positief ondersteunen, wat bij inname van medicatie maar ook het uitvoeren van handwerkzaamheden als schilderen of borduren ten gunste komt. Een lamp die is verrijkt in het kortgolfige (blauwe) gedeelte van het spectrum, zal bijdragen de vergeling van de ooglenzen te compenseren.

Behalve een visuele functie (door prikkeling van staafjes en kegeltjes op het netvlies) heeft het oog ook een niet-visuele functie. Licht en donker zijn de belangrijkste stimuli om de biologische klok (SCN) te synchroniseren aan de 24-uurs ritmiek van de aarde en daarmee hormoonspiegels, lichaamstemperatuur, alertheid, urineproductie en –samenstelling, slaap/waak ritme, stemming, prestatie, etc aan te sturen (oa Czeisler et al, 1986; Berson, 2002 en 2003, Campbell et al., 1995; Someren et al, 1997, Riemersma-van der Lek et al, 2007; Lockely, 2009). De lichtgevoelige cellen op het netvlies, pRGCs, die het effect teweegbrengen zijn het meest gevoelig voor kortgolvig (blauw) licht, met een golflengte die ligt tussen 460 en 500 nm. Recente inzichten (Veitch 2005; Figuero et al, 2009; Laufer, 2010; Plitnick, 2010) pleiten voor nog andere mechanismen dan de SCN (en melatonine) en of de pRGCs die niet visuele effecten teweeg brengen. Welke dit dan zijn, zijn momenteel (begin 2010) nog niet bekend.

Vooral de slaap/waak cyclus is gevoelig voor licht. Uit laboratoriumonderzoeken blijkt dat melatonine onderdrukking plaats vindt wanneer men wordt blootgesteld aan een hoge dosis helder licht (Turner et al, 2010) of aan een lage dosis blauw licht (Brainard et al, 2001; Thapan et al, 200; Berson, 2003).

Tot nu toe uitgevoerde veldonderzoeken geven aanleiding te stellen dat licht een positief effect heeft op welzijn en gezondheid ondersteunt. (Figuerio, 2008; Figuerio et al., 2008; Hoof et al., 2009a; Hoof et al., 2009b, Someren et al 1997, Sloane 2007, Riemersma 2005, 2007, 2008, Turner et al 2010) tonen bij wisselende lichtomstandigheden (wisselende lichtniveaus, spectrale samenstelling, blootstellingsduur en tijdstip van blootstelling ) effecten van licht aan. Punt van kritiek is dat de meeste onderzoeken bv de bijdrage van daglicht in de ruimte of variatie van overige omgevingsparameters als temperatuur niet beschrijven. Ook de mate van blootstelling aan daglicht wordt in vrijwel geen enkel onderzoek aangehaald, laat staan exact beschreven.

Onderzoek (Hoof 2009b) geeft aanleiding te stellen dat voor sommige personen met dementie een verlichting met een hoge kleurtemperatuur een negatief effect zouden kunnen hebben op het gedrag en het welbevinden.

Behalve het onderzoek van Riemersma (2008), hebben de onderzoeken relatief kortdurend plaatsgehad waarmee het langetermijneffect of een gewinningseffect als gevolg van blootstelling aan verlichting niet inzichtelijk wordt gemaakt.

De kennislacune inzake de hoeveelheid licht die nodig is om een biologisch effect van licht te bewerkstelligen, betreft de totale blootstelling van het licht, de meest effectieve manier om het licht toe te dienen, de samenstelling van het spectrum en de invloed van tijdstip en tijdsduur van de blootstelling aan licht. Daarnaast is het onbekend of er een gewinningseffect optreedt. Of de grootte lux wel geschikt is om de lichtbehoefte uit te drukken is tevens nog niet bekend. Of persoonlijke voorkeuren ook een rol spelen zal uit nader onderzoek moeten blijken.

Ergo, op basis van het tot nu toe gepubliceerde onderzoek is het niet mogelijk de exacte lichtparameters en de effecten te kwalificeren. Wel is het aannemelijk te stellen dat de kwaliteit van het oog weer bepalend is voor de hoeveelheid licht waaraan het oog blootgesteld moet worden om een effect te realiseren. Dit pleit weer voor regelbaarheid van het systeem.

Vanuit literatuur die is gewijd aan thermisch comfort is bekend dat variatie in de omgevingsparameter temperatuur zorgt voor activatie van lichaamsprocessen of, dat het verblijven in een constante omgeving zorgt voor luiheid van het lichaam en het 'in de slaapstand' raken van tal van lichaamsprocessen (hormoonafgifte). Of een dergelijk effect ook optreedt bij het langdurig in dezelfde lichtomstandigheden verblijven is tot op heden niet bekend.

De vraag welke lichtbronnen op een energiezuinige en duurzame manier invulling kunnen geven aan de verlichtingseisen, wordt met de huidige stand van de techniek met TL-verlichting of compacte fluorescentiebuizen (spaarlampen) beantwoord. Met TL-verlichting kan een goede kleurweergave worden bereikt, de levensduur is relatief lang en het rendement van een goede TL ligt hoger dan die van gloei- en halogeenlampen. Met de huidige stand van de ledtechnologie is het niet mogelijk om ledverlichting te vervaardigen die kan concurreren met een TL-verlichting, het rendement (uitgedrukt in lumen per watt) is nog lager dan het rendement van TL verlichting en het lukt nog niet

om over de gehele levensduur van de led een gelijk rendement (uitgedrukt in lumen per watt) te behalen. Sterker, over de levensduur beschouwd kan de lichtopbrengst van leds tot wel 70% afnemen. Daarnaast zijn er nog geen leds op de markt die een constante kleurweergave hebben en die een systeemrendement kennen wat gedurende de gebruiksfase lager ligt dan die van fluorescentielampen.

De ontwikkelingen in de ledtechnologie gaan echter snel, in nabije toekomst (2 tot 5 jaar voor led?) zullen ledoplossingen voorhanden komen die wel op alle vlakken kunnen concurreren met de huidige verlichtingstechnieken.

Bij het ontwerpen van een verlichtingssysteem dient om een goede acceptatie door de gebruiker te realiseren uitgegaan te worden van de principes voor mens-techniekinteractie voor de gebruikersinterface en de infrastructuur (paragraaf 4.3).

Een aantal (niet) gerealiseerde voorbeeldprojecten is beschouwd. Alleen de resultaten uit het Aladin-project, geven aanleiding te stellen dat met verlichting een positief effect op welzijn van ouderen bereikt kan worden. Het onderzoek beschrijft een toename van overall cognitieve functies, het kunnen relaxen en het welbevinden. Echter deze resultaten kunnen door de gehanteerde onderzoeksopzet en type deelnemers niet breed worden getrokken voor ouderen in het algemeen en de vereiste verlichtingsniveaus. Op basis van de voorbeeldprojecten kan dan ook geen uitspraak worden gedaan over de mate waarin de verlichting in de seniorenwoningen een middel zou kunnen zijn tot het behouden en bevorderen van zelfstandigheid en het behouden van een actieve leefstijl.

#### Overall conclusie

Op basis van dit literatuuronderzoek kunnen prestatie-indicatoren en prestatie-eisen die gesteld worden aan de verlichting om daarmee langer zelfstandig blijven positief te ondersteunen, worden aangegeven en worden vertaald in een werkbaar lichtconcept voor de gehele woning. De indicatoren en eisen doen recht aan de eisen die gesteld worden aan verlichting voor optimale visuele prestaties als ook de niet-visuele lichtbehoefte van ouderen. Vanuit de randvoorwaarden van energiezuinigheid en duurzaamheid, zal het optimum in verlichting gehandhaafd moeten worden. Voor het visuele aspect van verlichting heeft dit plaats door inregeling naar persoonlijke voorkeur. Fine tuning van de verlichting die nodig is om een biologisch effect te bewerkstelligen kan plaatshebben wanneer meer inzicht is verkregen in de benodigde lichtniveaus, de meest effectieve manier om het licht toe te dienen, de samenstelling van het spectrum en de invloed van het tijdstip en tijdsduur van de blootstelling aan licht. Bij het ontwerpen van een verlichtingssysteem dient om een goede acceptatie door de gebruiker te realiseren uitgegaan te worden van de principes voor mens-techniekinteractie en mens-verlichting-interactie. Uit de beschouwing van de (gerealiseerde) voorbeeldprojecten blijkt dat er nog geen lichtconcept op de markt is wat recht doet aan al deze aspecten.

## 7 Specificaties van een lichtconcept van een woning of elementen in kleinschalig wonen

### 7.1 Inleiding

In hoofdstuk 6 is de state-of-the-art van de beschikbare kennis en inzichten op het gebied van goede en gezonde verlichting voor senioren met aandacht voor de kennislacunes concluderend samengevat. Gelet op de state-of-the-art kennis en de stand van de techniek begin 2010, wordt in dit hoofdstuk een set specificaties gepresenteerd waaraan een lichtconcept in een woning of elementen in kleinschalig wonen zou moeten voldoen, om daarmee welzijn en gezondheid van ouderen optimaal te ondersteunen en met als beoogd positief effect langer zelfstandig blijven te stimuleren onder de randvoorwaarden van duurzaamheid en energiezuinigheid. Paragraaf 7.2 gaat in op de algemene eisen. In paragraaf 7.3 wordt ingegaan op de verlichtingseisen eisen per ruimte. Paragraaf 7.4 beschrijft de eisen met betrekking tot acceptatie van een verlichtingssysteem door de gebruiker. Als laatste worden de eisen gepresenteerd die van toepassing zijn op de randvoorwaarden van energiezuinigheid en duurzaamheid.

### 7.2 Algemene eisen

#### Gelijkmatigheid van de lichtverdeling

Zorg in de woonomgeving van ouderen ervoor dat het oog niet voortdurend van lage naar hoge lichtniveaus moet adapteren, dit werkt namelijk vermoeidheid en hoofdpijn in de hand. Een gelijkmatigheid van 70% op taakniveau en van 50% in de ruimte is acceptabel.

#### Kleurweergave

Zorg voor een betere kleurperceptie door gebruik van lichtbronnen met een goede kleurweergave (Ra waarde > 85). Voor visuele oogtaken heeft fluorescentieverlichting de voorkeur boven gloeilampen vanwege de hogere blauwcomponent in het licht als compensatie voor de vergeling van de ooglenzen.

#### Bediening

Bediening van de verlichtingsinstallatie dient afgestemd te zijn op de voorkeur en behoefte van de senior. Om een zo groot mogelijke acceptatie van de bediening en daarmee gebruik van het systeem te bereiken dient de interface en de infrastructuur ontworpen te zijn volgens de punten in paragraaf 4.3 van dit rapport.

#### Helderheden

Hoewel voor het oudere oog meer licht nodig is om goed te kunnen zien, moet voorkomen worden dat er te hoge helderheden in de omgeving van ouderen zijn (glare). Dit zorgt voor oncomfortabele situaties, waarbij gedeeltes van het beeld worden versluierd. Zorg ervoor dat de lichtbron in het armatuur niet zichtbaar is en werk de omgeving af met matte materialen. Breng helderheidwering aan voor glasvlakken (ook op de Noord-zijde van gebouwen) en zorg voor een automatisch regeling van het systeem.



Uitgangspunt bij de toelaatbare helderheden is voorkomen van overschrijding van de verhouding tussen *taak: direct gezichtsveld: omgeving*. Deze verhouding zou bij voorkeur *1:3:10* moeten zijn.

#### Afwerking interieur

De stijlen en regels van de raamkozijnen dienen licht afgewerkt te zijn om contrastverschillen met het daglicht te verminderen. Gordijnen zijn om dezelfde reden bij voorkeur in een lichte kleur. Muren, vloeren en plafond dienen bij voorkeur licht afgewerkt te zijn.

Deurknoppen, trapeuningen, beugels, afstapjes, railingen enz en andere elementen die dienen voor het vastpakken of ondersteuning moeten bieden, dienen in hoog contrast met de omgeving te worden uitgevoerd

#### Uitzicht

In een zittende positie dient men uitzicht naar buiten te hebben, dus de kozijnen dienen voldoende laag te zijn. Bij hoogbouw is het van belang dat men vanuit een zittende positie aan het raam de straat kan zien. Desgewenst loopt een gedeelte van de raampartij tot aan de vloer van de woonkamer door.

Van belang is dat er variatie in het uitzicht aanwezig is. Een raam dat uitkijkt op een blinde muur aan de overzijde of naar de wolkenlucht gaat snel vervelen en stimuleert de ouderen niet om naar buiten te kijken en daardoor de hoge verticale lichtsterkte op het oog te krijgen die nodig is voor de biologische stimulans.

#### Daglichtopeningen

Zorg dat de ramen tot aan het plafond doorlopen, dit geeft een hogere daglichtbijdrage dieper in de ruimte en daardoor een betere verdeling van het daglicht in de ruimte.

Zonwering is bij voorkeur aan de buitenzijde van de gevel en weert het directe licht dusdanig dat de kleur van het interieur niet beïnvloed wordt. Uitvalschermen zijn bij voorkeur in een lichte kleur om nog voldoende licht in het interieur toe te laten. Uitvalschermen in één kleur verdienen de voorkeur boven gestreepte. Gestreepte schermen met contrastkleuren, zoals wit en donkerblauw, zijn namelijk vermoeider voor het oog dan schermen in wit en geel.

Helderheidwering bestaat bij voorkeur uit horizontale lamellen, omdat deze dusdanig ingesteld kunnen worden dat het uitzicht naar buiten toe behouden blijft.

### **7.3 Verlichtingseisen per ruimte**

#### Voor de voordeur: Veiligheid en zekerheid

Bij de voordeur moet er voldoende licht zijn om degene die voor de deur staat goed te kunnen zien en te herkennen, wanneer de bewoner door het kijkgaatje kijkt of om als bewoner zelf bij thuiskomst de sleutel te vinden in een overvolle handtas en vervolgens ook het sleutelgat.

#### Hal, gang en looppaden: Oriëntatie

In de hal en in de gang moet er voldoende licht zijn om bij weggaan de juiste jas uit te kiezen en om bij de spiegel even het haar goed te doen of de hoed recht te zetten. Het lichtniveau op de looproutes dient minimaal 300 lux op vloerniveau te zijn maar zou afhankelijk van de voorkeur en behoefte van de gebruiker opgeschaald moeten kunnen worden naar 800 lux.

De meest geschikte wijze van het tijdens de nachtelijke uren aanlichten van de looproute en met welk lichtniveau dit dan moet gebeuren, in relatie tot het verminderen van het aantal valincidenten maar met respect voor de slaap/waakcyclus, is tot op heden niet bekend. Voorlopig wordt daarom uitgegaan van drie mogelijkheden, 1) verlichten met normaal licht, maar dan dimbaar en af te stellen op de persoonlijke voorkeur van de gebruiker, dusdanig dat het voldoende is om 's nachts de weg te kunnen vinden zonder dat de slaap/waakcyclus wordt verstoord. Het lichtniveau op de looproute is afhankelijk van de voorkeur en behoefte van de gebruiker regelbaar naar 800 lux. 2) met strijklicht wordt het looppad verlicht 3) een horizontale en verticale lijnverlichting met een lage luminantie, aangebracht in de plint en deuren, die het pad aanduiden, zodanig dat het pad herkend wordt maar niet of nauwelijks wordt verlicht.

#### Woonkamer: Sociale contacten, activiteiten en zorg

De algemene verlichting van de woonkamer moet ervoor zorgen dat er voldoende licht is om je te kunnen oriënteren als senior en tegelijkertijd moet het een gezellige sfeer uitstralen. Zorg voor een algemeen lichtniveau in de woonkamer van minimaal 450 lux met mogelijkheid tot opschaling naar 1200 lux, afhankelijk van de voorkeur en behoefte van de gebruiker.

Gelijkmatigheid van 70% op 80 cm hoogte van de vloer. De woonkamer bestaat verder vaak uit twee delen waarbinnen verschillende activiteiten plaatsvinden:

vanaf de bank of de luie stoel wordt tv gekeken, bezoek ontvangen, hobby's uitgevoerd zoals een boek lezen, (kruiswoord)puzzels maken, handwerken, naar muziek luisteren. Hiervoor is aan de ene kant sfeerverlichting noodzakelijk en aan de andere kant taakverlichting. Het kunstlicht moet gericht kunnen worden op de taak, zoals een leesboek, een handwerkje of een puzzel, zodat deze langdurig en zonder hinder uit te voeren is. De lamp moet lager dan de ooglijn geplaatst zijn en geen schaduw op de taak strooien van handen of andere obstakels. Het lichtniveau op de taak dient variabel te zijn en afhankelijk van de voorkeur en behoefte van de gebruiker opgeschaald te kunnen worden .

- Het lichtniveau voor de oogtaak lezen is variabel in de range 1500 – 4000 lux, voor fijnere (hand-)werkzaamheden zou variatie tussen de range op minimaal 2400 en 6000 lux mogelijk moeten zijn. Gebruik dimmers, zodat de bewoner zijn eigen geprefereerde lichtniveau kan instellen (transitie van taaklicht naar sfeerlicht).
- Indien zowel leestaken als fijne handwerkzaamheden bij de zelfde lichtbron uitgevoerd dient te worden dan dient het lichtniveau variabel te zijn in de range van 1500 – 6000 lux.
- Om oogtaken goed uit te kunnen voeren, dient het kleuronderscheidend vermogen van de gebruiker optimaal ondersteund te worden. Een kleurweergave van minimaal 85 is hiervoor vereist.
- Kies in de woonkamer voor een warm-witte verlichting (2700 -3000 K)

#### Eventueel Lichtstimulans: Ondersteunen dagnachtritme, activiteiten en zorg

In de ruimte waar men het liefst verblijft (bv woonkamer of keuken) kan een ruimte ingericht worden waar de bewoners een biologische lichtstimulans kunnen ontvangen op dagen dat ze niet naar buiten gaan. Daar exact benodigde doses, lichtkleur, en tijdstip nog niet bekend zijn, wordt voorlopig aangehouden dat de lichtsterkte als gevolg van

helder wit licht op het oog minimaal 3000 lux dient te zijn, voor minimaal 2 uur per dag. Bij voorkeur wordt gestart vlak na het opstaan met afronding uiterlijk aan het einde van de middag. Een lichtgevend vlak, met een speciale tafellamp of een hangende lamp boven de eettafel zou dit mogelijk kunnen maken.

Keuken: *Veiligheid en zekerheid*

In de keuken moet er vooral voldoende licht op het aanrechtblad zijn zodat bewoners goed kunnen zien wat ze doen bij het bereiden van eten, minimaal 1000 -2500 lux, de lamp dient een voldoende hoge kleurweergave te hebben (minimaal Ra 85). Ook de kwaliteit van het eten, of het bedorven is of niet, wordt daardoor beter waarneembaar. Naast het aanrechtblad moet ook het kooktoestel goed verlicht zijn. Het kan niet zo zijn dat door een slecht functionerende verlichting niet goed wordt waargenomen dat een van de kookplaten te hoog staat of onverwacht nog aan is waardoor het eten aanbrandt.

Slaapkamer: *Ondersteunen dagnachtritme, zorg, veiligheid en zekerheid*

In de slaapkamer moet voldoende licht zijn om uit- en aan te kleden, om kleding uit te zoeken in de kledingkast en om eventueel nog wat te kunnen lezen in bed. 's Nachts, wanneer de bewoner opstaat om naar het toilet te gaan, moet de nachtelijke oriëntatieverlichting aangaan. De meest geschikte wijze van het aanlichten van de looproute en met welk lichtniveau dit dan moet gebeuren, in relatie tot het verminderen van het aantal valincidenten, is tot op heden niet bekend. Voorlopig wordt daarom uitgegaan van de drie volgende mogelijkheden: 1) verlichten met normaal licht, maar dan dimbaar en af te stellen op de persoonlijke voorkeur van de gebruiker, dusdanig dat het voldoende is om 's nachts de weg naar het toilet te kunnen vinden zonder dat de slaap/waakcyclus wordt verstoord. Het lichtniveau is hierbij, afhankelijk van de voorkeur en behoefte van de gebruiker, regelbaar naar 800 lux. 2) een speciale lamp die onder het bed bevestigd is en die zodra de bewoner op de bedmat stapt aangaat en strijklicht verspreidt over de vloer richting badkamer of 3) een lijnverlichting in de plint en rondom de deur met een zeer lage luminantie, dusdanig dat alleen de lijnen herkend worden en houvast bieden maar de omgeving niet of nauwelijks wordt verlicht.

De lamp die wordt gebruikt om te kunnen lezen zou ook geschikt kunnen zijn om enige medische handelingen bij te verrichten zoals bloeddruk en temperatuur opnemen, inspectie van wonden, of iets dergelijks voor wanneer huisarts of ander verplegend personeel op huisbezoek komt. Het lichtniveau op de oogtaak is variabel in de range 1500 – 4000 lux.

Badkamer:

In de badkamer moet de bewoner zichzelf kunnen bekijken zonder in zijn of haar eigens schaduw te staan. Een lamp die verwerkt is tussen de spiegel en de bewoner voldoet hieraan. Het lichtniveau op de persoon dient variabel te zijn en afhankelijk van de voorkeur en behoefte van de gebruiker opgeschaald te kunnen worden (range 1000-2500 lux).

Samenvatting Verlichtingseisen

<b>Woonkamer</b>	<b>Type verlichting</b>	<b>eisen</b>
Zithoek met luie stoel	Algemene verlichting	Voldoende hoog en variabel algemeen lichtniveau, zodat op de looproute een lichtniveau van minimaal 300-800 lux gerealiseerd kan worden. Overdag wordt dit in de raamzone veelal door het daglicht bereikt.
	Taakverlichting	Variabel instelbaar tot 4000 lux voor lezen, en tot 6000 lux voor fijnere (hand-) werkzaamheden op de taak.
Eethoek	Taakverlichting	Variabel instelbaar tot 4000 lux op het tafelblad.
Biologische stimulans		Voorlopig uitgangspunt: minimaal 3000 lux op het oog, helder wit licht, gedurende minimaal 2 uur, start blootstelling direct na het opstaan. Uiterlijk stoppen aan einde van middag.
<b>Keuken</b>		
Keuken met opbergkasten	Algemene verlichting	Voldoende hoog en variabel algemeen lichtniveau, zodat op de looproute een lichtniveau van minimaal 300-800 lux gerealiseerd kan worden.
	Taakverlichting	Verticale component moet zodanig zijn dat in de keukenkastjes voldoende licht schijnt, verticaal vlak instelbaar tot 2400 lux.
Werkvlak op het aanrechtblad	Taakverlichting	Instelbaar tot 2400 lux op het aanrechtblad.
<b>Gang</b>		
Oriëntatie	Algemene verlichting	Voldoende hoog en variabel algemeen lichtniveau, zodat op de looproute een lichtniveau van minimaal 300-800 lux gerealiseerd kan worden.
Nachtelijke oriëntatie	Algemene verlichting	Voorlopig uitgangspunt : Route dient of gemarkeerd te worden door lichtgevende lijnen of verlicht te worden door strijklicht over de vloer of de algemene verlichting wat instelbaar is tot 800 lux.

<b>Slaapkamer</b>		
Bed	Algemene verlichting	Voldoende hoog en variabel algemeen lichtniveau, zodat op de looproute een lichtniveau van minimaal 300-800 lux gerealiseerd kan worden.
	Taakverlichting	Variabel instelbaar tot 4000 lux voor lezen op de oogtaak.
Kledingkast	Taakverlichting	Verticale component moet zodanig zijn dat in de kledingkast voldoende licht schijnt, in het verticale vlak instelbaar tot 2500 lux.
Nachtelijke oriëntatie	Algemene verlichting	Voorlopig uitgangspunt : Route dient of gemarkeerd te worden door lichtgevende lijnen of verlicht te worden door strijklicht over de vloer of de algemene verlichting wat instelbaar is tot 800 lux.
<b>Badkamer</b>		
Wastafel met spiegel	Taakverlichting	Verlichting tussen spiegel en persoon instelbaar op behoefte van gebruiker, instelbaar tot 2500 lux.
Bad of douche	Algemene verlichting	Voldoende hoog en variabel algemeen lichtniveau, zodat op de looproute een lichtniveau van minimaal 300-800 lux gerealiseerd kan worden.
Nachtelijke oriëntatie	Algemene verlichting	Voorlopig uitgangspunt: Route dient of gemarkeerd te worden door lichtgevende lijnen of verlicht te worden door strijklicht over de vloer of de algemene verlichting wat instelbaar is tot 800 lux.

#### 7.4 Eisen met betrekking acceptatie van gebruiker

Beschrijf de kenmerken van deze mensen met een vragenlijst gebaseerd op IDT (Ahn 2004) en de techniekgeneraties. De functie van het product betreft het leveren van een bijdrage aan de onafhankelijkheid en veiligheid van de oudere gebruiker. Daartoe moet de bedieningsinterface voldoen aan de principes van mens-verlichting-interactie zoals gepresenteerd in tabel 7.1 en gelden voor de infrastructuur van het verlichtingssysteem de principes zoals gepresenteerd in tabel 7.2.

tabel 7.1 door de gebruiker gewenste principes voor de gebruikersinterface

	<i>Principe</i>	<i>Beschrijving</i>	<i>Voorbeeld</i>
1	Compatibiliteit	Het systeemontwerp zou compatibel moeten zijn met de gebruikersverwachting.	Een knop met de klok mee draaien zorgt voor 'meer of hoger', tegen de klok in zorgt voor 'minder of lager'.
2	Consistent	Locatie van objecten zou dezelfde moeten zijn op verschillende interfaces (bijv. schermen); dezelfde knoppen moeten hetzelfde effect hebben.	Een brandende rode LED bij een schakelaar betekent altijd dat de lamp uit staat.
3	Fouten maken mag	Ga ervan uit dat gebruikers fouten maken en maak het herstellen eenvoudig	Zorg voor een 'herstel'-mogelijkheid en voor inhoudelijke foutmeldingen
4	Feedback	Het resultaat van een handeling moet duidelijk zijn.	De melding 'Nachtstand' zegt meer dan een brandende LED
5	Aanpasbaarheid	Stel de gebruiker in staat het systeem naar eigen wensen en behoeften aan te passen.	De gebruiker kan zelf bepalen met welke knop welke lamp wordt bedient
6	Geheugen	Overlaad het geheugen van de gebruiker niet. Zorg voor feedback.	
7	Structuur	Zorg voor structuur die de functie ondersteunt.	Overzicht van het systeem; site map; display met instellingen en status
8	Werkdruk	Beperk de inspanning van de gebruiker.	Maak overzichtelijke interfaces en geef alle relevante informatie maar ook niet meer
9	Vertrouwdheid	Verander zo min mogelijk ten opzichte van techniek waarmee de gebruiker vertrouwd is.	Gebruik schakelaars die lijken op de schakelaars die men kent

tabel 7.2 door de gebruiker gewenste principes voor de infrastructuur van een verlichtingssysteem

	<i>Principe</i>	<i>Beschrijving</i>	<i>Voorbeeld</i>
1	Compatibiliteit	Het systeemontwerp zou compatibel moeten zijn met de gebruikersverwachting.	
3	Fouten maken mag	Ga ervan uit dat gebruikers fouten maken en maak het herstellen eenvoudig.	Zorg voor een 'herstel'-mogelijkheid en voor inhoudelijke foutmeldingen.
5	Aanpasbaarheid	Stel de gebruiker in staat het systeem naar eigen wensen en behoeften aan te passen.	De gebruiker kan zelf bepalen met welke knop welke lamp wordt bediend.
7	Structuur	Zorg voor structuur die de functie ondersteunt.	Overzicht van het systeem; display met instellingen en status
10	Accuraat	Nauwgezet, volgens de gestelde eisen en conform	Doet het systeem wat het zou moeten doen?

11	Betaalbaar	geldende normen. In vergelijking met andere oplossingen niet te duur.	
12	Betrouwbaar in gebruik	Het blijvend voldoen aan de systeemeisen.	Doet het systeem altijd wat het zou moeten doen.
13	Betrouwbaar te installeren	Het is voor de installateur eenvoudig om het systeem aan de eisen te laten voldoen.	
14	Eenvoudig om te leren en gebruiken	Gebruikers kunnen met weinig instructie beginnen met het gebruik en het gebruik vereist weinig inspanning.	
15	Esthetica	Kan de infrastructuur mooi in de woning worden geïntegreerd?	Draadloos heeft geen kabels.
16	Korte wachttijd	Tijd die verloopt tussen het moment waarop een opdracht wordt gegeven en het moment waarop de opdracht wordt uitgevoerd.	Het licht gaat snel aan nadat de schakelaar is ingedrukt.
17	Onderhoudbaar	Het is voor de installateur eenvoudig om het systeem aan de eisen te laten voldoen.	Dit heeft te maken met de bereikbaarheid van de hardware en het gemak waarmee de software kan worden aangepast en geupdate.
18	Veilige communicatie		
19	Uitbreidbaarheid	Extra (verlichtings)applicaties kunnen worden toegevoegd.	Extra lichtpunten, maar denk ook aan toegangscontrole, noodoproep, controle binnenklimaat en spreekluisterverbinding.
<i>Door de gebruiker gewenste kenmerken {1, 3, 5, 7} voor domoticaïnfrastructuur gebaseerd op Fisk (2009) en aangevuld {10-19} op basis van Van der Vlies (2010)</i>			

## 7.5 Eisen met betrekking tot energiegebruik en duurzaamheid

Het rendement van de momenteel beschikbare kunstlichtbronnen (uitgedrukt in lumen/Watt) pleit voor het gebruik van fluorescentiebuizen (TL-verlichting) of compacte fluorescentiebuizen (spaarlampen). De bovengrenzen van de gewenste lichtniveaus zijn hoog, wat een negatief effect zal hebben op het geïnstalleerde vermogen. Gelet op de gewenste variabele lichtniveaus, is het wenselijk dat de lichtbronnen dimbaar zijn. TL verlichting is dimbaar (van 4 tot 100%). Niet alle spaarlampen zijn dimbaar, en niet alle dimmers zijn geschikt voor dimbare spaarlampen. Het is dus zaak, om dit goed af te stemmen. Ook de levensduur van TL-verlichting is hoger dan die van gloeilampen en halogeenverlichting. Compacte fluorescentielampen kunnen, afhankelijk van de specifieke eigenschappen, een goede vervanger voor gloeilampen zijn.

Momenteel (begin 2010) is het nog niet mogelijk om ledverlichting te vervaardigen die kan concurreren met een TL-verlichting, het rendement (uitgedrukt in lumen per watt) is nog lager dan het rendement van TL-verlichting en het lukt nog niet om over de gehele levensduur van de led een gelijk rendement (uitgedrukt in lumen per watt) te behalen. Sterker nog, over de levensduur (die hoger is dan TL) beschouwd kan de lichtopbrengst van leds tot wel 70% afnemen. Daarnaast zijn er nog geen leds op de markt die een constante kleurweergave hebben en die een systeemrendement kennen die gedurende de gebruiksfase lager ligt dan die van fluorescentielampen.

De ontwikkelingen in de ledtechnologie gaan echter snel, in nabije toekomst (2 tot 5 jaar voor led?) zullen ledoplossingen voorhanden komen die wel op alle vlakken kunnen concurreren met de huidige verlichtingstechnieken.



## 8 Geraadpleegde literatuur en bronnen

- Aarts, M.P.J., Westerlaken, A.C., (2005), Field study of visual and biological light conditions of independently-living elderly people. *Gerontechnology*, 4(3):141–52.
- Aarts, M.P.J., Schoutens A.M.C., Stapel, J.C., (2006), Natural Light exposure, healthy elderly people and sleep- a field study, Proceedings 2<sup>nd</sup> CIE expert symposium on lighting and health, Vienna
- Ahn, M., (2004), Older People's Attitudes toward Residential Technology: The Role of Technology in Aging in Place, Blacksburg, Virginia: Virginia Polytechnic Institute.
- ASHRAE 2009, Advanced energy design guide for small hospitals and healthcare facilities: achieving 30% energy savings towards a net zero energy building, American Society of Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers, Inc., Atlanta USA, ISBN 978-1-933742-66-3.
- Berson D.M., Dunn F.A., Takao, M., (2002), Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock, *Science* 295:1070-3.
- Berson, D.M., (2003), Strange vision: ganglion cells as circadian photoreceptors, *Trends in Neurosciences*, 26(6):341-320.
- Bakker, R., Iofel, Y., Lachs, M.S., (2004), Lighting Levels in the Dwellings of Homebound Older Adults, *Journal of Housing For the Elderly*, 1540-353X, Volume 18(2):17-27.
- Becker, R., Foliente, G., (2005), PBB International State of the Art, Rotterdam: CIB.
- Beecher, V., Paquet, V., (2005), Survey instrument for the universal design of consumer products. *Applied Ergonomics*, 36(3), 363-372.
- Bladh, M., Krantz, H., (2008), Towards a bright future? Household use of electric light: A microlevelstudy, *Energy Policy* 36:3521-3530.
- Bommel, W.J.M. van, (2010), Gloeilampvervangende lampen en gezondheid, posititon paper, SOLG. [www.solg.nl](http://www.solg.nl).
- Bouma, H. et al., (2007), Gerontechnology in perspective, *Gerontechnology*, 6(4), 190-216.
- Boyce, P.R., (2003), Lighting for the elderly, *Technology and Disability* 15 (3):165–180.
- Boyce, P.R., (2006), Lemmings, *Light and Health, Leukos*, 2(3):175-184
- Brainard, G.C., Lewy, A.J., Menaker, M., (1988), Dose-response relationship between light irradiance and the suppression of plasma melatonin in human volunteers. *Brain Research*, 454, 212-218.
- Brainard, G.C., Hanifin, J.P., Greeson, J.M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., Rollag, M., (2001), Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *The Journal of Neuroscience*, 21(16), 6405-6412.
- Brainard, G.C., (2007), Exploring the Power of Light: From Photons to Human Health, Proceedings of the SOLG Symposium 'Light, Performance and Quality of Life', November 8<sup>th</sup> 2007, Eindhoven, the Netherlands.
- Bronswijk, J. et al., (2009), Defining gerontechnology for R&D purposes, *Gerontechnology*, 8(1), 3-10.
- Campbell, S.S., Dijk, D-J., Boulos, Z., Eastman, C.I., Lewy, A.J., Terman, M., (1995), Light treatment for sleep disorders: consensus report. III. Alerting and activating effects. *Journal of Biological Rhythms*, 10, 129-132.

- Chan, M., Estèvel, D., Escriba, C., Campo, E., (2008), A review of smart homes: Present state and future challenges, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 91(1), 55-81.
- CIB, (2005), PeBBu Final Report, Rotterdam: CIB.
- Colvin, H., (2008), The acceptance of domestic technology: TAM as applied to a proposed classification scheme, Ames, Iowa, USA: Iowa State University.
- Crews, D., Zavotka, S., (2006), Aging, disability, and frailty: implications for universal design, *Journal of physiological anthropology*, 25(1), 113-118.
- Czeisler C.A., Allan, J.S., Strogatz S.H., Ronda J.M., Sanchez, R., Rios, C.D., Freitag, W.O., Richardson, G.S., Kronauer R.E., (1986) Bright light resets the human circadian pacemaker independent of timing of sleep-wake cycle . *Science* 1986;233:667-671.
- Davis, F.D., (1989), Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology, *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- Davis, R.A., Garza, A., (2002), Task Lighting for the Elderly, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 31(1):20-32.
- Demiris, G. et al., (2008), Senior residents' perceived need of and preferences for 'smart home' sensor technologies. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 24(01), 120-124.
- Evans, B.J.W., Rowlands, G., (2003), Correctable visual impairment in older people: a major unmet need, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 24(3):161-180.
- Evans, B.J.W., Sawyerr, H., Jessa, Z., Brodick, S., Slater A.I., (2010), A pilot study of lighting and low vision in older people, *Lighting Research and Technology*, 42(1): 103-119
- Eperjesi, F., [Maiz-Fernandez, C.](#), [Bartlett, H.E.](#), Reading performance with various lamps in age-related macular degeneration, (2007), *Ophthalmic and Physiological Optics*, 27(1):93-99.
- Ferng, J., Price, A., (2005), An exploration of the synergies between Six Sigma, total quality management, lean construction and sustainable construction, *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(2), 167-187.
- Figueiro, M.G., Rea, M.S., (2005), LEDs: Improving the sleep quality of older adults. Presented at: CIE Midterm Meeting and International Lighting Congress; May 18-21, 2005; Leon, Spain.
- Figueiro, M.G., Rea, M.S., Bullough, J.D., (2006), Does architectural lighting contribute to breast cancer? *Journal of Carcinogenesis*, 5:20
- Figueiro, M.G., (2008), A proposed 24 h lighting scheme for older adults. *Lighting Research and Technology*, 40(2):153-60.
- Figueiro, M., Gras, L., Qi, R., Rizzo, P., Rea, M., Rea, M., (2008), A novel night lighting system for postural control and stability in seniors. *Lighting Research and Technology*, 40(2):111-26.
- Figueiro, M.G., Bierman, A., Plitnick, B., Rea, M.S., (2009), Preliminary evidence that both blue and red light can induce alertness at night, *BMC Neuroscience*, 10:105.
- Fisk, A. et al., (2009), Designing for older adults: Principles and creative human factors approaches, Boca Raton: CRC Press.
- Forbes, D. Culum, I., Lischka A.R., Morgan, D.G., Peacock, S., Forbes, J., Forbes, S., (2009), Light therapy for managing cognitive, sleep, functional, behavioural, or psychiatric disturbances in dementia, *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009, Issue 4., CD 003946.

- Franchimon, F., Bronswijk, J., Bouwhuis, D., (2005), Ambient Intelligence and Health Care Support, a Dutch pilot study. Proceedings of the 5th International Conference of the International Society on Gerontechnology. Nagoya .
- Górnicka, G.B., (2008), Lighting at Work, Environmental Study of Direct Effects of Lighting Level and Spectrum on Psychophysiological Variables, Ph.D.-thesis, Eindhoven Technical University, 163 pages.
- Groot E., (2006), Lichtonderzoek Hergerborch, TNO rapport 2006-D-R0433/B.
- Han, S.S., Tan, S.L., (2003), Condominium homebuyers' perception of the new living concept: The Internet home. *Property Management*, 21(4), 260 – 274.
- Hanson, J.M., Percival, J., (2005), Changing expectations, challenging experiences: The housing needs of visually impaired adults, *International Congress Series 1282*: 1021– 1025.
- Helbostad, J.L., (2009), Vereijken, B., Hesseberg, K., Sletvold, O., Altered vision destabilizes gait in older persons, *Gait and Posture*, 30 :233-238.
- Heusinger, W., (2005), Das intelligente Haus: Entwicklung und Bedeutung für die Lebensqualität, Frankfurt am Main: P. Lang.
- Hoof, J., van, Aarts, M.P.J., Rense, C.G., Schoutens, A.M.C., (2009a), Ambient bright light in dementia: Effects on behaviour and circadian rhythmicity, *Building and Environment*, 44: 146 – 155.
- Hoof, J. van, Schoutens, A.M.C., Aarts, M.P.J., (2009b), High colour temperature lighting for institutionalised older people with dementia, *Building and Environment* 44: 1959 – 1969.
- Hubalek, S., Brink., M, Schierz, C., (2010), Office workers' daily exposure to light and its influence on sleep quality and mood, *Lighting Research and Technology*, 42(1): 33-50.
- Hughes P.C., Neer R.M., (1981), Lighting for the elderly: a psychobiological approach to lighting. *Human Factors*, 23(1):65–85.
- ICT Results, (2009), Lighting Up The Lives Of The Elderly -- Adaptively. *ScienceDaily*.
- IESNA, (1998), Recommended Practice for Lighting and the Visual Environment for Senior Living, Illuminating Engineering Society of North America, New York.
- Izsó, L., Láng, E., Laufer, L., Suplicz, S., Horváth, Á., 2009a, Psychophysiological, performance and subjective correlates of different lighting conditions, *Lighting Research and Technology*, 41(4): 349-360.
- Izsó, L., Laufer, L., Suplicz, S., 2009b, Effects of dynamic lighting on the visual performance of older adults, *Lighting Research and Technology*, 41(4): 361-370.
- Kempter, G., (2009), Ambient Lighting Assistance for an Aging Population – deliverable 4.2: ALADIN system description, IST-045148, submitted <x.x>, 65 pages
- Kesler, A., (2005), Leibovich, G., Herman, T., Gruendlinger, L., Giladi, N., Hausdorff, J.M., Shedding light on walking in the dark: the effects of reduced lighting on the gait of older adults with a higher-level gait disorder and controls, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2:27
- Kim, B.J., (2008), Prevention of falls during stairway descent in older adults, *Applied Ergonomics* 40: 348-352.
- Laufer, L., Láng, E., Izsó, L., Németh, E., 2009, Psychophysiological effects of coloured lighting on older adults, *Lighting Research and Technology*, 41(4): 371-378.

- Legris, P., Ingham, J., Colletette, P., (2003), Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model, *Information and management*, 40(3), 191-204.
- Liang, K., Li, W., Ren, H.R., Liu, X.L., Wang, W.J., Yang, R., Han, D.J., (2009), Color measurement for RGB white LEDs in solid state lighting using a BDI photodetector, *Displays* 30: 107–113.
- Limburg, H., (2005), Boon, J.M. van den, Hogeweg, M., Gevers, R.J.T., Hove, G.Th. ten, Keunen, J.E.E., Vermijdbare slechtiendheid in Nederland: het project ‘Vision 2020 Netherlands’ van de Wereldgezondheidsorganisatie, *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 149(11):577–582.
- Lockely, S., (2009), Circadian Rhythms: Influence of Light in Humans, *Encyclopedia of Neuroscience*, vol. 2:971-988.
- Jasser, S.A., Hanifin, J.P., Rollag, M.D., Brainard, G.C., (2006), Dim light adaptation attenuates acute melatonin suppression in humans. *Journal of Biological Rhythms*, 21(5), 394-404.
- Kolanowski, A.M., (1990), Restlessness in the Elderly: The Effect of Artificial Lighting, *Nursing Research*, 39(3):181-183.
- Maier, E., Kempter, G., (2009), Ambient Lighting Assistance for an Aging Population – deliverable 4.3: General Model, IST-045148, submitted 24-02-2009, 30 pages
- Maier, E., (2009a), ALADIN, Ambient Lighting Assistance for an Aging Population - final activity report IST-045148, version 1.4, 17-06-2009, 44 pages.
- Maier, E., (2009b), ALADIN, Ambient Lighting Assistance for an Aging Population – deliverable 4.1: Report on test results and the evaluation of the system as a whole, IST-045148, submitted 07-01-2009, 79 pages.
- McCurdo, M., Gaskell, A. (1991), Dark adaptation and falls in the elderly. *Gerontology*, 37: 221-224.
- McIntyre, I.M., Norman, T.R., Burrows, G.D., Armstrong, S.M., (1989), Human melatonin suppression by light is intensity dependent, *Journal of Pineal Research*, 6(2), 149-156.
- Narendran, N., Deng, L., (2002), Color rendering of LED Light Sources, *Solid State Lighting: Proceedings of SPIE*.
- NEN-EN 12464-1:2003 CEN-TC., (2003), Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor workplaces, Delft, Nederlands Normalisatie Instituut.
- Newell, A., Gregor, P., (2000), “User sensitive inclusive design”—in search of a new paradigm. In *ACM New York, NY, USA*, pp. 39-44.
- NSVV, (2003), Aanbeveling Gezond licht op de werkplek, Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV, Arnhem.
- O’Conner, D., Davis, R.G., (2005), The effect of light source spectrum and illuminance on color discrimination and preference, *Leukos*, 2(2):123-32.
- OLED100.eu Project Report: Three aesthetical perception case studies, July 2009, [www.oled100.eu](http://www.oled100.eu).
- Oppenauer, C., (2009), Motivation and needs for technology use in old age, *Gerontechnology*, 8(2):82-87.
- Osram, (2010), everything about LED, [www.osram.com/osram\\_com/Professionals/Opto\\_Semiconductors\\_%26\\_LED/Everything\\_about\\_LED85033/index.html](http://www.osram.com/osram_com/Professionals/Opto_Semiconductors_%26_LED/Everything_about_LED85033/index.html)
- Philips, (2009), LUXEON Rebel ANSI Binned Datasheet DS63, 09/08/28, [www.philipslumileds.com](http://www.philipslumileds.com).
- Plitnick, B., Figuero, M.G., Wood, B., Rea, M.S., (2010), The effects of red and blue light on alertness and mood at night, *Lighting Research and Technology*, 2010, 0: 1-10.

- Putten, J. van, Zonneveldt, L., (2005), ‘Aanbevelingen en conceptoplossingen ‘Licht voor senioren’, TNO rapport 2005-BBE-R006, Delft.
- Rentto, K. et al., (2003), Users' preferences for ubiquitous computing applications at home, Ambient Intelligence: First European Symposium, EUSAI 2003, Veldhoven, The Netherlands, November 3-4, 2003: Proceedings. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Riemersma, R.F., Mattheij, C.A.M., Swaab, D.F., Someren, E.J.W. van, (2005), Melatonin rhythms, melatonin supplementation and sleep in old age. Rainer H. Straub and Eugenio Mocchegiani. NeuroImmune Biology: The Neuroendocrine Immune Network in Ageing. Volume 4, 195-211.
- Riemersma-van der Lek, R., (2007), Keep it Bright. Deterioration and reactivation of the biological clock in dementia, ISBN 978 90 90219783 .
- Riemersma-van der Lek, R.F., Swaab, D.F., Twisk, J., Hol, E.M., Hoogendijk, W.J.G, Someren, E.J.W. van, (2008), Effect of bright light and melatonin on cognitive and non-cognitive function in elderly residents of group care facilities: A randomized controlled trial, JAMA,299(22):2642-55.
- Rogers, E., (1995), Diffusion of innovations, New York: Free Press.
- Römer, J., (1999) Domotica, energiebesparend of energieverslindend, Petten: ECN.
- Sixsmith, A., Sixsmith, J., (2000), Smart care technologies: meeting whose needs? J Telemed Telecare, 6(suppl\_1), 190-192.
- Sloane, D., Williams, C.S., Mitchell, C.M., Preisser, J.S., Wood, W., Barrick, A.L., Hickman, S.E., Gill, K.S., Connell, B.R., Edinger, J., Zimmerman, S., (2007), High-Intensity Environmental Light in Dementia: Effect on Sleep and Activity, Journal of the American Geriatrics Society, 55(10):1524 – 1533
- Smets, B., Wessler, B., (2008), Lighting & photonic technologies, ICT for Energy Efficiency: 6 Consultation Groups- Sectors Reports, chapter 4:117-140.
- Someren, E.J.W. van, Kessler, A., Mirmiran, M., Swaab, D.F., (1997), Indirect bright light improves circadian rest–activity rhythm disturbances in demented patients. Biological Psychiatry, 41(9):955–63.
- Someren, E.J.W. van, Riemersma-Van Der Lek, R.F., (2007), Live to the rhythm, slave to the rhythm, Sleep Medicine Reviews, 11(6):465-84.
- Spekkink, D., (2005), Performance Based Design of Buildings, Rotterdam: CIB.
- Sprong, A., Raasveld, P., Keus, D., (2009), Leidraad Resultaatgericht Vastgoedonderhoud, Waddinxveen: FOSAG.
- SSLS (2010), website the Solid-State Lighting Solutions Science Energy Frontier Research Center, <http://ssls.sandia.gov/>.
- Thapan, K., Arendt, J., Skene, D.J., (2001), An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans, Journal of Psychology, 535:261-7.
- Tanner, B., Tilse, C., Jonge, D. de, (2008), Restoring and Sustaining Home: The Impact of Home Modifications on the Meaning of Home for Older People. Journal of Housing For the Elderly, 22(3):195-215.
- Turner, P.L., Someren, E.J.W. van, Mainster, M.A., (2010), The role of environmental light in sleep and health: Effects of ocular aging and cataract surgery. Sleep Medicine Reviews, In Press, Corrected Proof.
- UsDoE, (2009), Buildings Energy Data Book: 2.1 Residential Sector Energy Consumption, October 2009.
- Veitch, J.A., (2005), Light, Lighting and Health, issues for consideration, Leukos, 2(2):85-96.

- Venkatesh, V., Davis, F.D., (2000), A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies, *Management Science*, 46(2), 186-204.
- Vlies, R. van der, Brink, M., Bronswijk, J., (2010), Performance design for aging in place, in Vancouver.
- Vlies, R. van der, Maas, G., (2010), Managing performance based building of smart homes, in Bratislava.
- Waller, P., Östlund, B., Jönsson, B., (2008), The extended television: Using tangible computing to meet the needs of older persons at a nursing home, *Gerontechnology*, 7(1), 36-47
- Weale, R.A., (1963), *The aging eye*, London, Lewis
- Webb, A.R., (2006), Considerations for lighting in the built environment: non-visual effects of light, *Energy and Buildings*, 38(7):721-7.
- Werner, J.S., Peterzell, D.H., Scheetz, A.J., (1990), Light, Vision, and Aging. *Optometry & Vision Science*, 67(3):214-229.
- Westerlaken, A.C., *Biologische lichtcondities en lichtbehoeften van senioren in verzorgingshuizen*, Afstudeerrapport TU/e, augustus 2003
- Wijlhuizen, G.J., (2008), The 24-h distribution of falls and person-hours of physical activity in the home are strongly associated among community-dwelling older persons, *Preventive Medicine* 46; 605-608.
- Wright Jr., K.P., Gronfier, C., Duffy, J.F., Czeisler, C.A., (2005), Intrinsic period and light intensity determine the phase relationship between melatonin and sleep in humans, *Journal of Biological Rhythms*, 20(2), 168-177.
- Zhu, J., Li, W., Chu, B., Yan, F., Yang, D., Liu, H., Wang, J., (2010), Non-doped-type white organic light-emitting diodes for lighting purpose, *Journal of Luminescence* 130: 865-868.

## 9 Ondertekening

M.B.C. Aries  
R.D. van der Vlies  
A.C. Westerlaken  
Auteurs

Utrecht, 27 mei 2010

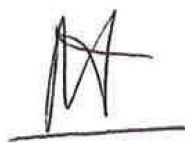
TNO Bouw en Ondergrond



J.V. Eijkman  
Afdelingshoofd



drs. Ing. N.J. Nauta  
projectleider



J.M. Nuiten  
Tweede lezer

## Bijlage A

### Achtergronden bij in de woonomgeving geïntegreerde informatietechnologie (domotica)

#### *Typen domotica*

Domotica omvat een breed scala aan 'intelligente' elektronische of mechanische technieken in en om het huis. Domotica, home automation, smart home, en intelligent home zijn vier termen die door elkaar worden gebruikt wanneer gesproken wordt over de automatisering van de woning (Chan et al. 2008). In Nederland is 'domotica' het meest gangbaar. 'Domotica' is een samentrekking van domus (Latijn voor 'huis') en robotica (volgens sommigen ook: informatica en telematica). De term domotica betreft uitsluitend woningen. Dat neemt niet weg dat soortgelijke techniek ook wordt toegepast in bijvoorbeeld kantoren en scholen. Sterker nog de automatisering van deze gebouwen is al gebruikelijker dan die van de woning.

De term 'domotica' is zo breed dat je kunt spreken van een containerbegrip. Dit heeft tot gevolg dat het vaak niet duidelijk is waarover het gaat wanneer er wordt gesproken over domotica. Er kan een onderscheid worden gemaakt in vier typen (Heusinger 2005):

- a) geautomatiseerde systemen waarmee de installatietechniek in de woning kan worden geregeld. Waarbij 'installatietechniek' in de breedste zin van het woord kan worden opgevat. Dit is inclusief systemen die temperatuur, luchtvochtigheid, luchtkwaliteit, verlichtingssterkte, e.d. meten, regelen, en aansturen;
- b) besturing van witgoed en consumentenelektronica in huis;
- c) technologie waarlangs infotainment (diensten voor de massa) in huis kan worden afgenomen;
- d) technologie waarlangs individuele diensten in huis kunnen worden afgenomen. Hiervan is 'zorg op afstand' de belangrijkste.

Hoewel door sommigen een elektrisch te openen gordijn ook domotica wordt genoemd gaat het meestal om gecombineerde systemen. In plaats van de verschillende elektrotechnische voorzieningen ieder afzonderlijk in te bouwen en te laten functioneren integreert domotica al deze voorzieningen in één samenhangend geheel van apparaten en infrastructures in en rond woningen, die elektronische informatie gebruiken voor het meten, programmeren en sturen van functies ten behoeve van bewoners en dienstverleners.

#### Voorbeelden van intelligente verlichting

Geautomatiseerde verlichting (wikipedia.nl):

- Sensoren kunnen de verlichting ontsteken als een persoon in de buurt komt en doven als er niemand meer is.
- de voorkeursverlichting kan op een vooraf door de gebruiker bepaald uur spontaan ontsteken.
- Ook kunnen bepaalde sfeerscenario's worden ingesteld, zoals romantische sfeer, werksfeer, leessfeer of vakantiesfeer. Met elektronische dimmers kan de sterkte van de verlichting aan de behoefte aan worden gepast.
- Bij het verlaten van het huis kan de verlichting centraal worden uitgeschakeld.
- Ook bij het slapen gaan kan met het omhalen van één schakelaar alle lichten uit worden geschakeld.



### *Basis opbouw van domotica voor verlichting*

Bij 'domotica' worden (alle) apparaten die in een woning aanwezig kunnen zijn voor verwarming, verlichting, aan/uitschakelen van wasdrogers, wasmachines, vaatwassers e.d. zo mogelijk centraal geregeld. Dit houdt in dat er tussen de knop of interface en het apparaat een verbinding moet zijn. Deze verbinding kan zowel bedraad als draadloos tot stand worden gebracht. Als het aantal oploopt en de verbindingen complexer worden dan wordt gesproken van een domoticainfrastructuur.

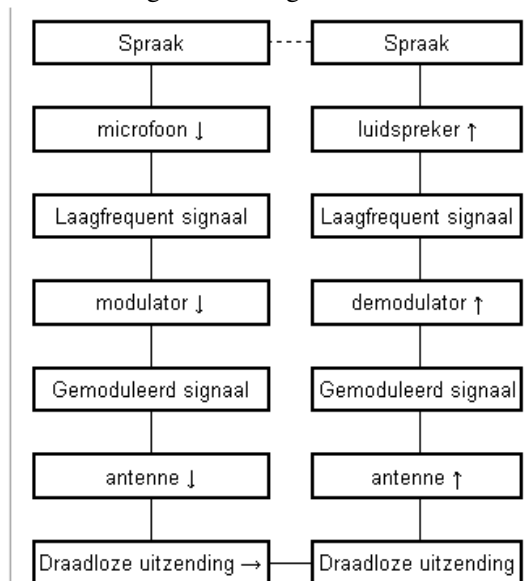
In 1999 schreef J.C. Römer (1999) in het rapport "Domotica: energiebesparend of energieverblindend" : *De ... apparatuur moet voorzien zijn van een regeling die eventuele stuursignalen kan begrijpen en vertalen in acties. Huidige problemen zijn dat er nog onvoldoende standaardisatie bestaat tussen de verschillende systemen en tussen de diverse apparaten die in een woning aanwezig zijn. Bij de meeste van deze systemen kan met de verschillende apparaten 'gepraat' worden maar is er geen sprake van integraal aansturen; de apparaten kunnen 'onderling' niet met elkaar communiceren.* Het is jammer te moeten vaststellen dat dit ook in 2009 nog steeds waar is.

### *OSI 7-lagen*

<http://nl.wikipedia.org/wiki/OSI-model>:

Het OSI-model is een gestandaardiseerd middel om te beschrijven hoe data wordt verstuurd over een netwerk. Het zorgt er voor dat er compatibiliteit en interoperabiliteit is tussen de verschillende types van netwerktechnologieën van organisaties over de hele wereld. Dit model deelt de communicatie in in zeven lagen. Daarom wordt dit ook wel het Zevenlagenmodel genoemd. De lagen zijn, van hoog naar laag: toepassing, presentatie, sessie, transport, netwerk, datalink en fysiek.

Het stelsel van lagen is vaak lastig te begrijpen. Het wordt daarom wel vergeleken worden met een radio-uitzending, waarin gegevens naar een andere vorm worden omgezet en uiteindelijk weer teruggezet worden in de oorspronkelijke vorm, zie figuur A1.



Figuur A1: illustratie bij OSI 7 lagen model

Data-unit	Laag	Naam	Functie
Data	7	Toepassingslaag	Authenticatie, applicaties voor gebruikers
	6	Presentatielaag	Formateert en structureert data zodat het leesbaar is voor ontvanger, encryptie
	5	Sessielaaag	Start, onderhoudt en beëindigt sessies tussen applicaties
Segment	4	Transportlaag	Segmenteert data, verzorgt betrouwbaarheid door foutdetectie
Pakket	3	Netwerklaag	Routeert datapakketten, selecteert het beste pad, logische adressering
Frame	2	Datalinklaag	Toegang tot media, foutdetectie, bepaalt hoe data geformateerd wordt en hoe toegang tot het netwerk gecontroleerd wordt
Bit	1	Fysieke laag	Binaire transmissie, elektrische, mechanische, en functionele specificaties

### Standaarden voor domotica

Er zijn vele verschillende open en gesloten standaarden die relevant zijn voor de communicatie tussen domoticacomponenten. In tabel A1 is een aantal relevante standaarden uitgezet tegen het OSI-model (gebaseerd op ongepubliceerd werk van Michiel Brink, promovendus aan de TU/e, m.brink@tue.nl)

Tabel A1 domoticastandaarden uitgezet tegen het OSI model

Layer	Technology									
	Ethernet	Bleuthoothh	Zigbee	WLAN	IP	TCP	TCP/IP	uPnP	KNX	LONWorks
7. Application										
6. Presentation										
5. Session										
4. Transport										
3. Network										
2. Data Link										
1. Physical										

### *Door ouderen gewenste functionaliteit van domotica*

#### *Gewenste functies in een ouder wordende samenleving*

Van ouderen is bekend dat zij vooral die domotica waarderen die een bijdrage levert aan hun onafhankelijkheid en veiligheid (Demiris et al. 2004; Demiris et al. 2008; Ahn 2004). Van jongere volwassenen is bekend dat zij domotica waarderen die een bijdrage levert aan het gemak en comfort in hun woning (Rentto et al. 2003; Han & Tan 2003). Een veel gemaakte fout bij de toepassing van domotica is dat er te weinig oog is voor de wensen van de gebruiker (Franchimon et al, 2005). Vaak worden woningen uitgevoerd met een keur aan techniek waar de bewoner geen behoefte aan heeft, of waarvan de bewoner niet weet hoe het te gebruiken.

Bij het klimmen der jaren groeit de variatie tussen personen en ook de veranderlijkheid per individu neemt toe ( Bronswijk et al, 2009). De variatie aan aspiraties tussen personen groeit doordat personen met dezelfde kalenderleeftijd zeer verschillende ervaringen in het leven en leeftijdgerelateerde functionele beperkingen kunnen hebben. Het gemak waarmee oudere personen met dezelfde kalenderleeftijd hun dagelijkse bezigheden kunnen volbrengen loopt sterk uiteen. Wat voor de een eenvoudig is, is voor de ander zeer moeilijk. Ook de snelheid waarmee de vaardigheden veranderen varieert per individu. Verschillende eindgebruikers hebben verschillende aspiraties, behoeften, en capaciteiten. Van invloed zijn onder andere leeftijd, geslacht, cultuur, gezondheid, en welvaartsniveau. Bovendien veranderen aspiraties, behoeften, en capaciteiten ook met het verstrijken van de levensjaren van een individuele eindgebruiker, zie tabel A.2

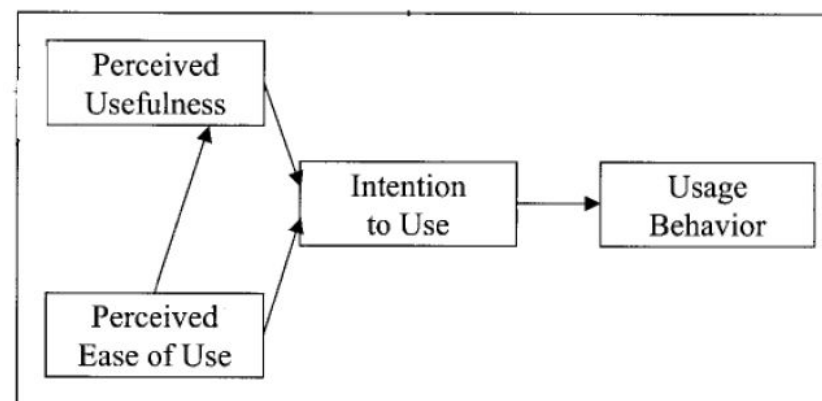
tabel A.2 Aspiraties, waaraan technologie een bijdrage kan leveren, zoals ervaren gedurende de levensloop bron: Bronswijk et al (2009).

Aspiraties	Levensfase			
	1ste Vormende periode	2de Werkzame leven	3de Actief met pensioen	4de 'Breekbaar' & afhankelijk
Onafhankelijk in dagelijks leven	-	+	++	+++
mobiliteit	+	++	+++	+
werk	-	+++	++	-
Goede gezondheid	±	+	++	+++
Geluk	+++	+++	+++	+++
Opleiding	+++	+	++	+
Ontspanning	+++	+	+++	+++
Contact onderhouden	+++	+	++	+++
Zelfwaardering	+++	+	++	+++
Sociale contacten	+++	+	++	+++
Voldoende financiële middelen voor onafhankelijkheid	-	++	++	+++
Snelheid waarmee nieuwe producten zich moeten bewijzen	++	+	++	+++
Kwaliteit bediening van een product	±	+	++	+++

- = nauwelijks relevant; ± = waarschijnlijk relevant ; + = enigszins belangrijk; ++ = belangrijk; +++ = heel belangrijk;

#### Acceptatie verklaard: TAM

Het Technology Acceptance Model (TAM) is ontstaan in de sociale psychologie (Davis 1989) en is uitgegroeid tot een van de fundamenteën van de gerontechnologie (Openauer 2009). De basisthese van TAM is dat de perceptie van bruikbaarheid (Perceived Usefulness: PU) en de perceptie van eenvoud in gebruik (Perceived Ease of Use: PEOU) significante voorspellers zijn van de intentie om een product te gebruiken, zie figuur A2.



*Figuur A.2: Technology Acceptance Model (Venkatesh & Davis 2000)*

*TAM toegepast op de acceptatie van 'domestic technology' door volwassenen*

Het TAM is door Colvin (2008) toegepast op de acceptatie van 'domestic technology'. Colvin. Colvin definieert twee typen technologie 'hedonistic' (plezierige) en 'utilitarian' (nuttige) technologie. Daarnaast onderscheidt zij 'stand alone' en 'integrated' technologie. Een verlichtingssysteem kan worden gezien als nuttig en afhankelijk van inrichting van het systeem als 'stand alone' of geïntegreerd. Naast PU en PEOU onderscheid Colvin ook Perceived Enjoyment (PENJ) en Personal Product Involvement (PPI). De vier relevante bevindingen van Colvin zijn dan:

1. PU heeft voor zowel stand alone als geïntegreerde nuttige techniek een positieve invloed op de intentie tot gebruik.
2. PU heeft voor nuttige techniek een grotere invloed dan PEOU en PENJ op de intentie tot gebruik.
3. PPI heeft voor zowel stand alone als geïntegreerde nuttige techniek een positieve invloed op de intentie tot gebruik.
4. PEOU heeft voor zowel stand alone als geïntegreerde nuttige techniek geen significante positieve invloed op de intentie tot gebruik.

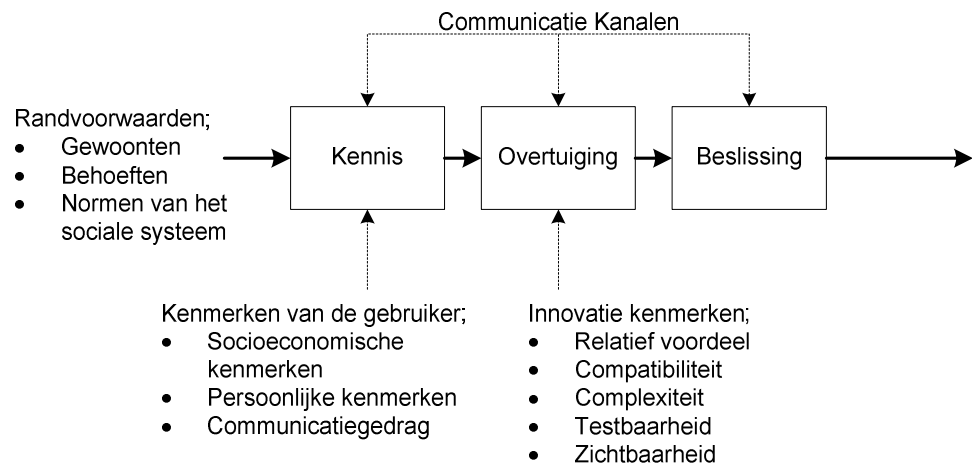
*Acceptatie verklaard: IDT*

De innovatie diffusie theorie (IDT) van Rogers (1995) maakt de factoren die een beslissing tot adoptie (kopen of gebruiken) beïnvloeden inzichtelijk. Vooral het innovatiebeslissingsmodel uit IDT verschaft inzicht in de beslissing om een nieuwe technologie al dan niet te adopteren.

De innovatiebeslissing wordt beïnvloed door vijf factoren, zie figuur A3.

- 1) *randvoorwaarden* omvatten (i) gewoonten, (ii) behoeften, en (iii) normen van het sociale systeem. De randvoorwaarden voorzien in de informatie, waarden, en 'sense of urgency' die resulteren in kennis van een innovatie.
- 2) *kenmerken van de gebruiker (de persoon die de adoptiebeslissing neemt)*; sociale status, opleiding, empathie, rationaliteit, en communicatiegedrag beïnvloeden de onderzoekendheid.
- 3) *kenmerken van de innovatie* zijn (i) relatieve voordelen in termen van kosten en kwaliteit, (2) compatibiliteit met normen, waarden, en gewoonten van de gebruiker, (iii) complexiteit in gebruik voor de gebruiker, (iv) testbaarheid of kan de innovatie worden uitgetest voordat een beslissing wordt genomen, en (v) zichtbaarheid van de voordelen van een innovatie.
- 4) *kenmerken van de communicatiekanalen* zijn (i) aanwezigheid van opinieleiders, (ii) sterkte van het sociale netwerk, en (iii) de aanwezigheid van een 'change agent' die de beslissing stuurt.
- 5) *functionaliteit*: is er daadwerkelijk een functionerend product? Is het al een innovatie of is het nog in het stadium van uitvinding? Rogers lijkt dit voor vanzelfsprekend aan te nemen en noemt 'functionaliteit' dan ook niet met name.

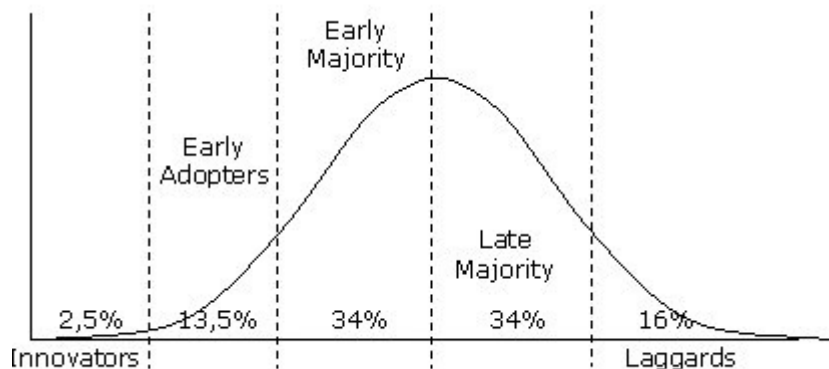
Gezien de focus van dit onderzoek zijn met name de kenmerken van de innovatie en de functionaliteit van belang. Daarnaast spelen bij het uitvoeren van tests met name de kenmerken van de gebruiker een rol.



Figuur A3: vereenvoudigd innovatie-beslis-model (E. Rogers 1995, p.163)

Gebruikers kunnen worden ingedeeld in vijf groepen naar hun bereidheid om nieuwe techniek te adopteren, zie figuur A.4.

- Innovatoren zijn de eerste 2,5% die een innovatie adopteert. Zij zijn vaak goed geïnformeerd, zeer nieuwsgierig en bereid om een onbekend product te proberen dat zich nog niet heeft bewezen. Juist hierdoor worden ze door de meerderheid minder serieus genomen.
- De early adoptors (13,5%) adopteren de innovatie op basis van de ervaringen van de innovators. Zij maken een wat meer afgewogen beslissing dan de innovators. Daardoor wordt hun oordeel wel gerespecteerd door de meerderheid. Een positief oordeel van deze groep is van doorslaggevend belang voor het succes van een innovatie. Zij kunnen goede 'change agents' zijn.
- De early majority zijn voorzichtige consumenten. Dit is zo'n 34%.
- De volgende 34% is de late majority. Zij mogen skeptisch genoemd worden en adopteren een innovatie pas als het eigenlijk al niet meer nieuw is.
- De laatste 16% bestaat uit laggards (conservatieven) Zij stappen pas over als de oude alternatieven nauwelijks nog beschikbaar zijn.



Figuur A.4: Diffusiecurve, wie beslist wanneer tot gebruik of aankoop?

#### Ontwerpen voor acceptatie

Inclusive Design zou kunnen worden vertaald als gebruiksgericht ontwerpen. Het is verwant aan 'Universal Design' en 'Design for All'. In alle drie de varianten is er speciale aandacht voor de 'buitengewone' gebruiker, bijvoorbeeld gehandicapten en ouderen (Crews & Zavotka 2006; Newell & Gregor 2000). Door de speciale aandacht

voor de 'buitengewone' gebruiker is er extra aandacht voor de grote variatie in behoeften van de 'buitengewone' gebruikers. Kenmerkend is ook de mate waarin gebruikers worden betrokken bij het ontwerp. Het werken met een focusgroep is een manier om gebruikers bij het ontwerp te betrekken.