

Rekenblad Contrasten

Achtergrondkennis



Versie 01/05/2017

1. INHOUDSTAFEL

2. Introductie.....	- 4 -
3. Toegankelijkheid en contrasten	- 5 -
4. Terminologie	- 7 -
4.1. Contrast:	- 7 -
4.2. Luminantie:	- 7 -
4.3. Luminantiecontrast:.....	- 8 -
4.4. Helderheid:	- 8 -
4.5. Lichtheid:	- 9 -
4.6. Reflectiefactor/Reflectiecoëfficiënt:	- 9 -
4.7. Light Reflectance Value (LRV):	- 9 -
4.8. Tristimulus Y-waarde:.....	- 9 -
4.9. Lambertiaans oppervlak:	- 10 -
4.10. Colorimeter:.....	- 10 -
4.11. Luminantiemeter:.....	- 11 -
5. De waarnemer.....	- 12 -
6. Contrasten.....	- 15 -
6.1. Helderheidscontrast of kleurcontrast.....	- 15 -
6.2. Verschillende contrastformules.....	- 15 -
6.2.1. Formule 1: $C = 'LRV_1 - LRV_2'$	- 16 -
6.2.2. Formule 2: $C = 'L_1 - L_2/L_2'$	- 16 -
6.2.3. Formule 3: $(L_1 - L_2)/(L_1 + L_2)$	- 17 -
6.2.4. Formule 4: $(L_1 - L_2)/(0.5(L_1 + L_2))$	- 18 -
6.2.5. Formule 5: $((250* Y_2 - Y_1)/(Y_1 + Y_2 + 25))$	- 18 -
6.3. Evolueren naar één contrastformule?	- 19 -
6.4. Het rekenblad	- 21 -
7. Toepassingsgebieden	- 22 -
7.1. Algemene oriëntatie en circulatie.....	- 22 -
7.1.1. Contrast vloer/wand:	- 22 -
7.1.2. Signalisatie:.....	- 23 -
7.1.3. Landmarks.....	- 26 -
7.1.4. Overige.....	- 26 -
7.2. Functioneel	- 27 -

7.2.1.	Schrijnwerk	- 27 -
7.2.2.	Sanitair	- 28 -
7.2.3.	Knoppen en schakelaars.....	- 28 -
7.2.4.	Meubilair	- 29 -
7.2.5.	Liften.....	- 29 -
7.3.	Veiligheid	- 32 -
7.3.1.	Trappen en niveauverschillen	- 32 -
7.3.2.	Glazen wanden:.....	- 36 -
7.3.3.	Obstakels.....	- 37 -
7.3.4.	Blindengeleidelijnen:	- 39 -
8.	Materialen.....	- 41 -
8.1.	Welke materialen.....	- 41 -
8.2.	Beschikbare materialen	- 43 -
9.	Meetmethodes.....	- 44 -
9.1.	Methode 1: Staalkaarten.....	- 44 -
9.2.	Methode 2: Spectrofotometer of chromaspectrometer:.....	- 44 -
9.2.1.	Illuminant:	- 45 -
9.2.2.	De standaard waarnemer:.....	- 45 -
9.2.3.	Meetgeometrie:	- 45 -
9.2.4.	Meetkop:	- 47 -
9.2.5.	Labo of bouwplaats?	- 47 -
9.3.	Methode 3: Luminantiemeter	- 48 -
9.4.	Methode 4: fototoestel.....	- 49 -
10.	Signalisatie	- 50 -
10.1.	Bestaande normen:	- 50 -
10.2.	Onderzoek:.....	- 50 -
10.3.	CIE-rapport 196 & DIN 32975:.....	- 51 -
10.4.	Enkele rekenvoorbeelden:	- 53 -
10.4.1.	Richtingsaanduiding.....	- 54 -
10.4.2.	Identificatie.....	- 55 -
10.5.	Belangrijke aanvulling:.....	- 55 -
11.	Multizintuiglijkheid	- 57 -
12.	Referenties	- 58 -

13.	Bronnen figuren en tabellen.....	- 59 -
-----	----------------------------------	--------

2. INTRODUCTIE

Het rekenblad contrasten werd uitgewerkt in het kader van het IWT/VIS-traject “Groen Licht Vlaanderen 2020”. Binnen dit project werd onderzoek verricht naar licht- en kleurgebruik ter ondersteuning van een verbeterde toegankelijkheid van de gebouwde omgeving alsook de potentiële verbeteringen in functie van levenslang wonen en wonen voor ouderen.

Bij toegankelijkheid wordt er nogal vlug gedacht aan rolstoelgebruikers en het feit dat men drempels beter kan vermijden en voldoende brede deuren dient te voorzien. Toegankelijkheid biedt oplossingen voor een veel ruimere groep van mensen dan enkel rolstoelgebruikers en de principes van Universal Design komen iedereen ten goede die gebruik maakt van de gebouwde omgeving. Hoewel er relatief weinig aandacht aan besteed wordt zijn contrasten belangrijk voor het waarnemen en gebruik van onze gebouwde omgeving. Ze kunnen bijdragen tot de algemene *herkenbaarheid en oriëntatie binnen een gebouwde omgeving*, ze kunnen *functioneel* worden ingezet om de bruikbaarheid te verhogen en tenslotte hebben ze ook een belangrijke impact op de *veiligheid* door een betere herkenning van niveauverschillen of obstakels.

Deze drie brede toepassingsdomeinen zijn niet enkel relevant voor personen die slechtziend zijn, maar voor iedereen die gebruik maakt van de gebouwde omgeving. Vaak worden incidenten als vallen, of het niet waarnemen van signalisatie toegeschreven aan verstrooidheid of onoplettendheid, maar naast de persoonsgebonden factoren speelt ook de omgeving een rol. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van onderstaande figuren. De slechte leesbaarheid van de tekst of het feit dat het niveauverschil niet wordt waargenomen (ondanks voldoende verlichting!) geldt voor iedereen. Slechtziende personen zullen extra baat hebben bij de aanwezigheid van voldoende en correct aangebracht contrast. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de normen inzake toegankelijkheid hier de laatste jaren extra aandacht aan besteden.



FIGUUR 1: SITUATIES MET ONVOLDOENDE CONTRAST, OOK VOOR PERSONEN MET EEN GOEDE GEZICHTSSCHERPTE IS DE LINKER TEKST MOEILIJK LEESBAAR EN IS HET NIVEAUVERSCHIL RECHTS NAUWELIJKS WAARNEEMBAAR

Alle illustraties in deze tekst zijn ten titel van inlichting, wanneer bij een bepaalde kleur een uitspraak wordt gedaan over LRV-waarden of luminanties, dan is dit op basis van uitgevoerde metingen. Een weergave op een computerscherm of de afdruk via een printer komt niet overeen met de gespecificeerde kleuren.

3. TOEGANKELIJKHEID EN CONTRASTEN

Het WTCB-Dossier 3.12/2009 ‘Verlichting en contrast voor personen met een visuele beperking.’ behandelde reeds het belang van contrasten en het feit dat er verschillende formules bestaan voor het beoordelen van contrast alsook een variatie in de acceptatiecriteria. Drie elementen komen daarbij samen:

1. Welke contrasten heeft de gebruiker ‘nodig’ om vlot van de gebouwde omgeving gebruik te kunnen maken? Vaak is dit een combinatie van ervaring en onderzoeks-data. In dit document wordt een overzicht gegeven van beide.
2. Hoe wordt het contrast gemeten, welke formule gebruikt men en welke toestellen kan men hanteren om het contrast op te meten?
3. Zijn de vooropgestelde acceptatiecriteria realistisch? Gaat men courante oplossingen niet onmogelijk maken door de eisen te streng te stellen? Aspecten als slijtage, vervuiling, verkleuring en neerslag hebben een invloed op de contrastwaarneming en beïnvloeden dus de afdwingbaarheid van een bepaald resultaat.

Gezien deze complexiteit is het dan ook niet verwonderlijk dat er een grote variatie bestaat in toepassingsgebieden, contrastformules en acceptatiecriteria. Een bouwprofessional wil beschikken over eenduidige informatie die hij vlot kan gebruiken bij de realisatie van bouwprojecten. Daartoe werd beslist, op basis van literatuurstudie, om het rekenblad in twee stappen uit te werken:

Versie 1.0:

Met deze basisversie is het mogelijk om een aantal toepassingen uit ISO 21542 (2011) en de daaraan opgelegde acceptatiecriteria te verifiëren. Dit wordt aangevuld met een bepaling van de minimale lettergrootte voor signalisatie volgens het CIE-rapport 196 in functie van het ouder worden. Deze eerste versie kan geconsulteerd worden via volgende [link](#).

Versie 1.1:

De vraag naar voldoende contrasten is terug te vinden in verschillende bronnen en referentiedocumenten (zie Tabel 1). Binnen Europa worden er verschillende contrastformules en acceptatiecriteria gehanteerd. Hiertoe werd een rekenblad ontwikkeld dat meer flexibiliteit biedt op gebied van bronverwijzing, situaties waar contrasten relevant zijn, contrastformules en acceptatiecriteria. Ook voor de signalisatie kan men beslissen om de dimensionering te kiezen in functie van al dan niet ernstige visuele beperkingen. Meer flexibiliteit vereist echter ook meer voorkennis bij het gebruik ervan. Om voorkennis te koppelen aan het gebruik van deze versie van het rekenblad, werd beslist om deze versie enkel te verspreiden bij personen die een korte opleiding hebben gevolgd voor het gebruik ervan.

Hieronder een niet limitatieve lijst van een aantal documenten die specificeren hoe men een voldoende contrast kan bekomen aan de hand van een contrastformule en een acceptatiecriterium.

Norm	Land	Contrastformule		Eén of meerdere acceptatiecriteria ⁽¹⁾
ISO 21542 (2011)	INT	$C = LRV_1 - LRV_2$	[points]	$C \geq 15$; $C \geq 30$; $C \geq 60$
BS 8300 (2009) BS 8493 (2010)	VK	$C = LRV_1 - LRV_2$	[points]	$C \geq 15$; $C \geq 20$; $C \geq 30$; $C \geq 70$
ISO 23599 (2012) ^(*)	INT	$C = [(L_1 - L_2)/(L_1 + L_2)] * 100$	[%]	$C \geq 30$; $C \geq 40$; $C \geq 50$; minimum LRV = 40
DIN 32975 (2009) DIN 18040-1 (2010)	DUI	$C = [(L_1 - L_2)/(L_1 + L_2)] * 100$	[%]	$C \geq 40$; minimum reflectiecoëfficiënt = 0,5 $C \geq 70$
AS 1428-1 (2009)	AUS	$C = [(250 * [Y_1 - Y_2] / (Y_1 + Y_2 + 25))]$	[%]	$C \geq 30$
Guide des bonnes pratiques de mise en couleur (2009)	FR	$C = [(L_1 - L_2)/L_2] * 100$	[%]	$C \geq 50$; $C \geq 70$
Wallonië (Guide d'aide à la conception d'un bâtiment accessible/adaptable)	BEL	$C = [(L_1 - L_2)/L_2] * 100$	[%]	$C \geq 70$
Vlaanderen (Link – 01/05/2017)	BEL	$C = LRV_1 - LRV_2$	[points]	$C \geq 30$
Andere normen die contrastformules bevatten zijn: SN 521 500, NF P98-351, Önorm B 1600, ADAAG (versie 1991),...				
(1) Het acceptatiecriterium wijzigt in functie van de toepassing. Zo vergen kleinere elementen (bvb. signalisatie) of elementen waar een veiligheidsaspect aan verbonden is (bvb. tredeneuzen) een groter contrast.				

TABEL 1: VERSCHILLENDE CONTRASTFORMULES EN ACCEPTATIECRITERIA

Een aantal termen uit bovenstaande tabel verdienen enige verduidelijking: wat verstaat men onder contrast? Wat is het onderscheid tussen Light Reflectance Value (LRV), Luminantie (L) en Y-waarde? Hoe verhouden deze termen zich tot begrippen als helderheidscontrast of kleurcontrast? De variatie in contrastformules en acceptatiecriteria geeft ook aan dat het weinig zinvol is om deze slaafs te volgen. Het rekenblad contrasten (versie 1.1) laat toe om een kleurkeuze in RAL, NCS,... af te toetsen aan de hierboven opgesomde contrastformules en acceptatiecriteria (mits een aantal aannames die hieronder verder worden verduidelijkt). Het is niet de bedoeling van het rekenblad om een nieuwe norm of standaard te definiëren.

4. TERMINOLOGIE

4.1. CONTRAST:

Bron: RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 2-32 contrast (C)

1. In waarnemingszin: Evaluatie van het verschil in uitzicht (aspect) van twee of meerdere gedeelten van het gezichtsveld die gelijktijdig of na elkaar worden waargenomen (vandaar helderheidscontrast, klaarheidscontrast, kleurcontrast, simultaan contrast, successief contrast,...)
2. In fysische zin: Grootheid geassocieerd met het waargenomen helderheidscontrast, gewoonlijk gedefinieerd door een formule waarin de luminanties van de beschouwde stimuli voorkomen, bijvoorbeeld $\Delta L/L$ in de buurt van de luminantie drempel; of L_1/L_2 voor grotere luminanties.

Meer uitgebreide definities van contrast met achtergrondkennis over de keuzes van bepaalde contrastformules zijn terug te vinden in het CIE-rapport 95 'Contrast and visibility' (1992). De meeste contrastmetriecken zijn afkomstig uit onderzoek uitgevoerd in functie van de oogheelkunde of de beeldschermindustrie. Deze metriecken die oorspronkelijk andere toepassingsdomeinen hadden worden nu overgenomen in normen voor de toegankelijkheid van de gebouwde omgeving. Het onderzoek naar geavanceerde contrastmetriecken die dichter aansluiten bij de menselijke waarneming^[1] is nog volop in ontwikkeling, maar de toepassingen die hier aan bod komen worden enkel die metriecken weerhouden die vandaag reeds in de normen voor de toegankelijkheid van gebouwen worden gehanteerd.

4.2. LUMINANTIE:

Bron: RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 1-32 luminantie (L_v of L)

(in een gegeven richting, in een gegeven punt van een reëel of fictief oppervlak)

Quotiënt van de elementaire lichtsterkte dI van het door een oppervlakte-element dA in een gegeven richting uitgezonden, doorgelaten of gereflecteerd licht; en de oppervlakte van de projectie van dat oppervlakte-element op een vlak loodrecht op de beschouwde richting.

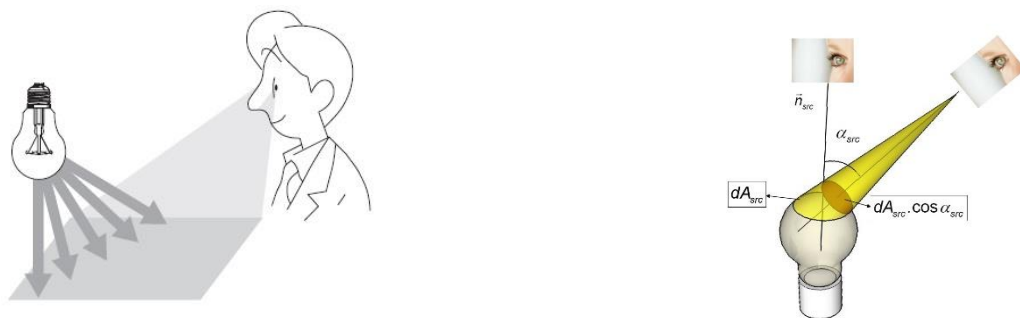
Eenheid: cd/m^2

Noten:

1. De luminantie van een elementair lichtbron kan eveneens gedefinieerd worden als het quotiënt van de voortgebrachte verlichtingssterkte $dE_\perp$ die ontvangen wordt in een punt van de gegeven richting, in een vlak loodrecht op deze laatste; en de ruimtehoek $d\Omega$ waaronder de elementaire bron vanuit dat punt wordt gezien. Onder deze vorm kan het begrip luminantie worden uitgebreid tot de gevallen met bronnen zonder definieerbaar oppervlak (hemel, mist) daar de evaluatie ervan slechts metingen aan waarnemerszijde vereist.
2. Analytisch gezien worden deze definities door de volgende formules uitgedrukt: $L = \frac{dI}{dA \cdot \cos\theta}$
Hierin is θ de hoek die gevormd wordt door de normale op het oppervlak dA met de beschouwde richting;
of $L = \frac{dE_\perp}{d\Omega}$
3. De International Lighting Vocabulary en de norm NBN EN 12665-2000 definiëren de luminantie op de volgende wijze: grootheid gedefinieerd door de formule: $L = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$
Hierbij is $d\Phi_v$ de lichtflux die stroom door een elementaire bundel die door het gegeven punt gaat en dit binnen de ruimtehoek $d\Omega$ die de gegeven richting bevat; dA is de oppervlakte van de dwarsdoorsnede in het gegeven punt; θ is de hoek tussen de normale op deze dwarsdoorsnede en de richting van de bundel.
4. De luminantie is de fysische tegenhanger van de helderheid. Het is de fysische maatstaf van de stimulus die de helderheidsindruk voortbrengt.

Bron: WTCB-Tijdschrift – Herfst 2003

De luminantie van een oppervlak is de verhouding van de lichtintensiteit van dat oppervlak in de kijkrichting tot het zichtvlak ervan in de beschouwde richting. Deze wordt uitgedrukt in candela's per vierkante meter (symbool cd/m^2). Dit is een vectoriële grootheid (net zoals de lichtintensiteit) die rekening houdt met de kijkrichting. De luminantie is een fundamentele fotometrische grootheid, omdat het precies voor deze waarde is, dat ons oog gevoelig is. Ze vertaalt de visuele gewaarwording van de door een lichtbron geproduceerde helderheid, of deze nu primair (lamp, hemelgewelf) of secundair is (elk verlicht oppervlak).



FIGUUR 2: ILLUSTRATIE VAN HET BEGRIIP LUMINANTIE EN ZIJN RICHTINGAFHANKELIJKHEID

4.3. LUMINANTIECONTRAST:

Bron: RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 7-33 luminantiecontrast

Fysische grootheid gebruikt als maat voor het helderheidscontrast, doorgaans gedefinieerd met behulp van formules waarin de luminanties van de betrokken stimuli voorkomen.

Noot*: Luminantiecontrast kan worden gedefinieerd door de verhouding $C_1 = L_2/L_1$, of met de volgende formule

$$C_2 = \frac{L_2 - L_1}{L_1}$$

Indien de verschillende luminantie-oppervlakken vergelijkbare afmetingen hebben en het wenselijk is om een gemiddelde te nemen, kan de volgende formule worden gebruikt:

$$C_3 = \frac{L_2 - L_1}{0.5(L_2 + L_1)}$$

Waarin L_1 de luminantie van de achtergrond of van het grootste gedeelte van het gezichtsveld is; L_2 de luminantie van het object is.

*Zoals blijkt uit CIE 95 'Contrast and visibility' en ook verderop in dit document wordt geïllustreerd zijn er nog andere formules voor het beoordelen van het luminantiecontrast

4.4. HELDERHEID:

Bron: RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 2-16 helderheid

Eigenschap van een visuele gewaarwording op grond waarvan een oppervlak meer of minder licht lijkt uit te stralen. De helderheid is de subjectieve perceptie van luminantie.

4.5. LICHTHEID:

Bron: RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 2-19 klaarheid, lichtheid

Helderheid (van een relatieve kleur) van een oppervlak beoordeeld in vergelijking met de helderheid van een op dezelfde wijze verlicht oppervlak dat wit lijkt of dat in hoge mate lichtdoorlatend lijkt te zijn.

Noot: Alleen bij relatieve kleuren kan men van klaarheid of lichtheid spreken

(d.w.z. bij die kleuren die tegelijkertijd worden waargenomen als andere naburige kleuren).

4.6. REFLECTIEFACTOR/REFLECTIECOËFFICIËNT:

Bron: RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 4-54 reflectiefactor

(voor een invallende straling met gegeven spectrale samenstelling, polarisatie en geometrische verdeling) (ρ)

Verhouding van de gereflecteerde stralings- of lichtflux tot de invallende stralings- of lichtflux onder gegeven omstandigheden.

Noten:

1. $\rho = \rho_r + \rho_d$ = speculaire reflectiefactor + diffuse reflectiefactor
2. De doorlatingsfactor voor energetische straling is niet dezelfde als de doorlatingsfactor voor lichtstraling*
3. De doorlatingsfactor hangt over het algemeen af van de richting en van de spectrale verdeling van de invallende straling alsook van de graad van afwerking van het oppervlak.

** De reflectiefactor is ook afhankelijk van het type lichtbron, zo kan een rood oppervlak een reflectiefactor hebben van 90% voor een rood licht, terwijl deze een reflectiefactor van 0% kan hebben voor een blauw licht.*

4.7. LIGHT REFLECTANCE VALUE (LRV):

Bron: BS 8493 (2010) – artikel 3.1 Light Reflectance Value (LRV)

Proportion of visible light reflected by a surface, weighted for the sensitivity to light of the human eye.

Note: This is equivalent to CIE Tristimulus Y_{10} when viewed under Illuminant D_{65} and when measured with the appropriate specimen and measurement geometry. Further details of the CIE Tristimulus values are given in CIE 15 (2004) and further details of the measurement of reflection are given in CIE 130 (1988).*

** BS 8493 legt de meetgeometrie vast voor het opmeten van de Light Reflectance Value (LRV), een reflectiefactor opgemeten met een spectrofotometer die beantwoordt aan volgende specificaties: illuminante D_{65} , 10° standard observer, $d/8^\circ$ meetgeometrie en SCI (specular component included).*

4.8. TRISTIMULUS Y-WAARDE:

Bron: CIE Technisch rapport 15.3 – Colorimetrie – Hoofdstuk 7

The CIE Standard on standard colorimetric observers recommends that the CIE tristimulus values of a colour stimulus values of a colour stimulus be obtained by multiplying at each wavelength the value of the colour stimulus function $\phi_\lambda(\lambda)$ by that of each of the CIE colour-matching functions and integrating each set of products over the wavelength range corresponding to the entire visible spectrum, 360 nm to 830 nm. The integration can be carried out by numerical summation at wavelength intervals, $\Delta\lambda$, equal to 1 nm.

$$X = k \sum_{\lambda} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$X_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Y = k \sum_{\lambda} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Y_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Z = k \sum_{\lambda} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Z_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) \Delta\lambda$$

In the above equations $\phi_{\lambda}(\lambda)$ denotes the spectral distribution of the colour stimulus function. X, Y, Z are tristimulus values, $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ are colour matching functions of a standard colorimetric observer, and k is a normalising constant. Each of these may be specified for the CIE 1931 standard colorimetric system by being written without a subscript, or for the CIE 1964 standard colorimetric system by the use of the subscript 10.

For reflecting (or transmitting) object colours, the colour stimulus function, $\phi_{\lambda}(\lambda)$, is replaced by the relative colour stimulus function, $\phi(\lambda)$, evaluated as:

$$\phi(\lambda) = R(\lambda) \cdot S(\lambda)$$

$R(\lambda)$ is the spectral reflectance factor (or spectral radiance factor or spectral reflectance) of the object colour.

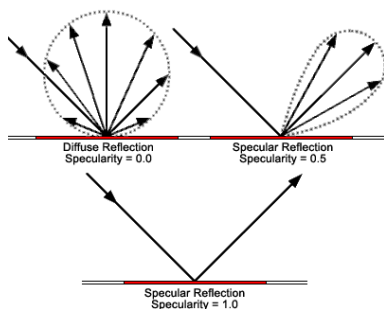
$S(\lambda)$ is the relative spectral power distribution of the illuminant (which, whenever possible, should be one of the CIE standard illuminants)

4.9. LAMBERTIAANS OPPERVLAK:

Bron: RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 4-48 lambertiaans oppervlak, ideaal mat oppervlak

Ideaal oppervlak, waarbij de straling die er van uitgaat dezelfde radiantie of dezelfde luminantie bezit in alle richtingen binnen de hemisfeer waarin het oppervlak uitstraalt. Een lambertiaans uitstralend oppervlak wordt gekenmerkt door luminantie, welke in alle richtingen dezelfde is (Figuur 3 links bovenaan – diffuse reflectie).

Noot: De straling kan door rechtstreeks emissie (primaire bron) en door reflectie of door doorlating (secundaire bron) worden voortgebracht



FIGUUR 3: LAMBERTIAANS OPPERVLAK VERSUS SPECULAIR OPPERVLAK



FIGUUR 4: ILLUSTRATIE VAN SPECULAIR EN LAMBERTIAANS OPPERVLAK. DOOR SPECULARITEIT WIJZIGT DE KLEURWAARNEMING

4.10. COLORIMETER:

Bron:

RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 5-79 colorimeter

WTCB Infofiche N° 25 – Objectieve beoordeling van kleurverschillen

Toestel bestemd voor het meten van colorimetrische grootheden, zoals bijvoorbeeld de trichromatische componenten van een kleurtristimulus. Men kan twee types onderscheiden: bij de chromameters wordt het weerkaatste licht geëvalueerd door drie breedbandfilters, waarvan de invloed overeen komt met deze van het menselijk oog. Bij de chromaspectrometers wordt een volledige spectrale reflectiecurve bekomen, wat veel nauwkeuriger is.

Wat de meetgeometrie betreft, maakt men een onderscheid tussen metingen met een directe lichtbron ($45^\circ/0^\circ$) en metingen met een diffuse lichtbron ($d/8^\circ$). Bij eerstgenoemde metingen (waarbij de belichtingshoek 45° bedraagt en de meethoek 0°) wordt de speculaire reflectie uitgeschakeld, maar houdt men wel rekening met de structuur van het oppervlak. Bij een meting met een diffuse lichtbron (onder een meethoek van 8°) wordt de invloed van de structuur geneutraliseerd. Verder wordt de bekomen meetwaarde ook beïnvloed door de illuminant (D65) en de waarnemingshoek ($10^\circ/2^\circ$).

4.11. LUMINANTIEMETER:

Bron:

RTV 01 (2001) – Woordenlijst voor de verlichtingskunde, art. 5-78 luminantiemeter

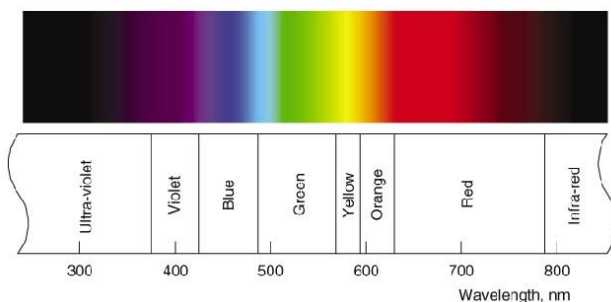
Toestel bestemd voor het meten van luminantie.

Een luminantiemeter bestaat doorgaans uit een fotometerkop, gekenmerkt door een gering hoekafhankelijk meetveld en voorzien van een correctiefilter V_λ en een foto-elektrische ontvanger. Het toestel omvat een oculair waarmee men het waarnemingsveld kan bekijken rond het oppervlak waarvan de luminantie wordt gemeten. De foto-elektrische stroom wordt gemeten door het elektrische gedeelte van het instrument. De aanduiding wordt rechtstreeks in candela per vierkante meter weergegeven.

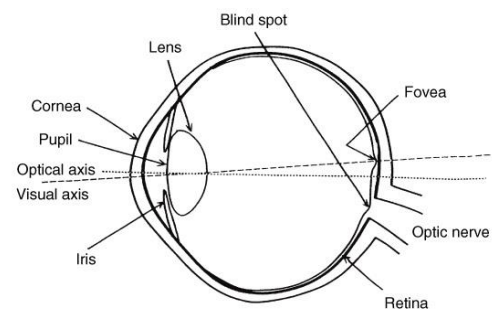
5. DE WAARNEMER

Een groot deel van de hier weergegeven informatie is afkomstig uit 'Measuring Colour', fourth edition, PY: 2011, Auteurs: R.W.G. Hunt & M.R. Pointer

De waarneming van onze omgeving gebeurt met onze zintuigen. Visuele perceptie zou daarbij instaan voor 85 à 90% van de informatie die we dagelijks verwerken[2]-[3]. De mens is in staat om meer dan 10 miljoen verschillende kleurnuances van elkaar te onderscheiden[4], die vallen binnen het visuele spectrum zoals weergegeven in (Figuur 5). Die waarneming gebeurt via het menselijk oog dat schematisch is weergegeven in (Figuur 6).



FIGUUR 5: BENADERENDE WEERGAVE VAN HET VISUELE SPECTRUM

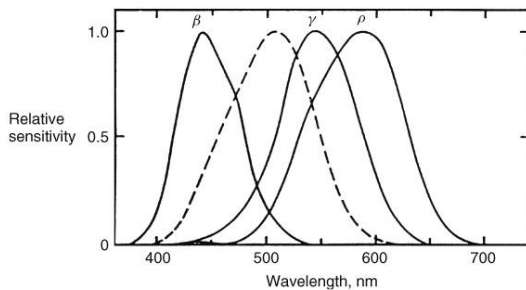


FIGUUR 6: EEN SNEDE VAN HET MENSELIJK OOG

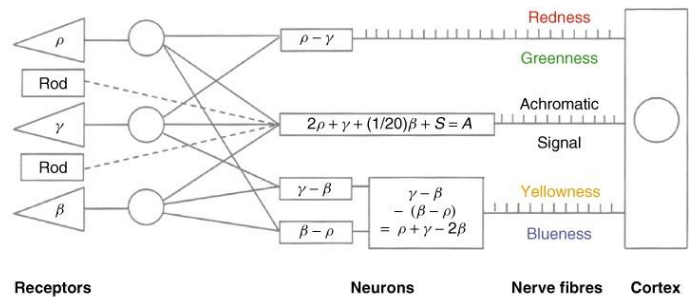
Er zijn drie zaken nodig om een object te kunnen waarnemen: een voorwerp, licht en een waarnemer. Licht dat gereflecteerd wordt op het voorwerp zal via de pupil in het menselijk oog terecht komen en de waarneming mogelijk maken. De pupil kan verkleinen (veel licht) of vergroten (weinig licht) in functie van de hoeveelheid invallend licht. De grootte van de pupil heeft echter beperkte invloed op de waarneming (Stiles-Crawford Effect). Belangrijker zijn de cornea en de ooglens, die een rol spelen bij het scherp stellen van het oog – hoe goed ziet men iets ver of dichtbij? – en in functie van de leeftijd zal de ooglens ook minder transparant worden, waardoor de gevoeligheid voor blauw licht gaat afnemen. Bij personen met cataract is er een vertroebeling en verkleuring van de ooglens, waardoor zowel de kleurwaarneming zal wijzigen als de scherpstelling van het oog zal verminderen.

Een volgend element dat tussenkomt in de waarneming is de retina of het netvlies. Het netvlies bevindt zich aan de binnenzijde van de oogbol, maar is niet uniform over het gehele oppervlak. De retina bevat de zintuigcellen van het menselijk oog (de fotoreceptoren). De belangrijkste fotoreceptoren zijn de zogenaamde staafjes en kegeltjes, de staafjes worden gebruikt voor het schemer- en nachtzien (scotopisch zicht), terwijl de kegeltjes voorzien zijn van pigmentmoleculen en gebruikt worden voor het kleurzien (fotopisch zicht). De staafjes en kegeltjes zijn niet uniform verdeeld over het netvlies. Centraal ter hoogte van de fovea bevinden er zich uitsluitend kegeltjes (centraal in het gezichtsveld kan men best kleuren onderscheiden), eenmaal 40° buiten de optische as zijn er nagenoeg enkel nog staafjes aanwezig (in de rand van het gezichtsveld detecteert men enkel nog beweging geen kleur). De kegeltjes bestaan er in drie types: ρ , β en γ -receptoren, zoals weergegeven in (Figuur 7). De β -receptoren zijn vooral gevoelig voor blauw licht, de γ -receptoren voor groen/geel licht en de ρ -receptoren voor oranje licht. Dankzij deze drie receptoren kan men een grote variatie aan kleuren van elkaar onderscheiden. Vervolgens wordt deze informatie via de optische zenuw verstuurd naar de

hersen en waar ze verder verwerkt wordt. Hoewel er nog veel niet geweten is over hoe dit precies verloopt is het schema in (Figuur 8) een aannemelijke weergave van dit proces[4]. De visuele waarneming kan dus op verschillende manieren verstoord zijn en dit kan zowel bij het oog zelf zijn als bij de verwerking van het signaal naar de hersenen.

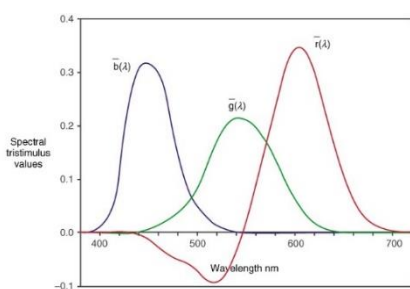


FIGUUR 7:
STREEPJESLIJN: SPECTRALE OOGGEVOELIGHEID VOOR SCOTOPISCH ZICHT $V'(\lambda)$
VOLLE LIJNEN: HET OOG BEVAT DRIE TYPES KEGELTJES (ZINTUIGCELLEN) DIE KLEURWAARNEMING MOGELIJK MAKEN

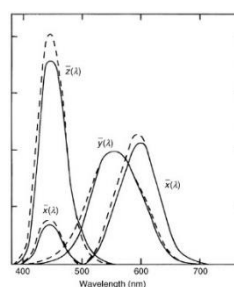


FIGUUR 8: VEREENVODIGD EN HYPOTHETISCH DIAGRAM OVER DE VERBINDING TUSSEN ZINTUIGCELLEN IN HET MENSELIJK OOG EN DE VERWERKING DOOR DE HERSENEN

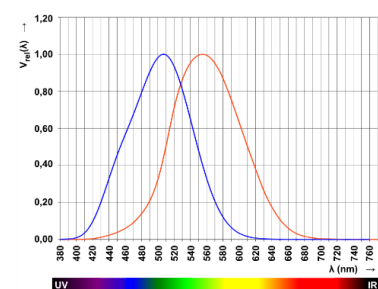
Uit Figuur 7 kan men besluiten dat er voor scotopisch zicht één spectrale ooggevoelighedscurve bestaat $V'(\lambda)$, die onafhankelijk is van de kleur van de lichtbron. Bij daglicht worden vooral de drie kegeltjes gebruikt als zintuigcellen voor de waarneming, dus ook de helderheid van een bepaalde lichtbron of oppervlak wordt bepaald door deze drie types kegeltjes. Men weet dat bijdrage van de β -kegeltjes beperkt is en de γ en ρ – curves overlappen elkaar sterk. In tegenstelling tot wat Figuur 7 doet vermoeden weet men echter heel weinig over het precieze verloop van deze drie curves. Daarom heeft het CIE (Commission International de l'Eclairage) indirect bepaald hoe men aan de hand van 3 lichtbronnen een kleur eenduidig kan definiëren (Figuur 9). Vervolgens werden deze curves getransformeerd (men wenste steeds positieve waarden) tot de CIE Tristimulus-waarden X, Y & Z (1931). De Y-waarde is hierbij een maat voor de helderheid van de lichtbron: $Y_1/Y_2 = L_1/L_2$. De $\bar{y}(\lambda)$ uit (Figuur 10) is dus identiek aan de spectrale ooggevoelighedscurve $V(\lambda)$ voor fotopisch zicht (Figuur 11).



FIGUUR 9: DE CURVES $\bar{b}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$ EN $\bar{r}(\lambda)$ SAMENGESTELD VOOR EEN EQUI-ENERGETISCHE LICHTBRON S_E OP BASIS VAN MONOCHROMATISCH LICHT MET GOLFLENGTES 700 NM, 546.1 NM & 435.8 NM. ALLE KLEUREN KUNNEN GEDEFINIËRD WORDEN AAN DE HAND VAN R,G,B- WAARDEN DIE WORDEN SAMENGESTELD OP BASIS VAN BOVENSTAANDE CURVES



FIGUUR 10: TRANSFORMATIE VAN DE $\bar{b}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$ EN $\bar{r}(\lambda)$ CURVES TOT DE $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ EN $\bar{z}(\lambda)$ CURVES, WAARDOR ER GEEN NEGATIEVE WAARDEN MEER ZIJN. DE SPECTRALE OOGGEVOELIGHEIDSCURVE $V(\lambda) = \bar{y}(\lambda)$



FIGUUR 11: GENORMALISEERDE SPECTRALE OOGGEVOELIGHEIDSCURVE VOOR SCOTOPISCH $V'(\lambda)$ EN FOTOPISCH $V(\lambda)$ ZICHT

Bovenstaande $V(\lambda)$ -curve en $V'(\lambda)$ -curve werden eenduidig vastgelegd en zijn terug te vinden in ISO 23539 (2005) in tabelvorm, per nanometer (380 tot 780 nm) en in bepaalde gevallen tot 10 cijfers na de komma (voor zover men dergelijk detail nodig heeft). Het betreft de spectrale ooggevoeligheid van de standaard waarnemer voor fotonisch en scotopisch zicht. Deze $V(\lambda)$ -curves worden gebruikt voor het meten van lichtgrootheden zoals luminanties (L-waarden), reflectiecoëfficiënten (LRV-waarden) en Y-waarden (zie hierboven). Als men de lichtbron kent (spectrale verdeling) en het oppervlak kent (lambertiaans opaak oppervlak, kleur oppervlak), kan het contrast dus berekend worden.

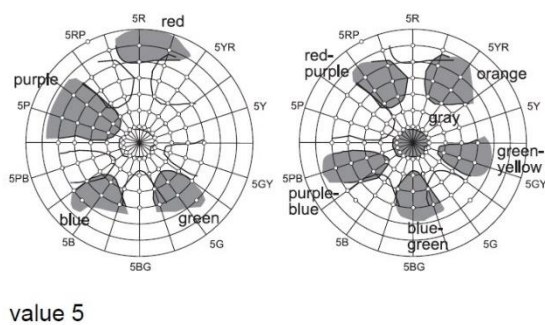
Ieder individu zal in zijn waarneming in meer of mindere mate verschillen van de ‘standaard waarnemer’ die hierboven werd omschreven. Voor bepaalde groepen van gebruikers heeft men daar ook gegevens over verzameld, zo bevat NBN EN ISO 24502 de data voor spectrale ooggevoeligheidscurves om een leeftijdsgerelateerd helderheidscontrast voor gekleurde lichtbronnen te kunnen bepalen. Aangezien de criteria uit Tabel 1 vrij ruim gesteld zijn, om ook rekening te houden met personen die slechtziend zijn, is het niet zinvol om deze aangepaste spectrale ooggevoeligheidscurves te gaan gebruiken in deze formules. Ze laten wel toe om gedetailleerde berekeningen uit te voeren indien gewenst.

Naast de wijziging van de waarneming als gevolg van veroudering van het menselijk oog zijn er ook heel wat verschillende visuele beperkingen die al dan niet in ernstige mate een invloed hebben op de contrastwaarneming: cataract, glaucoom, macula degeneratie,... Het is niet de bedoeling om in dit document hier gedetailleerd op in te gaan, voor de geïnteresseerde lezer verwijzen we naar het CIE-rapport 123 ‘Low Vision’.

6. CONTRASTEN

6.1. HELDERHEIDSCONTRAST OF KLEURCONTRAST

Uit de Terminologie (4.1 & 4.3) van het begrip contrast kan men besluiten dat er verschillende vormen van contrast bestaan. In de normen voor toegankelijkheid (ISO 21542, BS 8300, DIN 18040-1,...) maakt men overwegend gebruik van helderheidscontrast of luminantiecontrast. Uit de introductie van dit hoofdstuk bleek reeds dat er verschillende contrastformules bestaan. Deze formules gebruiken onder andere volgende variabelen: $\Delta Y/\Delta Y_{10}$, ΔL of ΔLRV . Een uitzondering hierop is terug te vinden in het CIE-rapport 196 “Gids ter verbetering van toegankelijkheid met licht en verlichting”. Deze gids maakt gebruik van 'categorical colour perception', waarbij kleuren worden ingedeeld in aantal basiscategorieën (rood, oranje, geel, groen-geel, groen, blauw-groen, blauw, purper-blauw, purper, purper-rood, wit, grijs, zwart). Kleuren zijn van elkaar te onderscheiden indien ze tot verschillende categorieën behoren. De gids CIE 196 bevat een afbakening van categorieën in het Munsell-diagram in functie van leeftijd (oudere versus jongere) en verlichting (fotopisch versus mesopisch zicht). Dit wordt verder aangevuld met tabellen die aangeven welke basiscategorieën goed, matig of slecht met elkaar kunnen gecombineerd worden. Figuur 13 illustreert die aan de hand van een voorbeeld. Munsell wordt vooral in de Verenigde Staten gebruikt en de grafische afbakening is minder eenduidig dan een specifiek criterium zoals weergegeven in Tabel 1. Daarom werd beslist om deze methodologie (voorlopig) niet te integreren in het uit te werken rekenblad. Aan de methode zou ook een uitsluitingscriterium voor mensen met kleurenblindheid of kleurzienstoornis moeten worden toegevoegd. Een combinatie als rood/groen is bijvoorbeeld gekend als moeilijk van elkaar te onderscheiden voor deze doelgroep. Dit probleem stelt zich niet wanneer men werkt op basis van helderheidscontrasten.



FIGUUR 12: CIE-RAPPORT 196: AFBAKENING VAN KLEURCATEGORIEËN VOOR FOTOPISCH ZICHT, VOOR OUDERE PERSONEN IN HET MUNSELL-DIAGRAM (VALUE 5)

	R	RY	Y	GY	G	BG	B	PB	P	RP	GRE	WHT	BLK
R	-	o	o	o	o	o	o	o	+	+	o	o	o
RY		-	o	o	o	o	o	o	+	+	+	o	o
Y			-	o	o	o	o	o	o	o	+	+	o
GY				-	o	o	o	o	o	+	+	+	+
G					-	o	o	o	+	+	+	+	+
BG						-	o	o	+	+	+	+	+
B							-	o	+	+	+	+	+
PB								-	o	+	+	+	+
P									-	o	+	+	+
RP										-	o	+	+
GRE											-	o	+
WHT												-	o
BLK													-

o extremely high distinctiveness
+ moderate distinctiveness
- low distinctiveness

NOTE Abbreviation of colour names in the Table 12 are: (R) red, (RY) orange or red-yellow, (Y) yellow, (GY) green-yellow, (G) green, (BG) blue-green, (B) blue, (PB) purple-blue, (P) purple, (RP) red-purple, (GRE) grey, (WHT) white, (BLK) black.

FIGUUR 13: KLEURCOMBINATIES UIT FIGUUR 12 ‘MET EXTREMELY HIGH DISTINCTIVENESS’ [o], ‘MODERATE DISTINCTIVENESS’ [+] & ‘LOW DISTINCTIVENESS’ [-]

6.2. VERSCHILLENDE CONTRASTFORMULES

Het rekenblad contrasten werd opgesteld voor reflecterende, diffuse en lambertiaanse oppervlakken die voldoende en uniform verlicht worden door chromatisch neutrale verlichting (wit licht, daglicht).

Een aantal van de contrastformules die zijn terug te vinden in Tabel 1, maken gebruik van Y-waarden [0;100], andere maken gebruik van LRV-waarden [0;100] en nog andere maken gebruik van luminanties L [0;∞[. Het bereik van de Y-waarde (de relatieve luminantie), wordt beperkt tot [0;100],

door de luminantie van een bepaald referentiewit gelijk te stellen aan 100. Luminanties kunnen zowel bij reflecterende als lichtgevende oppervlakken/lichtbronnen opgemeten worden, maar niet iedere contrastformule laat toe om conclusies te trekken op basis van luminanties. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld. Beschouw twee diffuus reflecterende oppervlakken:

	R	G	B	LRV	
Oppervlak 1	164	100	38	20	
Oppervlak 2	100	202	193	50	

TABEL 2: TWEE REFERENTIE-OPPERVLAKKEN DIE GEBRUIKT WORDEN VOOR HET BEREKENEN VAN CONTRAST MET VERSCHILLENDE CONTRASTFORMULES

Veronderstel dat deze oppervlakken verlicht worden met een verlichtingssterkte van 50 lx en vervolgens met een verlichtingssterkte van 200 lx. Aangezien voor perfect lambertiaanse oppervlakken $L = \rho \times E/\pi$, verkrijgt men:

- $L_1(50 \text{ lx}) = 3.18 \text{ cd/m}^2$
- $L_1(200 \text{ lx}) = 12.73 \text{ cd/m}^2$
- $L_2(50 \text{ lx}) = 7.96 \text{ cd/m}^2$
- $L_2(200 \text{ lx}) = 31.83 \text{ cd/m}^2$

Deze waarden toegepast op verschillende contrastformules levert het volgende resultaat:

6.2.1. FORMULE 1: $C = 'LRV_1 - LRV_2'$

Formule van G. Cook (ISO 21542/BS 8300/Vlaams Handboek Toegankelijkheid – [link](#) (14/03/2017))

- $LRV_1 - LRV_2 = 50 - 20 =$ verschil van 30 punten, het verschil bedraagt theoretisch maximum 100 punten
- Vervangt men LRV door luminanties: (situatie 50 lx) of $7.96 - 3.18 = 4.78 \text{ cd/m}^2$; (situatie 200 lx) of $31.83 - 12.73 = 19.1 \text{ cd/m}^2$, dan is het niet mogelijk om een conclusie te trekken uit het bekomen resultaat.

Dit is de formule die gebruikt wordt in de basisversie van het rekenblad contrasten – versie 1.0

6.2.2. FORMULE 2: $C = 'L_1 - L_2/L_2'$

De formule van Weber, de meest gangbare formule voor het beoordelen van contrast, ze legt een verband tussen de grootte van fysieke impulsen en de daaraan gekoppelde waarneming: $(L_1 - L_2)/L_2$ of $\Delta L/L$. De wet van Weber is er de oorzaak van dat de maatstaven van zintuiglijke waarneming vaak een logaritmische schaal hebben, bijvoorbeeld de decibelschaal in de akoestiek. De oorspronkelijke definitie van de formule van Weber is terug te vinden in het CIE-rapport 95: $|L_t - L_b|/L_b$, waarbij L_t target (L_t) staat voor de luminantie van het waar te nemen object en L_b background (L_b) voor de luminantie van de achtergrond. Men spreekt van positief contrast wanneer $L_t > L_b$ (bijvoorbeeld witte tekst op zwarte achtergrond), omgekeerd spreekt men van negatief contrast wanneer $L_t < L_b$ (bijvoorbeeld zwarte tekst op witte achtergrond).

- Indien $L_1 > L_2$ kan het bekomen contrast variëren tussen 0 en ∞ ; $]0; \infty[$
- Indien $L_1 < L_2$ kan het bekomen contrast variëren tussen -1 en 0; $[-1; 0[$

- Voor de hierboven omschreven situaties geeft dit dus:
 - Situatie 50 lx: $(3.18 - 7.96)/7.96 = -0.60$ of 60%
 - Situatie 200 lx: $(12.73 - 31.83)/31.83 = -0.60$ of 60%
 - Wanneer men luminanties vervangt door de LRV-waarden van beide oppervlakken krijgt men: $(20-50)/50 = -0.60$ of 60%
- Men verkrijgt dus steeds hetzelfde resultaat op voorwaarde dat de cijfergegevens ‘correct’ worden ingevuld, indien $L_1 > L_2$ zal men immers een waarde krijgen tussen 0 en ∞ , waaraan geen percentiel kan worden toegekend. Bij positief contrast zal men dus moeten afwijken van de formule uit het CIE-rapport 95: $|L_b - L_t|/L_t$ levert een resultaat tussen 0 & 1 dat kan worden omgezet in een %-waarde.

De formule van Weber heeft een aantal nadelen, zo zal de constante Contrast Ratio ($\Delta L/L = \text{Constante}$) niet gelden voor zeer lage of zeer hoge luminaties (zie paragraaf 6.3). Het is dan ook niet verwonderlijk dat men met deze formule voor donkere kleuren nogal vlug een afdoende contrast krijgt, terwijl dit eigenlijk niet afdoende is en men een beter contrast zou verkrijgen met lichtere kleuren die een gelijkwaardig contrast opleveren volgens de formule van Weber. Dit geldt in het bijzonder bij zeer lage verlichtingssterktes/luminanties, zoals onderstaande figuur illustreert.

Kleur	Contrast	
LRV ₁ = 16	C = 72%	
LRV ₂ = 4		
LRV ₁ = 90	C = 71%	
LRV ₂ = 26		

TABEL 3: BEREKENING VAN CONTRAST VOLGENS DE FORMULE VAN WEBER – EVENWAARDIG CONTRAST?

ISO 23599 legt daarom ook een minimumwaarde op, aan de reflectiecoëfficiënt of LRV van het lichtste oppervlak. Dit is een aanvulling op de formule van Weber, om de zichtbaarheid bij donker kleuren te verbeteren. De situatie zoals hierboven weergegeven LRV₁ = 16 en LRV₂ = 4 wordt daardoor onmogelijk, indien men eist dat de LRV₁-waarde minstens gelijk is aan 40. Merk ook op dat indien men formule 1 toepast in de hierboven beschreven situatie, verkrijgt men ΔLRV voor situatie 1 gelijk aan 16-4 of 12 punten en ΔLRV voor situatie 2 van 90-26 of 64 punten, dus absoluut niet hetzelfde contrast! Dit illustreert het belang van een correcte contrastdefinitie versus criterium.

6.2.3. FORMULE 3: $(L_1 - L_2)/(L_1 + L_2)$

Formule van Michelson (DIN 18040-1, DIN 32975, ISO 23599)

- $L_1 > L_2$ ligt het resultaat tussen 0 en 1, is $L_2 > L_1$, dan ligt het resultaat tussen -1 en 0. Deze formule geeft dus steeds een resultaat dat procentueel kan worden uitgedrukt door vermenigvuldiging met 100.
- Voor de hierboven beschreven situaties geeft dit dus:
 - Situatie 50 lx: $(7.96 - 3.18)/(7.96 + 3.18) = 0,43$ of $(3.18 - 7.96)/(7.96 + 3.18) = -0,43$
 - Situatie 200 lx: $(31.83 - 12.73)/(31.83 + 12.73) = 0,43$ of $(12.73 - 31.83)/(31.83 + 12.73) = -0,43$

- Wanneer men de luminanties vervangt door de LRV-waarden van beide oppervlakken:
 $(50 - 20)/(50 + 20) = 0,43$ of $(20-50)/(20+50) = 0,43$
- Ongeacht welke getalwaarden men uit het voorbeeld gebruikt en hoe deze worden ingevuld in de contrastformule, verkrijgt men dus steeds hetzelfde resultaat, een contrast van 0,43.

De formule van Michelson, heeft net als de formule van Weber het nadeel dat men nogal snel voldoende contrast krijgt bij donkere kleuren. DIN 32975 (2009) vraagt dus ook dat de reflectiecoëfficiënt of (LRV) van het lichtste vlak minstens 50 punten bedraagt.

Kleur	Contrast	
LRV = 16	C = 60%	
LRV = 4		
LRV = 90	C = 55%	
LRV = 26		

TABEL 4: BEREKENING VAN CONTRAST VOLGENS DE FORMULE VAN MICHELSON – EVENWAARDIG CONTRAST?

6.2.4. FORMULE 4: $(L_1 - L_2)/(0.5(L_1 + L_2))$

Formule van Bowman

Vergelijkbaar met de formule van Michelson, alleen gaat men in de noemer het gemiddelde nemen van de twee luminanties/LRV-waarden in plaats van te sommeren. De bekomen contrastwaarden liggen dan ook dubbel zo hoog als in de formule van Michelson.

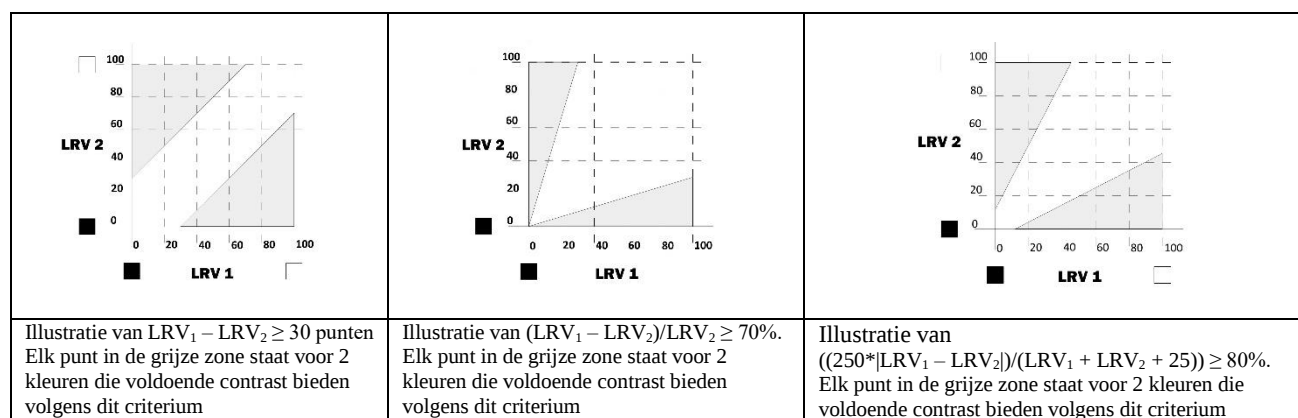
6.2.5. FORMULE 5: $((250 * |Y_2 - Y_1|)/(Y_1 + Y_2 + 25))$

Formule van Bowman – Sapolinski (AS 1428-1)

- LRV is het equivalent van de tristimulus waarde Y_{10} , opgemeten volgens de specificaties uit BS 8493 (zie 4.7. Light Reflectance Value (LRV):). Benaderend ($Y \neq Y_{10}$) zou men bovenstaande formule dus ook kunnen schrijven als $((250 * |LRV_2 - LRV_1|)/(LRV_1 + LRV_2 + 25))$. Door de absolute waarde in de teller, is het resultaat onafhankelijk van de wijze van invulling (men mag LRV_1 en LRV_2 met elkaar omwisselen). Het resultaat van deze formule zal variëren tussen 0 en 250.
- Voor de hierboven beschreven situatie geeft dit dus:
 - $((250 * |50-20|)/(50+20+25)) = 79$ of $((250 * |20-50|)/(20+50+25)) = 79$
 - Vervangt men de LRV-waarden door luminanties:
 (situatie 50 lx) of $((250 * |7.96-3.18|)/(7.96+3.18+25)) = 33$;
 (situatie 200 lx) of $((250 * |31.83-12.73|)/(31.83+12.73+25))=69$,
 dan is het niet mogelijk om een conclusie te trekken uit het bekomen resultaat.

In het WTCB-Dossier 2009/03.12 ‘Verlichting en contrast voor personen met een visuele beperking’, werd er reeds op gewezen dat er twee soorten formules bestaan. Formules die een absoluut verschil berekenen (formule 1) en bij het grafisch uitzetten van LRV_1 ten opzichte van LRV_2 twee parallelle

lijnen opleveren (Tabel 5 - links). Andere formules (formule 2, 3 & 4) zijn relatieve formules, waarbij het criterium uitgezet in dezelfde grafiek, lijnen oplevert doorheen de oorsprong (Tabel 5 - midden). De laatste formule is een combinatie van beide benaderingen (Tabel 5 – rechts).



TABEL 5: ENKELE CONTRASTFORMULES GRAFISCH GEÏLLUSTREERD

6.3. EVOLUEREN NAAR ÉÉN CONTRASTFORMULE?

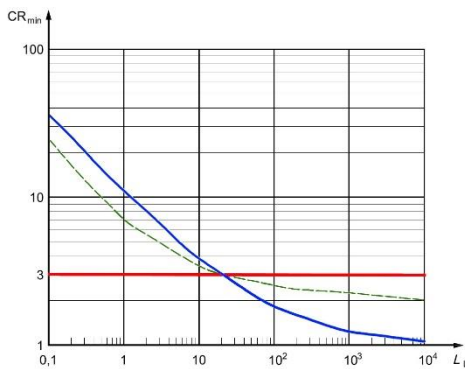
Contrasten zijn belangrijk voor het goed waarnemen van onze omgeving, minstens even belangrijk als een hoge verlichtingssterkte, een uniforme verlichting of een goede kleurweergave. De communicatie over contrasten wordt echter bemoeilijkt door het ontbreken van een eenduidige contrastformule. Een criterium als ‘een contrast van 30%’ is eigenlijk zonder betekenis wanneer daar geen contrastformule bij vermeld wordt. Om de zaken niet nodeloos te bemoeilijken werd in de basisversie van het rekenblad contrasten slechts rekening gehouden met één contrastformule – formule 1: $C = LRV_1 - LRV_2$. De formule die ook gebruikt wordt in de Internationale Norm ISO 21542 ‘Building construction – accessibility and usability of the built environment’. In versie 1.1 van het rekenblad wordt het mogelijk om ook andere normen te controleren en zijn er dus meerdere contrastformules geïntegreerd.

Toch zou het wenselijk zijn om te evolueren naar één contrastformule en een criterium in functie van de parameters die invloed hebben op de waarneming van het contrast. In 6.2.2 werd er reeds op gewezen dat een constante Contrast Ratio eigenlijk slechts binnen een beperkt bereik geldig is. In NBN EN ISO 9241-303 (2011)[5] wordt een aangepaste Contrast Ratio voorgesteld in functie van de laagste luminantie. De drie formules voor het bepalen van de contrast ratio zijn hieronder weergegeven en ook grafisch terug te vinden in NBN EN ISO 9241-303 (2011) adviseert het gebruik van Optie 3 voor beeldschermen en onderstelt hiervoor een hoek $\alpha = 1^\circ$.

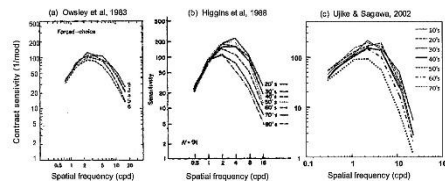
- **Optie 1:** $CR = L_H / L_L = \text{constante}$ – bijvoorbeeld $CR = 1:3$ (vergelijkbaar met de formules 2,3 & 4)
- **Optie 2:** $CR = 1 + 10 * L_L^{-0.55}$ (de contrast ratio is geen constante, maar houdt nog geen rekening met de laagste luminantie), er wordt afgeweken van de proportionaliteit zoals voorgesteld door de formule van Weber (zie paragraaf 6.2.2)
- **Optie 3:** $CR = 1 + k \bar{C}$, met $\bar{C} = \frac{L_H - L_L}{L_L} = \bar{C}_{min} \times f_1 \times f_2 = 0.00275 \times f_1 \times f_2$, in deze formule vindt men voor

$$\circ f_1 = \left(\frac{L_L}{0.158} \right)^{-0.484}$$

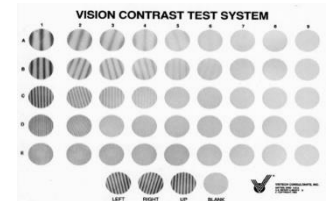
- $f_2 = 1 + \left(\frac{\alpha_0}{\alpha}\right)^2$, waarbij $\alpha_0 = 7.5 + 133 \left[1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{L_L}{0.0075}\right)^{-0.383}} \right]$
- Deze formule houdt ook rekening met α een maat voor de ruimtelijke verdeling van het contrast, vergelijkbaar met CPD (Cycles Per Degree)



FIGUUR 14: DRIE CONTRAST RATIOS WEERGEGEVEN IN ÉÉN GRAFIEK: **OPTIE 1**, **OPTIE 2** EN **OPTIE 3** ($A = 1'$)



FIGUUR 15: CONTRAST SENSITIVITY FUNCTION (CSF) VOLGENS DRIE BRONNEN, IN FUNCTIE VAN LEEFTIJD & CPD (CYCLES PER DEGREE)



FIGUUR 16: EEN TESTMETHODE VOOR DE BEPALING VAN DE CONTRASTGEVOELIGHEID VAN EEN PERSOON EN HET VASTLEGGEN VAN DE CSF

De laatste optie werd experimenteel bepaald en lijkt het sterkst rekening te houden met de parameters die effectief een invloed hebben op de contrastwaarneming: de luminantie van het lichtste oppervlak (hoe lager de luminantie van dit oppervlak is, hoe hoger de contrast ratio dient te zijn) & de Cycles Per Degree (CPD) of hoe gedetailleerd men zaken van elkaar moet kunnen onderscheiden. In Figuur 16 is een testmethode weergegeven voor de bepaling van de Contrast Sensitivity Function (CSF) van één individu: 5 rijen met toenemende frequentie (CPD) van boven naar onder en 9 kolommen met afnemend contrast. De resultaten uit deze test kunnen dan worden uitgezet als CSF, zoals weergegeven in Figuur 15. Hierin zijn verschillende curves weergegeven in functie van leeftijd, daaruit blijkt ook dat de contrastgevoeligheid op oudere leeftijd sterk afneemt, in het bijzonder bij hogere frequenties. Wanneer de lijnen uit Figuur 16 dichter op elkaar staan heeft men dus een groter contrast nodig om deze van elkaar te kunnen onderscheiden. Met de parameter leeftijd werd bij de uitwerking van de grafiek voor **Optie 3** nog geen rekening gehouden.

Bovenstaande beschrijving illustreert de complexiteit van contrastwaarneming. De situatie van een beeldscherm (NBN EN ISO 9241-303) is daarbij nog relatief eenvoudig, de waarnemingsafstand is relatief constant (eenvoudige bepaling van noodzakelijke α -waarde). De gebouwde omgeving wordt echter gekenmerkt door een grote variatie aan toepassingen en situaties, toch verdient het aanbeveling om te komen tot één contrastformule die met deze verschillende aspecten rekening houdt, eventueel kan vereenvoudigd worden, maar wel steeds dezelfde vertrekbasis als uitgangspunt. Voorlopig gaan we uit van de toestand zoals deze zich vandaag aanbiedt: een variatie aan contrastformules en criteria binnen verschillende normen en richtlijnen.

Ten slotte zijn er ook formules die het contrast berekenen van oppervlakken of complexe figuren, ze beoordelen de 'contrastwaarde' van een bepaalde figuur of afbeelding. Deze formules vallen volledig buiten het toepassingsdomein van dit document.

6.4. HET REKENBLAD

Luminantie is een begrip afkomstig uit de fotometrie, reflectiecoëfficiënt of LRV wordt zowel binnen de fotometrie als de colorimetrie gehanteerd. Bouwprofessionelen zoals aannemers of architecten zijn niet vertrouwd met begrippen als LRV of reflectiecoëfficiënt, zij specificeren hun kleuren aan de hand van kleurclassificatiesystemen (NCS, Munsell,...) of kleurcommunicatiesystemen (RAL, Pantone,...). Aan iedere kleur uit een kleurclassificatiesysteem of een kleurcommunicatiesysteem kan in principe een LRV-waarde worden toegekend, zeker wanneer de meetprocedure gekend is. Dit is dan ook hetgeen binnen het rekenblad contrasten werd gerealiseerd. Op basis van een contrastformule & acceptatiecriterium kan men twee kleuren kiezen in RAL, NCS,... en verifiëren of deze kleurkeuze beantwoordt aan de vooropgestelde eisen.

7. TOEPASSINGSGEBIEDEN

Behalve het acceptatiecriterium en de contrastformule is de belangrijkste vraag in welke situaties men contrast dient te voorzien. In de inleiding werd reeds gesproken over een drietal grote domeinen:

1. Algemene oriëntatie en circulatie binnen de gebouwde omgeving
2. Functioneel
3. Gebruiksveiligheid

Hoe deze algemene doelstellingen invulling krijgen wordt mede bepaald door de creativiteit van de ontwerper en de wensen van de bouwheer. Toch kunnen er binnen deze algemene toepassingen een aantal situaties geïsoleerd worden waar men meer in detail kan beschrijven hoe het contrast bij voorkeur wordt aangebracht of hoe een bestaande situatie kan verbeterd worden:

1. Algemene oriëntatie en circulatie: contrast vloer/wand, signalisatie, landmarks,...
2. Functioneel: Schrijnwerk, sanitair, drukknoppen en schakelaars, meubilair, liften,...
3. Veiligheid¹: Niveauverschillen, obstakels, glazen wanden,...

Een aantal van deze toepassingsgebieden worden hieronder kort beschreven, aan de hand van een aantal goede voorbeelden wordt geïllustreerd hoe men het contrast optimaal kan aanbrengen, andere voorbeelden kan men klasseren onder 'lovenswaardige pogingen', terwijl nog andere situaties meer een gevaar opleveren dan bijkomende veiligheid te verzekeren. Dit hoofdstuk geeft aan 'hoe' en 'waar' contrasten moeten worden aangebracht.

7.1. ALGEMENE ORIËNTATIE EN CIRCULATIE

7.1.1. CONTRAST VLOER/WAND:

Het lijkt evident, maar een voldoende contrast tussen de vloer en de wand is op zich reeds een handig hulpmiddel om de algemene dimensies van een ruimte in te schatten. Oriëntatie en circulatie start immers bij een correct ruimtebesef. Glanzende oppervlakken of oppervlakken met uitgesproken patronen kunnen hinderlijk zijn voor slechtzienden doordat ze foutief geïnterpreteerd worden of



FIGUUR 17: DE VLOER CONTRASTEERT MET DE WANDEN

FIGUUR 18: SLECHT VOORBEELD: LOSLIGGEND TAPIJT EN GLANS HEEFT EEN NEGATIEF EFFECT OP DE CONTRASTWAARNEMING



FIGUUR 19: WORDEN CONTRASTEN HIER GEÏNTERPRETEERD ALS GELEIDELIJNEN OF ALS NIVEAUVERSCHILLEN?

worden gezien als een niveauverschil. Deze problematiek komt ruimschoots aan bod in andere documenten en wordt hier niet verder in detail besproken.

¹ Veiligheidssignalisatie wordt hier buiten beschouwing gelaten, deze moet reeds aan strikte normen beantwoorden die ruimschoots aan de hier vooropgestelde criteria voldoen (veiligheidskleuren: groen/wit, rood/wit, blauw/wit, zwart/geel)

7.1.2. SIGNALISATIE:

Signalisatie is één van de hulpmiddelen die kan worden gebruikt ter ondersteuning van oriëntatie en circulatie in gebouwen. De herkenbaarheid en begrijpbaarheid van signalisatie wordt door heel wat factoren beïnvloed, een apart hoofdstuk werd dan ook aan dit onderwerp gewijd. Hier wordt enkel het deelaspect contrasten besproken.

Opaak of lichtgevend?

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen opake reflecterende oppervlakken (de signalisatie zoals weergegeven in Figuur 20), de lichtgevende signalisatie zoals weergegeven in Figuur 21 en de lichtkranten (Figuur 22). Het rekenblad contrasten werd enkel opgesteld voor opake reflecterende lambertiaanse oppervlakken (zie hoofdstuk 8. Materialen).

Lichtkranten worden buiten beschouwing gelaten, behalve contrast en lettertype zal daar ook de snelheid waarmee de tekst beweegt en de hoeveelheid informatie een invloed hebben op de leesbaarheid en de verstaanbaarheid.

Ook lichtgevende signalisatie kan niet geëvalueerd worden met het rekenblad contrasten. De werking van lichtgevende signalisatie is fundamenteel verschillend van reflecterende oppervlakken. Meer invallend licht, zal net als bij beeldschermen eerder hinderlijk zijn voor het waarnemen van contrast, dan ertoe bij te dragen.

Stel bijvoorbeeld de contrastformule van Weber $((L_1 - L_2)/L_2)$. In hoofdstuk 2.2 werd vastgesteld dat voor de daar beschouwde oppervlakken, zowel bij 50 lx als 200 lx het contrast gelijk was aan 60%. Bij lichtgevende oppervlakken zal de formule echter wijzigen in $[(L_1 + L_x) - (L_2 + L_x)] / (L_2 + L_x) = [(L_1 - L_2) / (L_2 + L_x)]$. Onderstel bijvoorbeeld dat het tweede oppervlak lichtgevend is en dat de luminantie L_x ten gevolge van het invallend licht gelijk is aan 20 cd/m², dan vermindert het contrast als volgt:

- Situatie 1: $(12.73 - 31.83)/31.83 = 60\%$
- Situatie 2: $[(12.73 + 20) - (31.83 + 20)] / (31.83 + 20) = 36.9\%$

Idem voor de formule van Michelson:

$[(L_1 - L_2) / (L_1 + L_2)]$ wordt $[(L_1 + L_x) - (L_2 + L_x)] / [(L_1 + L_x) + (L_2 + L_x)] = [(L_1 - L_2) / (L_1 + L_2 + 2L_x)]$

- Situatie 1: $(31.83 - 12.73) / (12.73 + 31.83) = 43\%$
- Situatie 2: $(31.83 - 12.73) / (31.83 + 12.73 + 2 \cdot 20) = 23\%$

De belangrijkste conclusie uit bovenstaande berekening is het feit dat contrast bij opake diffuus reflecterende oppervlakken onafhankelijk is van de hoeveelheid invallend licht, zowel de situatie van 50 lx als 200 lx geeft een contrast van 60% volgens de formule van Weber en een contrast van 43% volgens de formule van Michelson. Het contrast is wel afhankelijk van de lichtverdeling, schaduwvorming kan zeer nadelig zijn voor de contrastwaarneming! Bij lichtgevende oppervlakken of doorgelichte oppervlakken wordt de contrastwaarneming wel (nadelig) beïnvloed door de hoeveelheid invallend licht. Bij dergelijke signalisatie dient rekening te worden gehouden met de

meest nadelige situatie. Figuur 21 illustreert het effect van invallend zonlicht en schaduwwerking op de leesbaarheid van lichtgevende signalisatie.



FIGUUR 20: AANGELICHTE SIGNALISATIE



FIGUUR 21: VOORBEELD VAN
LICHTGEVENDE SIGNALISATIE EN DE
SLECHTE ZICHTBAARHEID DOOR
INVALLEND LICHT



FIGUUR 22: VOORBEELD VAN
EEN LICHTKRANT

Eenzelfde contrast, maar toch variatie bij de hoeveelheid invallend licht:

Uit bovenstaande redenering voor opake reflecterende oppervlakken zou men kunnen besluiten dat de zichtbaarheid van signalisatie (de gewone signalisatieborden) onafhankelijk is van de hoeveelheid licht, het contrast blijft immers gelijk. Dit is uiteraard niet het geval, impliciet zijn we er steeds van uitgegaan dat er voldoende licht op het oppervlak invalt (bvb. 100 lx) om het contrast goed te kunnen waarnemen. Merk ook op hoe de noodzakelijke contrast ratio in Figuur 14 in principe sterk toeneemt bij lage luminanties en minder mag zijn bij hoge luminanties. Signalisatie wordt vaak onderbelicht, ze wordt geplaatst vlak onder het plafond, tegen wanden of andere oppervlakken... In Figuur 20 bijvoorbeeld zal de hoeveelheid invallend licht op het bovenste bordje (vlak onder het plafond) al iets minder zijn dan op de bordjes eronder. Hoewel dergelijke detailevaluaties in de praktijk moeilijk haalbaar zijn (meestal zal men uitgaan van voldoende verlichting), is het met het rekenblad contrasten mogelijk om dergelijke detailberekening uit te voeren. Bovendien kan men met evoluties binnen BIM (Building Information Modelling) of lichtberekeningsprogramma's (DIALx, DIALux evo, Radiance,...) dergelijke evaluaties in de toekomst mogelijks wel eenvoudiger uitvoeren.

De methode staat beschreven in het CIE-rapport 196 'Increasing accessibility in light and lighting'. De vertrekbasis is steeds een zwarte tekst op een witte achtergrond. Dit is het maximale contrast en dus iets meer dan het contrast beschreven en geïllustreerd in Tabel 6. Voor signalisatie worden vrij hoge contrasten gevraagd, maar uiteraard resulteert dit niet in de noodzaak om steeds een zwart/wit-combinatie te voorzien (Figuur 20). Analooq aan DIN 32975 wordt er hier van uitgegaan dat benaderend een contrast $C = 70\%$ (formule 3) of een contrast $C = 60$ punten (formule 1 volgens ISO 21542) voldoende is om de redenering uit het CIE-rapport 196 te volgen (10. Signalisatie).

Minimaal contrast voor signalisatie volgens verschillende bronnen (voor de contrastformules – zie Tabel 1)					
ISO 21542 (2011)	$C = 60$ punten	Tekst	Tekst	Tekst	Tekst
BS 8300 (2009)	$C = 70$ punten				
DIN 32975 (2010)	$C = 70\%$	Zwart	NCS B 60 30	NCS R50B 50 40	NCS Y80R 10 85
AS 1428-1 (2009)	$C = 30$	Wit	NCS B 05 20	NCS R50B 10 5	NCS Y40R 05 10
SN 521 500	$C = 60\%$	Vier combinaties tekst/achtergrond met een $\Delta LRV \geq 60$. Hoewel CIE-rapport 196 uitgaat van een contrast zwart/wit, wordt hier net als in DIN 32975 verondersteld dat ook de andere combinaties evenwaardig zijn voor de bepaling van de lettergrootte			

TABEL 6: CONTRAST VOOR SIGNALISATIE

Veiligheidssignalisatie valt buiten het toepassingsdomein van dit document en van het rekenblad contrasten. De vereisten voor veiligheidssignalisatie worden enerzijds geregeld door het KB van 17/07/1997 betreffende de veiligheids- en gezondheidssignalering op het werk en anderzijds door de normenreeks ISO 3864-1 tot 4[6]–[9] en door de norm NBN EN ISO 7010. Deze documenten bepalen de te gebruiken kleuren (groen, rood, blauw, geel, zwart & wit), kleuren die een voldoende contrast opleveren.

7.1.3. LANDMARKS

Reeds in 1960 verwees Kevin A. Lynch in zijn referentiewerk 'The Image of the City' op het belang van landmarks als hulpmiddel bij de oriëntatie in de gebouwde omgeving. Elementen die kunnen fungeren als landmark zijn zeer divers, maar een kenmerkend element is steeds het feit dat er eenduidig kan naar verwezen worden en dat ze contrasteren met hun omgeving. Waarbij contrast hier dient geïnterpreteerd te worden in de breedste zin van het woord. Het kan daarbij gaan over vorm, afmetingen, stijl, kleur,... Men kan een onderscheid maken tussen 'distant landmarks' die fungeren als een soort kompas (bijvoorbeeld een kerktoeren) en local landmarks die lokaler werken en waarbij men ook kan werken met behulp van kleurcontrast/luminantiecontrast. Local landmarks worden veel meer dan distant landmarks gebruikt bij een mentale representatie van een gebouwde omgeving, als herkenningspunten vormen ze een handig hulpmiddel.



FIGUUR 23: VOORBEELDEN VAN LANDMARKS DOOR GEBRUIK TE MAKEN VAN VORM, AFMETINGEN EN CONTRAST. DIT ZIJN HERKENNINGSPUNTEN DIE HELPEN BIJ DE MENTALE REPRESENTATIE VAN DE GEBOUWDE OMGEVING

7.1.4. OVERIGE

De hierboven opgesomde voorbeelden illustreren hoe men contrasten kan gebruiken ter ondersteuning van de algemene oriëntatie en circulatie in de gebouwde omgeving. Deze omschrijving is vrij ruim, dus ook de voorbeelden die verderop worden opgesomd kunnen bijdragen tot deze doelstelling. Het contrast tussen een deur en de wand kan men louter functioneel beschouwen – het terugvinden en herkennen van een deur – maar kan ook ruimer worden ingezet ter ondersteuning van oriëntatie en circulatie in een gebouw – alle deuren van de 4^e verdieping zijn groen, de deuren van de 3^e verdieping zijn rood,...

7.2. FUNCTIONEEL

Functionele contrasten hebben een vrij eenduidige één-op-één doelstelling: hoe goed zijn verschillende gebruiksvoorwerpen uit de gebouwde omgeving zichtbaar en realiseert men op die manier een verhoogd gebruikscomfort, in het bijzonder voor personen die slechtziend zijn. De contrasten die een specifieke impact hebben om de gebruiksveiligheid van de gebouwde omgeving (glazen wanden, niveauverschillen, obstakels,...) worden besproken in paragraaf 7.3, uiteraard is er een overlapping met de hier besproken functionele toepassingen.

7.2.1. SCHRIJNWERK

Een veel gebruikte toepassing van contrasten bestaat erin de deuren of het schrijnwerk te laten contrasteren met zijn omgeving. Door inkomdeuren te laten contrasteren met hun omgeving kunnen ze functioneren als landmark, waardoor ze niet alleen beter zichtbaar worden, maar ook vlugger herkend worden in een complexe omgeving. Omgekeerd kan men deuren die niet bedoeld zijn voor de gebruiker (bijvoorbeeld toegangen tot technische kokers, dienstingangen,...) dezelfde kleur geven als de wand waarin ze worden aangebracht.

De wijze waarop het contrast op binnendeuren optimaal wordt aangebracht bepaalt mede de zichtbaarheid voor iemand die slechtziende is. Onderstaande omschrijvingen illustreren dit:

ISO 21542 – art. 18.1.7 Visual contrast of doors and door furniture to the wall

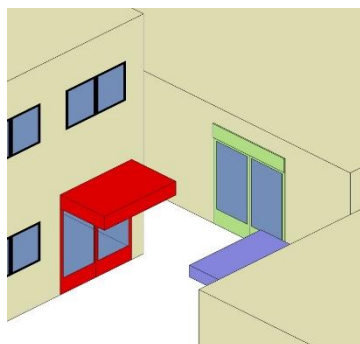
‘Doors forming part of an accessible path of travel shall have a difference in light reflectance value to doorframe and the surrounding wall of not less than 30 points, as described in Clause 35. The minimum width of the area of visual contrast shall be 50 mm. If this is not possible to achieve, a marking of at least 50 mm width (e.g. around the frame of the door), with a different visual contrast from the wall (with a minimum difference in LRV of not less than 30 points) shall surround all the perimeter of the door (see Figures 27 and 29).’

‘There should be a visual contrast between the door leaf and the handle of at least 15 points.’

Guide d’aide à la conception d’un bâtiment accessible – Partie IV : équipements – Porte et châssis

‘Porte contrastée par rapport à son environnement immédiat (feuille de porte contrastée par rapport au chambranle de porte, par rapport au mur et par rapport à la quincaillerie) selon les normes de la fiche « signalétique », de manière à ce que les personnes déficientes visuelles les repèrent facilement.’

‘Le contraste est la différence d’intensité de couleur entre des zones présentées simultanément dans le champ visuel. Pour obtenir un contraste d’au moins 70% (valeur recommandée), la couleur la plus pâle doit avoir un indice de réflexion de la lumière égal ou supérieur à 70% de celui de la couleur la plus foncée.’



FIGUUR 24: TOEGANGEN ALS LANDMARKS MET BEHULP VAN KLEURCONTRAST



FIGUUR 25: GEEN TWIJFEL MOGELIJK WAAR DE INGANG ZICH BEVINDT



FIGUUR 26: DEUREN DIE TOEGANKELIJK ZIJN CONTRASTEREN, ANDERE DEUREN KRIJGEN DEZELFDE KLEUR ALS DE WAND



FIGUUR 27: CONTRAST TUSSEN ERGONOMISCH DEURBESLAG EN DEURBLAD

7.2.2. SANITAIR

Net zoals bij schrijnwerk, zal ook voor sanitair de bruikbaarheid verhogen door voldoende contrast te voorzien tussen toestellen en omgeving aangevuld met een voldoende en uniforme verlichting. Ook hier zal de wijze waarop het contrast wordt aangebracht een invloed hebben op de zichtbaarheid, onderstaande bronnen omschrijven dit:

ISO 21542 – art. 26.3 Wheelchair use accessible toilet rooms & 26.12 Urinals

‘Fixtures and fittings in sanitary facilities should visually contrast with the items and surface on which they are positioned. The minimum illumination measured at 800 mm above floor level shall be 200 lx in the area of the washbasin. The floor surface shall be slip resistant, anti-glare and firm.’

‘Urinals should contrast visually with the wall to which they are attached.’

Onderstaande figuren illustreren enkele goede voorbeelden.



FIGUUR 28: VOORBEELDEN VAN CONTRAST IN DE SANITAIRE RUIMTE

7.2.3. KNOPPEN EN SCHAKELAARS

Knoppen en schakelaars bestaan er in een grote variatie van maten en uitvoeringen. Behalve het algemeen ergonomisch aspect van de omgrijpbaarheid en de bedienbaarheid van knoppen en schakelaars wordt ook gevraagd om de zichtbaarheid te verbeteren door de aanwezigheid van voldoende contrast. Een goed voorbeeld zijn de meldingsknoppen voor brand, deze worden meestal rood uitgevoerd waardoor ze over het algemeen goed contrasteren met courant toegepaste binnenafwerkingen. Ook andere knoppen of schakelaars kunnen een verbeterde zichtbaarheid krijgen

door het aanbrengen van contrasten. Voor slechtzienden heeft men ook hulpmiddelen die toelaten om met kleine aanpassingen de zichtbaarheid te verbeteren, zoals weergegeven in Figuur 32.



FIGUUR 29: MELDINGSKNOPPEN CONTRASTEREN MET DE WAND



FIGUUR 31: KLEINE AANPASSINGEN VERBETEREN DE ZICHTBAARHEID VAN SCHAKELAARS



FIGUUR 30: EEN CONSOLE MET ZICHTBARE DRUKKNOPPEN VOOR LIFTEN



FIGUUR 32: EENVOUDIGE ASSISTIEVE TECHNOLOGIE VERBETERT DE ZICHTBAARHEID VAN DE KOOKPLAAT

7.2.4. MEUBILAIR

Meubilair is veel meer onderhevig aan verandering en wijzigingen in de loop van de levensduur van het gebouw. Toch kan ook meubilair beter onderscheiden worden van zijn omgeving indien er voldoende contrast aanwezig is. Men kan een onderscheid maken tussen straatmeubilair (paaltjes, zitbanken, brievenbussen, vuilnisbakken,...) en binnenmeubilair (tafels, kasten, stoelen,...). Qua veiligheid worden vooral eisen opgelegd aan de zichtbaarheid van buitenmeubilair, maar ook de zichtbaarheid van de binnenomgeving kan verbeterd worden door voldoende contrast. Bovendien kan men net als bij schrijnwerk het meubilair ook inzetten als landmark, zoals geïllustreerd door Figuur 34



FIGUUR 33: HET MEUBILAIR CONTRASTEERT MET DE ACHTERGROND

FIGUUR 34: HET MEUBILAIR CONTRASTEERT MET DE ACHTERGROND, DE GELE KLEUR WERKT ALS LANDMARK DOORDAT IEDERE VERDIEPING EEN SPECIFIEKE KLEUR HEEFT

7.2.5. LIFTEN

Reeds in NBN EN 81-70 (2003)^[10] wordt op verschillende punten gewezen op het belang van contrast. In tegenstelling tot latere documenten wordt dit echter nog niet gekwantificeerd, er is sprake van 'voldoende contrast' indien men met behulp van een zwart-wit foto de verschillende elementen van

elkaar kan onderscheiden. Voor het kwantificeren van contrast is deze methode subjectief, maar de omschrijving van situaties waar contrast moet voorzien worden is daarom niet minder relevant:

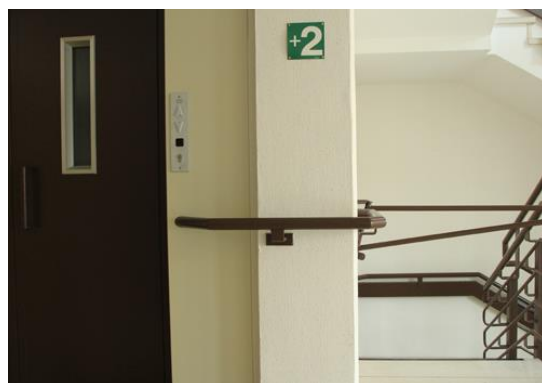
- Table 2 – control devices – requirements: identification of active part of buttons → identifiable visually (by contrast) and by touch (relief) from face plate or surrounds
- Table 2 – control devices – Identification of face plate → colour contrast to its surrounds
- Art. 5.4.3.4 – For lifts with destination control systems → each lift shall individually be marked. The marking shall be placed directly above the landing door. The designation marking shall have a height of at least 40 mm and be contrasted to its surround.
- Annex E.5 – Landing:
 - The colour and tone of the doors should contrast with the surrounding wall finish to assist location of doors.
 - The lift call button should be colour and tone contrasted with the surrounding finishes. This can be achieved using a contrasting panel, or a contrasting border around the button panel.
 - A distinguishable floor surface, approximately 1500 mm by 1500 mm outside the doors will aid location. This could comprise a change of colour or floor finish.
- Annex E.6 – Car:
 - Internal walls should have a non-reflective, matt finish in a colour and tone contrasting with the floor, which should also have a matt finish.
- Annex F – Keypads:
 - The size of the floor numbers shall be a minimum of 15 mm, maximum 40 mm and contrasted to the background

In ISO 21542 – art. 15 Lifts (elevators) bevat gelijkaardige clausules:

- Art. 15.3 Lift car entrance – door opening: the colour and tone of the lift entrances should contrast with the surrounding wall finishes
- Art. 15.4.4 Floor and wall surfaces of the car: internal walls shall have a non-reflective, matte finish in a colour and tone contrasting with the floor... ... A lift floor with a high LRV reassures blind and partially sighted people that they are not stepping into an open lift shaft... ...The floor of the car should have a similar surface characteristic to the landing floor. The control buttons shall comply with ISO 4190-5 with tactile and contrasting design to the surrounding wall in order to locate them easily.



FIGUUR 35: DE LIFTDEUR CONTRASTEERT MET DE WAND



FIGUUR 36: EEN LIFTVLOER IN DEZELFDE KLEUR ALS HET LIFTBORDES EN CONTRASTEREND MET DE WANDEN

De hierboven opgesomde niet-limitatieve lijst van situaties waar functioneel contrast kan gebruikt worden om het gebruikscomfort te verbeteren voor een ruime groep van gebruikers, maar in het bijzonder voor personen met een visuele beperking, wordt in het volgende hoofdstuk aangevuld met

situaties waar naast het functionele ook een veiligheidsaspect een rol speelt. Men zou kunnen stellen dat het in dergelijke situaties nog belangrijker is een goed en aangepast contrast te voorzien.

7.3. VEILIGHEID

Net zoals bij functioneel contrast worden hier een aantal situaties geschetst waar contrasten een bijdrage leveren tot de veiligheid van het bouwelement. Dit betekent echter niet dat deze contrasten ook geen functionele rol kunnen spelen of een bijdrage kunnen leveren in de algemene oriëntatie en circulatie binnen een gebouw (landmarks).

7.3.1. TRAPPEN EN NIVEAUVERSCHILLEN

Trapbewegingen zijn vrij frequent oorzaak van ongevallen. In het WTCB-Dossier 2005/02.02 'Veiligheid en toegankelijkheid van gebouwen' werd er op gewezen dat 7% van de ongevallen in de thuisomgeving plaatsvinden ter hoogte van de trap (Tabel 7). Bovendien zijn de consequenties bij de val van een trap of niveauverschil vaak aanzienlijk. Breuken, kneuzingen en in sommige gevallen zelfs dodelijk (Tabel 8).

Risicozones in en rond de woning		Percentage	
Woonhuis	Woonkamer	44%	16 %
	Woonhuis (niet nader bepaald)		13 %
	Trap		7 %
	Keuken		5 %
	Badkamer		3 %
Weg		15 %	
Tuin		6 %	
Garage		2%	
Rond het huis		2 %	
Toegangsweg		1 %	
Andere plaatsen		30 %	

TABEL 7: RISICOZONES IN EN ROND DE WONING

Het aantal dodelijke trapongevallen per leeftijd (1991-1995) – cijfers NIS								
Jaar	Leeftijd							Totaal
	< 1	1 - 4	5 - 14	15 - 24	25 - 44	45 - 64	65+	
1991	0	1	0	1	17	46	95	160
1992	0	0	2	1	18	29	95	145
1993	1	0	1	2	12	43	108	167
1994	0	1	0	0	16	47	118	182
1995	0	0	1	0	16	53	140	210
Totaal	1	2	4	4	79	218	556	864
85 % van deze ongevallen vinden plaats in huis								
Tabel afkomstig uit het OIVO-rapport 'Ongevallen met bouwelementen – studie op basis van EHLASS-gegevens België 1998' (PY 2001)								

TABEL 8: DODELIJKE ONGEVALLEN MET TRAPPEN

De cijfers uit Tabel 8 dateren van 1995 en zijn jammer genoeg de meest recente cijfergegevens voor België^[11]. Ze worden echter bevestigd door buitenlands cijfermateriaal en tonen aan dat de trap een gevaarlijke plaats is, waar valincidenten met zware gevolgen plaatsvinden. De oorzaken van deze valincidenten zijn divers, vaak te wijten aan verstrooidheid of onvoorzichtigheid, maar ook de uitvoering van de trap zelf speelt hierin een rol. Ook bij de uitvoering van de trap zelf zijn er verschillende factoren die een invloed hebben op het valrisico: afmetingen van op- en aantrede en onregelmatigheden in de trapafmetingen zijn hierbij zeer belangrijk, maar ook de aanwezigheid van een leuning, de trapvorm, de slipweerstand van de treden,... of de zichtbaarheid van de trap spelen een rol. Men weet ook dat de meeste valincidenten plaatsvinden bij het afdalen van de trap^[12] (80%) en dan vooral bovenaan (de eerste paar treden) en onderaan de trap^[13]. Vaak onbewust wordt heel wat informatie uit de gebouwde omgeving visueel gecapteerd. Zelfs voor een trap waarmee men vertrouwd is visuele informatie onontbeerlijk.

Bij de zichtbaarheid van de trap speelt zowel de verlichting als de aanwezigheid van contrasten een rol. In het WTCB-Dossier 2004/04.06 'Toegankelijkheid van trappen: randbemerkingen bij § 2.4.2 van TV 198' werd hierover vermeld: 'De gebruiker moet kunnen inschatten waar hij best zijn voet plaatst. De trapneus kan hiertoe voorzien worden van een contrasterende, voelbare en voldoende brede strip. In het Verenigd Koninkrijk worden strips met een breedte van 5.5 cm aanbevolen, en dit zowel op de optrede als aantrede.'

Hoewel dergelijke contrasterende strips in een huiselijke omgeving minder gebruikelijk zijn, verdient het op basis van bovenstaande cijfers wel aanbeveling om meer aandacht te besteden aan de veiligheid van trappen in een huiselijke omgeving^[14].

ISO 21542 – 13 Stairs – 13.5 Visual and tactile warnings

‘There shall be visual contrast between landings and the top and bottom step of a flight of stairs. Preferably, a visual warning line with a single strip of 40 mm to 50 mm without a break shall be provided on the front edge of the going of each step with a minimum difference in LRV of 60 points and may return down the riser for a maximum of 10 mm. The visual indicator on the going may be set back a maximum of 15 mm from the front of the nosing. As an alternative solution, a visual warning line with a width between 50 mm and 100 mm shall be provided on the going of the first and the last step of the flight.’

DIN 18040-1 – 4.3.6.4 Orientierungshilfen an Treppen und Einzelstufen & DIN 32975 – 4.7 Kennzeichnung von Niveauwechseln

‘Für sehbehinderte Menschen müssen die Elemente der Treppe leicht erkennbar sein. Das wird z.B. erreicht mit Stufenmarkierungen aus durchgehenden Streifen, die folgende Eigenschaften aufweisen:

- Auf Trittstufen beginnen sie an den Vorderkanten und sind 4 cm bis 5 cm breit
- Auf Setzstufen beginnen sie an der Oberkante und sind mindestens 1 cm, vorzugsweise 2 cm, breit
- Sie heben sich visueel kontrasterend sowohl gegenüber Tritt- und Setzstufe, als auch gegenüber den jeweils anschließenden Podesten ab

Bei bis zu drei Einzelstufen und Treppen, die frei im Raum beginnen oder enden, muss jede Stufe mit einer Markierung versehen werden. In Trappenhäusern müssen die erste und laatste Stufe – vorzugsweise alle Stufen – met een Markierung versehen werden.

Handboek voor toegankelijkheid (versie 17/03/2016 – www.toegankelijkgebouw.be)

Dit handboek bevat aanbevelingen voor een goede toegankelijkheid, als aanvulling op de Vlaamse Verordening Toegankelijkheid (geen verplichting)

‘Contrastmarkering op elke eerste en laatste trede van de trap en op de eerste en laatste trede van de tussenbordessen’

‘Ook een goed contrast met de omgeving (met de wanden en plafonds) is gewenst. De trap kan bijvoorbeeld in hetzelfde materiaal of in dezelfde kleur als de looproute uitgevoerd worden, zodat de looproute visueel verder gezet wordt. Contrastwerking en contrastmarkeringen van het oppervlak van de treden en door middel van contrasterende strips zorgen ervoor dat de diepte van de treden beter ingeschat kan worden. Op plaatsen waar de lichten gedoofd worden of duisternis gevraagd is, moet men steeds contrasterende waarschuwingsstrips of –stroken aanbrengen. Verlichting of fluorescerende stroken op de traptreden, zoals in bioscoopzalen of musea verhogen de veiligheid voor iedereen. Belangrijk is dat de markering ononderbroken doorloopt over de volledige breedte van de trede. Voorzie steeds markeringen ter hoogte van de onderste en bovenste trede en op de bordessen. Zo kunnen het verloop van de trap, het bereiken van een tussenbordes of de aankomst in een gang of ruimte beter ingeschat worden.’

Uit bovenstaand overzicht kan men besluiten dat een aantal zaken steeds terugkomen bij het markeren van tredeneuzen:

De afmetingen van de markering:

Over het algemeen vraagt men om een markering te voorzien over de volledige breedte van de trap, ongeveer 4 à 5 cm diep op de aantrede en 1 à 2 cm op de voorzijde van de tredeneus (Figuur 39). Alternatieve markeringen zoals weergegeven in (Figuur 37) worden als minder gunstig beschouwd^[15].

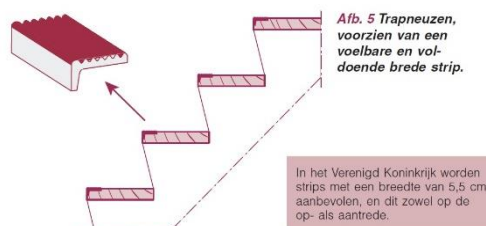
Het gebruik van lichtgevend contrastmarkeringen zoals weergegeven in (Figuur 40) kan voldoende zichtbaarheid bieden met smallere stroken, maar verhoogt dan ook het risico op verblinding of verminderd dieptezicht^[14].



FIGUUR 37: SUBOPTIMALE CONTRASTMARKERING MET BOVENDIEN VERHOOGD RISICO OP VALLEN



FIGUUR 38: GOEDE CONTRASTMARKERING BOVEN EN ONDERAAN DE TRAP, DE OVERIGE MARKERINGEN ZIJN MINDER GOED ZICHTBAAR



FIGUUR 39: WTCB-DOSSIER 2004/04.06 – TOEGANKELIJKHEID VAN TRAPPEN
FIGUUR 40: MET LICHTGEVENDE MARKERINGEN VERKRIJGT MEN HOGERE CONTRASTEN, MAAR OOK MET HET RISICO OP VERBLINDING EN VERMINDERD DIEPTEZICHT

De positie van de markering:

De positie van de markering moet in principe toelaten de positie van de voorzijde van de trede exact te bepalen. Contrastmarkeringen die één of twee centimeter naar achteren geplaatst worden ten opzichte van de voorzijde van de trede zijn dus minder gunstig. Bovendien heeft de positie van de markering invloed op de plaatsing van de voet en dus onrechtstreeks op het risico op vallen, in het bijzonder bij personen die slechtziend zijn^[16]. In bepaalde gevallen kan de positie van de markering zelfs zo verwarrend en onduidelijk zijn dat het risico op vallen eerder verhoogd wordt dan het te reduceren. Figuur 38 is opnieuw het goede voorbeeld, in Figuur 41 is de precieze positie van de



FIGUUR 41: DE MARKERING VAN DE TREDENEUS IS NAAR ACHTEREN GEPLAASTST TEN OPZICHT VAN DE VOORZIJD VAN DE TREDE, WAARDOOR DIE POSITIE MINDER DUIDELIJK WORDT



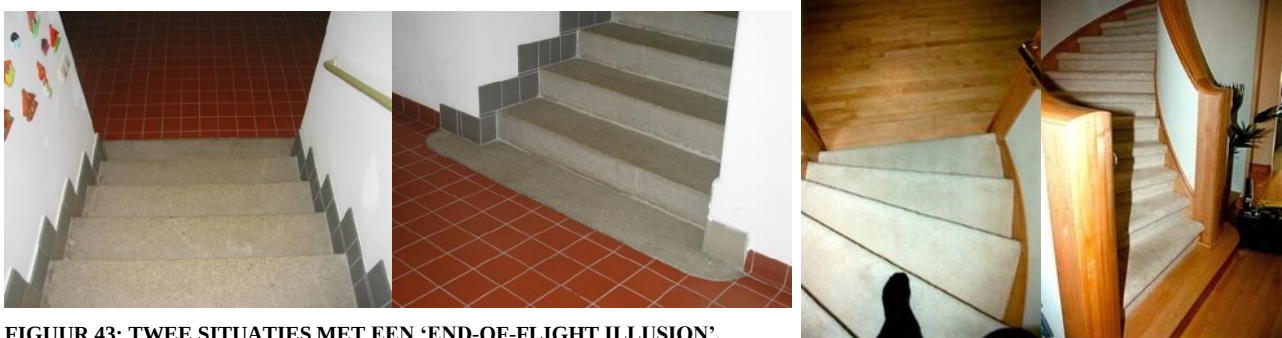
FIGUUR 42: ONOVERZICHTELIJKE TRAPMARKERING

voorzijde van de trede minder goed zichtbaar en Figuur 42 is een voorbeeld van hoe het absoluut niet moet!

Bepaalde normen (BS 8300, DIN 18040-1) vragen ook om de contrastmarkering door te trekken op de voorzijde van de tredeneus met 1 à 2 cm (Figuur 39) om ook de zichtbaarheid bij het benaderen van de trap langs onderen te verbeteren. Nog andere bronnen geven de aanbeveling om de tredeneus over de volledige hoogte contrasterend uit te voeren^[15].

Aantal markeringen:

Bovenstaand overzicht omschrijft twee situaties: een markering voorzien op iedere trede van de trap ofwel enkel een markering op de bovenste en de onderste trede, alsook ter hoogte van tussenbordessen. Het is belangrijk dat ook individuele niveauverschillen of korte trappen goed gemarkeerd worden. Het voordeel van een markering op iedere trede is een duidelijke herkenbaarheid als trap wanneer men deze nadert (de tussenafstand tussen de markeringen wordt groter). De laatste trede en het contrast met



FIGUUR 43: TWEE SITUATIES MET EEN 'END-OF-FLIGHT ILLUSION', DE FOTO LINKS BEVAT ÉÉN TRAP MINDER DAN VERWACHT, DE RECHTS ÉÉN TRAP MEER

het tussenbordes of de vloer is ook een aandachtspunt. Vooral in oudere gebouwen is de 'end-of-flight illusion'[13] of de slechte zichtbaarheid van de onderste treden/het precieze einde van de trap een specifiek aandachtspunt, zoals geïllustreerd in (Figuur 43).

Niveauverschillen:

Niveauverschillen zijn in principe te vermijden (ontoegankelijk), maar indien ze toch aanwezig zijn is de zichtbaarheid belangrijk (Figuur 44), in het bijzonder op plaatsen waar men geen niveauverschillen verwacht (Figuur 45).



FIGUUR 44: ENKEL RECHTS KAN MEN DOOR DE VERSPRINGING ZIEN DAT ER EEN NIVEAUVerschIL IS

FIGUUR 45: EEN NIVEAUVerschIL OP EEN ONVERWACHTE PLAATS



7.3.2. GLAZEN WANDEN:

De zichtbaarheid van wanden uit glas is een volgend element waar men zowel vanuit toegankelijkheid als gebruiksveiligheid eisen aan oplegt. De wijze waarop de markering wordt aangebracht, op welke hoogte en hoe het contrast moet geëvalueerd worden verschilt opnieuw in functie van het geraadpleegde document:

ISO 21542 – art. 18.1.5 Glazed doors and glazed areas

‘Glazed (glass) walls and fully glazed doors shall be clearly marked with visual indicators. Large glazed areas close to circulation spaces could be mistaken for openings. Glazed walls, doors and other areas of full height glazing are very disorientating for blind or partially sighted people. The reflections from these surfaces can be particularly confusing.’

‘Uninterrupted visual indicators of at least 75 mm height with a difference in light reflectance values of minimum 30 points to the background shall be placed at a height of 900 mm to 1000 mm and 1300 mm to 1400 mm above floor level. An additional visual indicator placed at a height of 100 mm to 300 mm is recommended. Visual indicators consisting of two separate colours with a minimum difference in LRV of 60 points are recommended to enable lighting conditions and backgrounds to be taken into account.’

‘Glass that is silvered or highly reflective should be avoided and any free-standing edges of glazed screens should have a strip contrasting visually with the surroundings against which they are seen.’

‘Note: the visually impaired can have a depth of field limitation, which results in them looking down at an angle of 45° to 50°. This also allows them to choose a safe path of travel. When they are within 1000 mm to 1500 mm from a fully glazed door or sidelight, they are able to detect the visual barrier at a height of 900 mm to 1000 mm, provided the visual contrast criteria have been applied to the background. The background in all cases is the circulation space on the opposite side of the door.’

NBN S 23-002 – art. 4.4.2.2.5 Bescherming tegen botsingen – zichtbaarheid van het glasproduct

In de voor het publiek toegankelijke ruimten moeten de onderstaande specificaties worden nageleefd wanneer:

- De beglazing van de deuren en wanden transparant is tussen een hoogte van 0.60 m tot 1.50 m vanaf de afgewerkte binnenvloer
- Het glazen element breder is dan 0.55 meter
- De zones aan weerszijden van de wand verkeerzones zijn

De zichtbaarheid van de deuren moet worden verzekerd door middel van de volgende maatregelen hetzij:

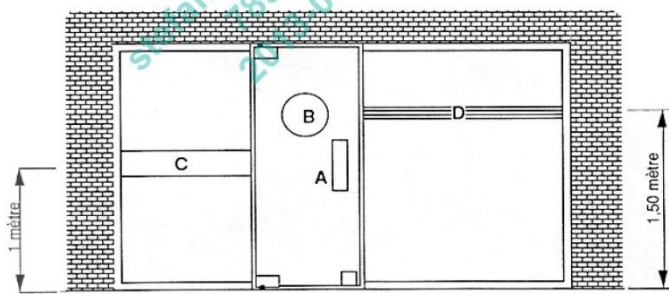
- (A) Door een handgreep met een oppervlakte van ten minste 100 cm² op ongeveer 1.50 m hoogte van de afgewerkte vloer
- (B) Door een opvallend patroon van ten minste 100 cm² op ongeveer 1.50 meter hoogte van de afgewerkte vloer

De overige beglazingen moeten zichtbaar worden gemaakt hetzij,

- (C) Door middel van een strip met een oppervlakte van ten minste 400 cm² per horizontale meter beglazing op ongeveer 1 meter van de afgewerkte vloer, of door een ander systeem met dezelfde omvang.

Hetzij

- (D) Door middel van een zichtbare onderbroken horizontaal patroon met een oppervlakte van ten minste 100 cm² en een lengte van 1.50 m op ongeveer 1.50 meter van de afgewerkte vloer.



FIGUUR 46: ZICHTBAARHEIDSMAKING VOLGENS NBN S 23-002



FIGUUR 47: LICHTGEVENDE CONTRASTMARKERING

Guide d'aide à la conception d'un bâtiment accessible – partie IV Equipements – Portes et châssis/portes

'Porte vitrée : la porte doit être sécurisée visuellement par minimum 3 bandes de couleur contrastées de 7 cm de large selon les normes de la fiche 'signalétique' (pour qu'elle soit détectable par tout un chacun) :

- La première placée à 10 cm (hauteur du regard des chiens d'assistance et des personnes regardant vers le sol)
- Une autre placée entre 85 cm et 100 cm (hauteur du regard d'une personne en fauteuil roulant ou d'un enfant)
- Et l'autre entre 140 cm et 160 cm (hauteurs du regard des personnes adultes debout)

Uit het bovenstaande overzicht blijkt dat de normen op gebied van toegankelijkheid toch wel bijkomende eisen opleggen aan de zichtbaarheid van glazen deuren en wanden, zowel qua contrast ten opzichte van de achtergrond alsook wat betreft de verschillende hoogtes en afmetingen waarmee de contrastmarkering bij voorkeur wordt aangebracht.

7.3.3. OBSTAKELS

Obstakels kunnen op diverse manieren voorkomen in de gebouwde omgeving: paaltjes, brievenbussen, vuilnisbakken,... voor iemand die slechtziende is of blind kunnen ze een reëel risico vormen op kwetsuren. In bepaalde gevallen is het dus niet voldoende om enkel een contrast te voorzien, maar ook de detecteerbaarheid van het obstakel te verzekeren door de vormgeving aan te passen.

ISO 21542 – art. 7.3 Path & 7.14 Solitary obstacles in a path

'Obstacles, such as objects or signs mounted on walls, bollards, columns or free-standing supports along the walking path should be avoided. Unavoidable free standing posts or columns within access routes shall be clearly marked with visual indicators. Visual indicators at least 75 mm in height with a minimum visual contrast of 30 points difference to the background shall be placed at a height between 900 mm – 1000 mm and 1500 mm – 1600 mm above floor level.'

'Objects with a height lower than 1000 mm can create a hazard for blind or partially sighted people. Permanent equipment that cannot be located outside the boundaries of a path shall be:

- Designed to be easily seen with a minimum difference in LRVs of 30 points to the background
- Shielded to protect against impact
- Accompanied by a feature that warns of the presence of a potential hazard and is detectable for a person using a white cane or stick

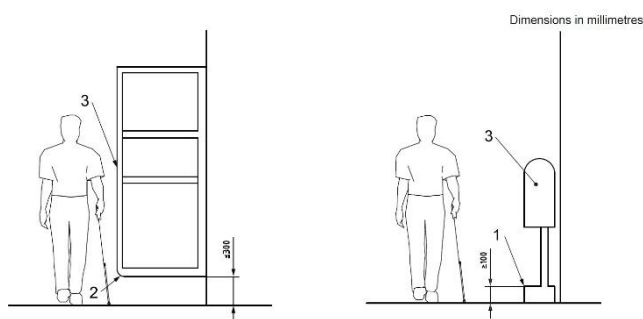
The headroom along a path shall be maintained at a height of not less than 2100 mm above the surface of the path.

Any objects projecting more than 100 mm between 300 mm and 2100 mm above ground level into an access route shall be clearly visible and detectable with a cane. When a projecting obstacle exists, a protective guard shall be provided at ground level, under the projecting object such as a curb or fixed element at a height of 100 mm – 300 mm as cane detection (Figuur 48-rechts). Cane detection shall not be set back more than 100 mm from the face of the projecting object. Wing walls, side partitions, alcoves or recesses are solutions for projecting elements where free space under the object is needed. Winged protection shall extend continuously between 300 mm and 1000 mm above the floor and shall contrast visually with the background (Figuur 48-links).’

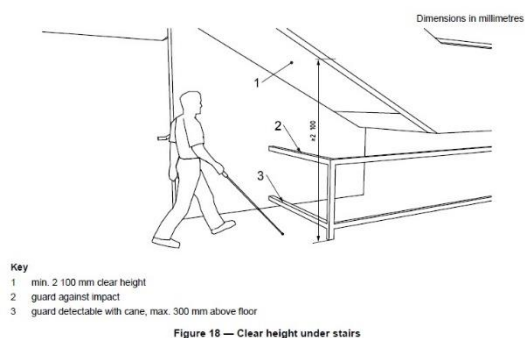
In sommige situaties zijn obstakels absoluut te vermijden en moet een volledige afscherming worden voorzien:

ISO 21542 – 13. Stairs – 13.4 Head clearance

‘Clear accessible height under stairs shall be a minimum of 2100 mm or greater. If the clear height is less than 2100 mm, a guard or other element shall be provided to shield against impact. Head clearance on the stair shall be minimum 2100 mm (Figuur 49).



FIGUUR 48: GEÏSOLEERDE OBSTAKELS



FIGUUR 49: VERZEKEREN VAN DE VRIJE HOOGTE ONDER EEN TRAPBOOM

Legende:

- (1) Base plinth detectable with cane if a projecting object is more than 100 mm above floor level
- (2) Winged projection between 300 mm and 1.000 mm above floor level, contrasting visually with the background and detectable with a cane
- (3) Difference in light reflectance value to background – minimum 30 points

Onderstaande figuren illustreren een aantal van de frequent voorkomende obstakels uit de praktijk.



FIGUUR 50: ENKELE GOEDE VOORBEELDEN: (1) DE RUIMTE ONDER DE TRAP KRIJGT OP ORIGINELE MANIER INVULLING (2) PAALTJES CONTRASTEREN MET DE ACHTERGROND (3) BRANDHASPELS WORDEN GEPLAATST IN EEN NIS EN VORMEN GEEN OBSTAKEL



FIGUUR 51: ENKELE SLECHTE VOORBEELDEN: (1) DE RUIMTE ONDER DE TRAP IS NIET AFGESCHERMD (2) DE GLAZEN WAND VAN DE TELEFOONCEL IS ZELFS VOOR PERSONEN MET GEWOON ZICHT MOEILIJK HERKENBAAR (3) DE BRANDHASPEL VORMT EEN OBSTAKEL

7.3.4. BLINDENGELEIDELIJNEN:

Een laatste voorbeeld waar contrasten belangrijk zijn voor zowel de toegankelijkheid als de gebruiksveiligheid zijn de blindengeleidelijnen en in het bijzonder de noppentegels of waarschuwingstegels die gebruikt worden om blinde of slechtziende personen te waarschuwen voor een gevaar. Voor slechtziende personen wordt aanbevolen om naast het tactiele element (de noppen) ook een betere zichtbaarheid te geven aan deze tegels door ze te laten contrasteren met hun omgeving.

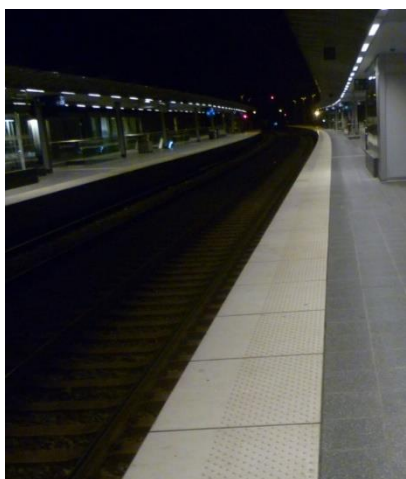
ISO 21542 – Annex A Tactile Walking Surface Indicators (TWSI) – art. A.3.2 Visual contrast

‘TWSIs shall be readily detectable and discriminable from the surrounding or adjacent paving surfaces using low vision. Visual contrast is assisted by good illumination. The effective area of the TWSIs should have a high visual contrast with the immediate surrounding pedestrian surface in both wet and dry conditions. The difference in light reflectance or CIE Y-value between TWSIs and their immediate surrounding surface shall be greater than 30 points for integrated units and greater than 40 points for discrete units, with a minimum reflectance value of the lighter surface of 50 points. Where TWSIs are used for hazards, the minimum difference in light reflection value should be 50 points and the reflectance value of the lighter surface minimum 60 points.

When the required luminance contrast between two surfaces, for example between TWSIs and surrounding surface, cannot be achieved, the addition of a compliant contrasting continuous band of minimum 100 mm in width adjoining to the TWSIs shall be used. As persons with vision loss often have a colour deficiency, colour difference is only used to supplement visual contrast.’

ISO 23599 – Assistive products for blind and vision-impaired persons – TWSIs – art. 4.3.2 Luminance contrast

‘The luminance contrast value between TWSIs and surrounding or adjacent surfaces shall be greater than 30% using the Michelson Contrast formula. When TWSIs are discrete units, luminance contrast should be 50% or greater. Where TWSIs are used for hazards, the luminance contrast value should be 50% or greater. The reflectance value (CIE Y value) of the lighter surface shall be a minimum of 40 points. When the required luminance contrast between TWSIs and the surrounding or adjacent surface cannot be achieved, a continuous adjoining band of compliant contrast shall be used. The contrasting band shall have a minimum width of 100 mm.’



FIGUUR 52: VOORBEELD VAN EEN NOPPENTEGEL DIE CONTRASTEERT MET HET PERRON (STATION SINT-NIKLAAS)



FIGUUR 53: VOORBEELD VAN EEN CONTRASTERENDE STRIP VAN 10 CM BREED GEPLAATST NAAST DE NOPPENTEGEL (STATION GENT-SINT-PIETERS)

8. MATERIALEN

8.1. WELKE MATERIALEN

Zoals vermeld wordt de waarneming van kleur beïnvloed door de waarnemer zelf, een lichtbron en het voorwerp in kwestie. Het voorwerp beschikt evenwel net als de lichtbron en de waarnemer over heel wat eigenschappen die de contrastwaarneming kunnen beïnvloeden. Het heeft een bepaalde kleur, het heeft een bepaalde oppervlaktestructuur, het kan mat of glanzend zijn, het kan fluorescerend, fosforescerend, spiegelen of lichtgevend zijn en het voorwerp zal ook een bepaalde vorm hebben (vlak, rond, kubus,...). Bovendien kunnen deze eigenschappen wijzigen in de tijd:

- Kleur kan wijzigen ten gevolge van neerslag, oxidatie, UV-licht, vervuiling,...
- Oppervlaktestructuur kan wijzigen ten gevolge van slijtage
- Fosforescerende of fluorescerende eigenschappen kunnen afnemen in de tijd
- ...

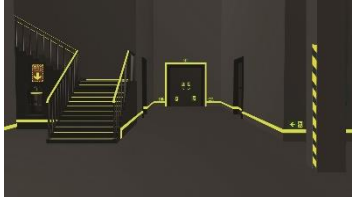
Het rekenblad contrasten heeft tot doel om **vooraf** te bepalen of er voldoende contrast is tussen twee oppervlakken. Het laat dus niet toe om wijzigingen in de tijd te voorspellen. Het betekent ook dat metingen op de bouwplaats (0.

Meetmethodes) nooit hetzelfde contrast kunnen verzekeren als bekomen met dit rekenblad.

Het rekenblad contrasten werd in eerste instantie opgesteld voor opake, lambertiaanse, reflecterende oppervlakken. Ook in paragraaf 7.3.2. Glazen wanden: laat men het glasoppervlak buiten beschouwing en wordt het contrast beoordeeld tussen de markering en de opake achtergrond.

Een aantal oppervlakken kunnen niet met het rekenblad geëvalueerd worden:

Type oppervlak	Afbeelding	Commentaar
Lichtgevende oppervlakken		Ook met lichtgevende oppervlakken kan men contrasten realiseren, maar men moet opletten voor verblinding in functie van de omgevingsverlichting. Lichtgevende oppervlakken kunnen niet beoordeeld worden met het rekenblad
Spiegelende oppervlakken		Spiegeling wordt vaak als nadelig ervaren voor iemand die slechtziende is (disoriëntatie). Spiegelende oppervlakken zijn niet opgenomen in het rekenblad

Fosforescerende of fluorescerende oppervlakken		Fosforescerende en fluorescerende oppervlakken maken geen onderdeel uit van het rekenblad contrasten
Fotochrome/thermochrome materialen		Oppervlakken die veranderen van kleur onder invloed van temperatuur of licht maken geen onderdeel uit van dit rekenblad
Lichtdoorlatende oppervlakken		Het rekenblad contrasten is in de eerste plaats opgesteld voor opake reflecterende oppervlakken. De zonwering zoals weergegeven in de afbeelding hiernaast beantwoordt hier niet aan.

TABEL 9: OVERZICHT VAN EKELE OPPERVLAKKEN DIE MEN NIET KAN EVALUEREN MET HET REKENBLAD CONTRASTEN

Het contrast van speculaire oppervlakken kan in principe worden opgemeten met de meetmethodes beschreven in '0.

Meetmethodes'. Wanneer men echter meetmethodes gebruikt die enkel de kleur opmeten (zoals BS 8493 voorstelt), dan kan men toch nog grote verschillen krijgen in het uitzicht ten gevolge van een verschil in textuur (WTCB-Contact N°44 - Kleurmetingen op afwerkingsmaterialen) zoals weergegeven in Figuur 54. Bovendien kan een kleurmeting van dergelijke oppervlakken niet verhinderen dat er verminderde contrastwaarneming is ten gevolge van glans, glans die op zijn beurt



FIGUUR 54: HETZELFDE RESULTAAT BIJ KLEURMETING, MAAR EEN VERSCHILLENDE UITZICHT – MEETGEOMETRIE: D65, 10°, D/8°, SCI



positie van de lichtbron en de vorm^[17] van het bouwelement. De licht zichtbaar, niet omwille van onvoldoende contrast tussen groen en wit, maar door het invallend licht (shaduwwerking) en het glanzende oppervlak.

Tenslotte zullen het materiaal en de omstandigheden waarin het geplaatst wordt ook een invloed hebben op de mate waarin het contrast behouden blijft in de loop van de tijd.

- Vervuiling en slijtage zijn in bepaalde omstandigheden onvermijdelijk. Het contrast kan enkel in de tijd gewaarborgd worden door slijtvaste materialen te gebruiken en regelmatig onderhoud (Figuur 57).
- Materialen die worden blootgesteld aan regen en wind zullen onvermijdelijk nat worden. Men kan nagaan of het te verzekeren contrast zowel in droge als natte omstandigheden gerealiseerd wordt (Figuur 58).
- De materialen die gebruikt worden kunnen verkleuren omwille van verschillende redenen: oxidatie van metalen, vergrijzing van hout, blootstelling aan UV-licht,... indien relevant voor een te bekomen contrast moet hiermee rekening worden gehouden (Figuur 56).

Het rekenblad contrasten heeft tot doel om vooraf te bepalen of bepaalde kleuren een voldoende contrast zullen opleveren en biedt geen garantie op voldoende contrast op de bouwplaats, noch op het behoud van dit contrast in de loop van de tijd.

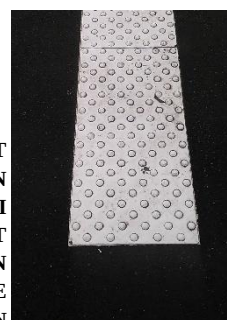


FIGUUR 56: VERKLEURING VAN NATUURLIJKE MATERIALEN DOOR VERGRIJZING OF OXIDATIE



FIGUUR 57: EEN VOORBEELD VAN SLIJTAGE VAN DE TREDENEUS

FIGUUR 58: HET CONTRAST TUSSEN BLINDENGELEIDELIJEN EN ASFALT VERBETERT IN NATTE OMSTANDIGHEDEN



8.2. BESCHIKBARE MATERIALEN

Het rekenblad contrasten kan gebruikt worden om kleuren te selecteren die voldoende contrast opleveren. Het feit of een kleur al dan niet kan geleverd worden voor een bepaald product moet worden nagegaan door de gebruiker van het rekenblad. Een voorbeeld is geïllustreerd in Figuur 59 waar vooraf vervaardigde tredeneuzen slechts in een aantal standaard kleuren verkrijgbaar zijn.

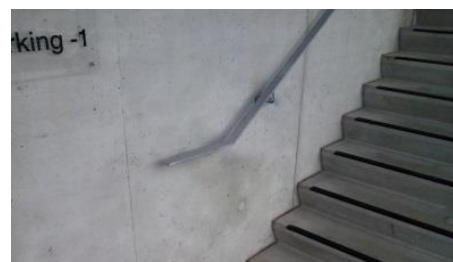
Daarnaast zijn bepaalde normen vrij streng bij het vaststellen van criteria voor contrasten, ISO 21542 vraagt bijvoorbeeld voor tredeneuzen een verschil van 60 LRV-punten, dit betekent dat courant



FIGUUR 59: TREDENEUZEN IN STANDAARD BESCHIKBARE KLEUREN



FIGUUR 60: EEN VERSCHIL VAN 60 LRV-PUNTEN VEREIST EEN ZEER BLEEK BETON



FIGUUR 61: TRADITIONELE BETONNEN TRAP MET ZWARTE TREDENEUZEN

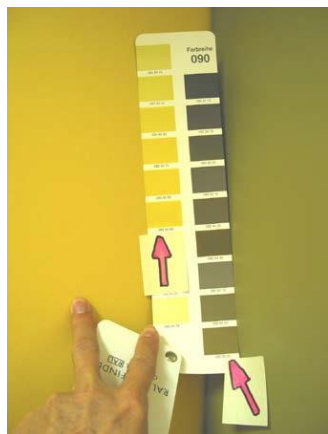
toegepaste oplossingen zoals grijs beton met zwarte tredeneuzen (Figuur 61) al moeilijk uitvoerbaar worden indien men dit criterium wenst te respecteren. Een kritische evaluatie van de meest strenge criteria is dan ook wenselijk.

9. MEETMETHODES

In grote lijnen zijn er vier meetmethodes die kunnen gebruikt worden om de verschillende grootheden die hierboven werden opgesomd (Luminaties, LRV-waarden, Y-waarden) op te meten. Bepaalde methodes maken gebruik van vrij complexe meetinstrumenten zoals een colorimeter of een luminantiemeter, maar zijn daarom niet nauwkeuriger dan de eerste methode die hier beschreven wordt: het gebruik van staalkaarten.

9.1. METHODE 1: STAALKAARTEN

Zoals besproken onder '5. De waarnemer' is het menselijk oog een zeer gevoelig voor het waarnemen van kleurverschillen. Door gebruik te maken van een uitgebreide stalenkaart waarvan de LRV-waarden gekend zijn, kan men op die manier de LRV-waarde van een bepaald oppervlak bepalen (Figuur 62). Vervolgens kan men in functie van het criterium een contrastkleur kiezen die voldoende contrastwaarde verzekert ten opzichte van het referentie-oppervlak. Deze methode is erg geschikt wanneer men aanpassingen wil aanbrengen in een bestaande omgeving. De berekeningen kunnen handmatig worden uitgevoerd, ofwel kan men het rekenblad gebruik om de tweede kleur te kiezen in functie van de eerste kleur, de contrastformule en het criterium.



FIGUUR 62: BEPALING VAN HET CONTRAST MET BEHULP VAN STAALKAARTEN



FIGUUR 63: VOORBEELD VAN EEN SPECTROFOTOMETER

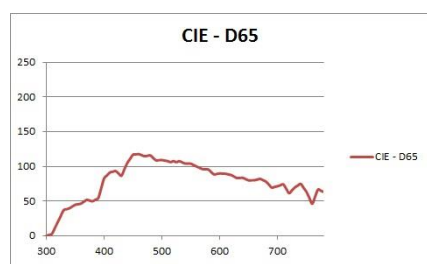
Met het gebruik van staalkaarten kan men iedere contrastformule verifiëren. In die contrastformules waar vermelding wordt gemaakt van luminanties (L_1 , L_2), dient men deze vervangen door de LRV-waarden van de beschouwde oppervlakken (LRV_1 , LRV_2), zoals deze zijn terug te vinden op de staalkaarten.

9.2. METHODE 2: SPECTROFOTOMETER OF CHROMASPECTROMETER:

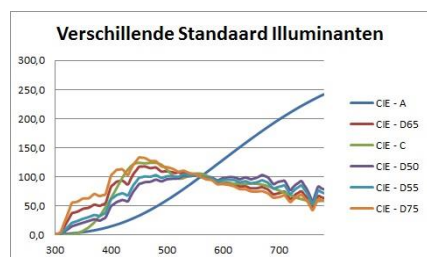
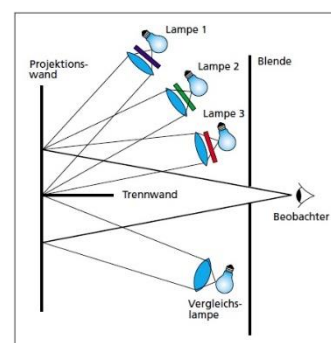
Een tweede meetmethode maakt gebruik van een spectrofotometer (Figuur 63). Met deze meettoestellen kan men de LRV-waarde meten of de Y/Y_{10} -waarde op voldoende nauwkeurige wijze (BS 84936). Zoals aangegeven onder terminologie is de tristimulus Y-waarde en Y_{10} -waarde eenduidig gedefinieerd. Wanneer men die waarden echter wenst op te meten met een spectrofotometer, dan dienen er een aantal parameters te worden vastgelegd die het meetresultaat kunnen beïnvloeden.

9.2.1. ILLUMINANT:

Een eerste parameter is de illuminant. Spectrofotometers zijn toestellen die steeds zijn uitgerust met een ingebouwde lichtbron, waardoor het meetresultaat niet wordt beïnvloed door de omgevingsverlichting en men dus een ‘objectief’ vergelijkbaar resultaat verkrijgt. Deze illuminanten hebben een bepaalde spectrale verdeling die het meetresultaat zal beïnvloeden, alle bronnen waarnaar verwezen wordt (Tabel 1) maken gebruik van de illuminant D65 voor het uitvoeren van de metingen (indien gedefinieerd). De spectrale verdeling van deze illuminant is weergegeven in (Figuur 64). Spectrale verdelingen van andere illuminanten zijn weergegeven in (Figuur 65).

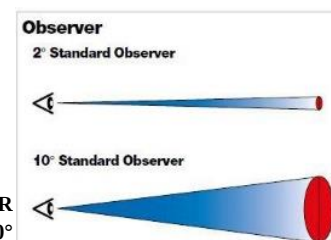


FIGUUR 64: SPECTRALE VERDELING ILLUMINANT D65 (CIE 15.3 – COLORIMETRIE)



FIGUUR 65: SPECTRALE VERDELING VAN EEN AANTAL ILLUMINANTEN (CIE 15.3 – COLORIMETRIE)

FIGUUR 66: STANDAARD WAARNEMER OBSERVATIEHOEK VAN 2° OF 10°



9.2.2. DE STANDAARD WAARNEMER:

Bij de terminologie werd voor de tristimulus Y-waarde een onderscheid gemaakt tussen Y , vastgelegd in 1931, waarbij men een observatiehoek van 2° beschouwde en Y_{10} , vastgelegd in 1964, waarbij men een observatiehoek van 10° beschouwde (Figuur 66). Die aanpassing werd doorgevoerd omdat de observatiehoek een zekere invloed heeft op de waarneming, zie ook Figuur 10 waar de stippellijn geldt voor de 10° observatiehoek en de volle lijnen voor de 2° observatiehoek. De impact op een gemeten LRV-waarde is echter beperkt^[18] in de orde-grootte van 1 à 4 LRV punten, toch verdient het de voorkeur om metingen steeds uit te voeren voor een observatiehoek van 10°.

9.2.3. MEETGEOMETRIE:

De laatste, maar misschien wel belangrijkste parameter is de meetgeometrie waarmee het oppervlak wordt opgemeten. BS 8493 definieert de LRV-waarde (Light Reflection Value of reflectiecoëfficiënt)

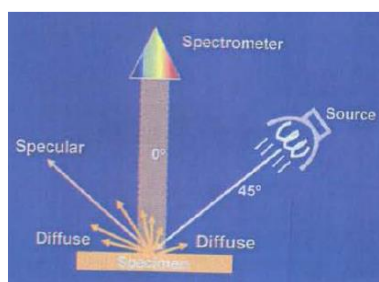
voor een standaard waarnemer met observatiehoek 10°, een illuminant D65 en een bepaalde meetgeometrie van het apparaat:

‘The measured LRVs are affected by the geometric relationships between the measuring equipment geometry and the specimen, therefore a specific geometry is required. The instrument shall be designed such that a correctly positioned specimen is irradiated uniformly from all directions within the hemisphere bounded by its plane. The instrument aperture shall be delimited by the area over which the receiver senses flux rather than the area illuminated. Radiation reflected at the sampling aperture shall be evaluated uniformly at all directions within 5° of the axis of the collection beam.

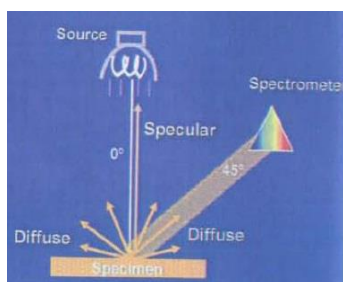
The axis of the reflected beam shall be 8° off the normal of the centre of the specimen plane in which the specimen is placed during measurements. The reduction in sphere efficiency due to specimen absorption shall be corrected to produce a linear output. The d/8° shape of the instrument makes it applicable for high-gloss surfaces as well as matt surfaces.’

Zoals onder paragraaf ‘8. Materialen - Figuur 54’ werd aangetoond is die laatste stelling dat de meetgeometrie zowel kan gebruikt worden voor matte als glanzende oppervlakken niet correct (Figuur 54). Het glanzende oppervlak is op deze foto veel donkerder dan het matte oppervlak, terwijl de meting wel een zelfde resultaat oplevert.

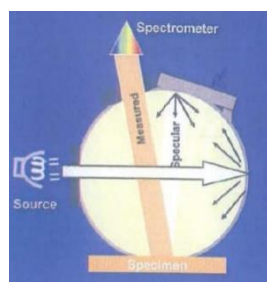
In deze norm wordt ook aangegeven dat in de meting ook de speculaire component wordt gemeten (‘Specular Component Included’). Dit komt dus overeen met een meetopstelling zoals weergegeven Figuur 68. Zoals aangegeven in ‘8. Materialen’ meet men met deze meetopstelling enkel een kleur op en geen materiaal. Naar deze meetopstelling wordt ook verwezen binnen de referenties van ISO 23599 voor de bepaling van een LRV-waarde. Daar staat tegenover dat men in Duitsland een andere meetmethode hanteert. Om een optimale vergelijking tussen kleursystemen mogelijk te maken (RAL, NCS, Pantone, Brillux, Munsell,...) verdient het de voorkeur om te evolueren naar een uniforme meetprocedure. Onderstaande tabel illustreert een aantal van de verschillen overgenomen uit een publicatie van Dietmar Böhringer[19] en metingen die werden uitgevoerd in functie van het rekenblad contrasten. Het belang van correcte meetafspraken wordt vooral duidelijk bij oppervlakken met een lage LRV-waarde.



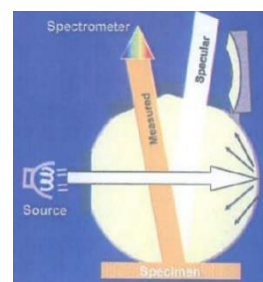
FIGUUR 70:
45° (BELICHTEN)/ 0° (METEN)



FIGUUR 69:
0° (BELICHTEN)/ 45° (METEN)



FIGUUR 68:
D/8° - SCI



FIGUUR 67:
D/8° - SCE

	Dietmar Böhringer(*)				Rekenblad contrasten(**)		(***) Y* _{nieuw}
	Y* _{oud}	Y* _{nieuw}	ρ (Messwinkel 45°)	ρ (Messwinkel 0°)	Y ₁₀ (D65, d/8°, SCI)	Y ₁₀ (D65, d/8°, SCE)	Y ₁₀ (D65, d/8°, SCI)
RAL 1023	52.4	55.0	57.4	56.2	55.53	52.02	-0.53
RAL 2009	21.2	23.7	27.0	27.0	24.10	21.17	-0.40
RAL 3020	12.2	14.3	18.0	18.0	14.19	11.20	0.11
RAL 4006	10.9	12.7	13.9	13.0	12.71	8.81	-0.01
RAL 5017	9.8	11.5	10.8	9.8	11.82	8.14	-0.32
RAL 6024	17.8	20.0	20.0	19.0	19.43	15.76	0.57
RAL 7042	30.2	31.1	31.0	30.0	31.62	28.09	-0.52

RAL 7043	9.7	11.4	12.0	11.0	11.67	8.04	-0.27
RAL 9016	86.9	88.2	85.1	85.2	85.84	81.78	2.36
RAL 9017	3.8	5.2	6.0	5.0	4.57	0.53	0.63
(*) Dietmar Böhringer vermeldt geen precieze meetprocedures en verwijst daarvoor naar DIN 5036-1/3							
(**) Voor het rekenblad contrasten werden een aantal RAL-kleurstalen opgemeten met een meettoestel zoals beschreven in BS 8493 en weergegeven in							
(***) Het verschil tussen de metingen uitgevoerd in functie van het rekenblad contrasten en de meest recente metingen uitgevoerd door RAL aan de TUDresden voor een aantal kleuren. Over het algemeen zijn de afwijkingen zeer beperkt en blijven ze onder 1 LRV-punt, behalve voor RAL 9016 met de zeer hoge Y-waarde.							

TABEL 10: VERGELIJKING VAN EEN AANTAL MEETRESULTATEN BIJ VERSCHILLENDE MEETGEOMETRIE

9.2.4. MEETKOP:

De meetkop bepaalt welke oppervlakte men kan meten met een toestel. Het WTCB beschikt over drie verschillende meettoestellen met elk een verschillende meetgeometrie en een verschillende meetkop. Het toestel met de grootste meetkop (5 cm) is echter een chromameter die het licht evalueert met 3 breedbandfilters, wat minder nauwkeurig is dan metingen met een spectrofotometer en niet overeenstemt met de meetprocedure beschreven in BS 8493.

In functie van het rekenblad contrasten werden een aantal RAL-kleuren opgemeten met de Fotospectrometer Konica Minolta CM-2600 D, met de meetkopdiameter van 8 mm. Een voldoende grote meetkopdiameter is noodzakelijk om betrouwbare metingen uit te voeren op oppervlakken die van dichtbij verschillende kleurnuances hebben, maar vanop afstand een uniform uitzicht (Figuur 71). Het is in ieder geval zo dat een meetpunt oordeelkundig moet gekozen worden.



FIGUUR 71: VOORBEELDEN VAN NIET-UNIFORME OPPERVLAKKEN, WAARVAN MEN TOCH DE Y-WAARDE KAN BEPALEN, MITS VOLDOENDE GROTE MEETKOP EN EEN OORDEELKUNDIGE KEUZE VAN DE MEETPUNTEN.



Toestel	Standaard waarnemer	Meetgeometrie	Illuminanten	Ø meetkop
Fotospectrometer Hunterlab MiniScan EZ	2° of 10°	45°/0° belichting (zie Figuur 70)	A, C, D50, D55, D65, D75, F2, F7 & F11	25.4 mm (31.8 mm belicht)
Kleurenmeter Konica Minolta CR-410	2°	“wide-area” diffuse belichting/0°	C & D65	50 mm
Fotospectrometer Konica Minolta CM-2600 D	2° of 10°	d/8°, SCI of SCE (zie Figuur 67 & Figuur 68)	A, C, D50, D65, F2, F6, F8, F10, F11 & F12	3 mm of 8 mm

TABEL 11: EEN OVERZICHT VAN DE MEETTOESTELLEN WAAROVER HET WTCB BESCHIKT

9.2.5. LABO OF BOUWPLAATS?

De meetprocedure beschreven in BS 8493² is specifiek opgesteld voor metingen onder labo-omstandigheden (selectie van proefstukken, reinigen van proefstukken, droge/vochtige toestand, aantal proefstukken, opaciteit van het oppervlak,...). De meetprocedure beschreven in deze norm kan

² BS 8493 heeft tot doel de LRV-waarde vooraf te bepalen van bepaalde bouwproducten. De meetprocedures die erin beschreven worden zijn dus uitgewerkt voor metingen onder labo-omstandigheden

echter ook toegepast worden op de bouwplaats, op voorwaarde dat dezelfde meetcondities worden gehandhaafd. Dit is echter niet hetzelfde als de beoordeling van het contrast op de bouwplaats, immers verlichting en schaduwvorming kunnen dit contrast beïnvloeden. Voor de volgende meetprocedures, met meettoestellen die geen contact maken met het oppervlak dient men de meetomstandigheden dus eenduidig te omschrijven.

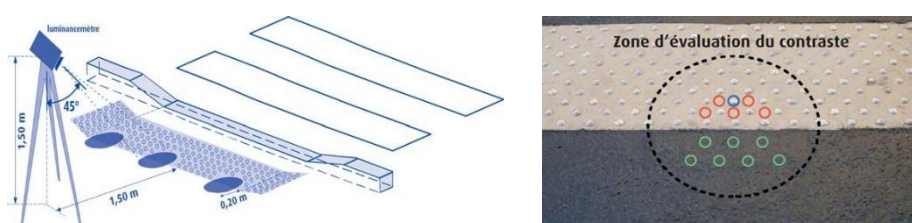
9.3. METHODE 3: LUMINANTIEMETER

Een derde meetmethode voor het opmeten van contrast maakt gebruik van een luminantiemeter (Figuur 72). In tegenstelling tot de spectrofotometer is dit een toestel dat geen contact maakt met het te meten oppervlak. Het bevat ook geen ingebouwde lichtbron of illuminant, de meting wordt gewoon uitgevoerd bij omgevingsverlichting. Deze methode is vooral relevant voor metingen op de bouwplaats – hoeveel bedraagt het contrast na plaatsing. Luminantie is een vectoriële grootheid (zie ‘Terminologie’) en dus richtingsafhankelijk. Bij perfect lambertiaanse opake oppervlakken (Figuur 3) zal de luminantie onder eender welke kijkhoek constant moeten zijn. Een voorbeeld van een meetprocedure is terug te vinden in een fiche van Certu – ‘Le contraste visuel pour les personnes malvoyantes, appliqué aux bandes d’éveil de vigilance’. Men beschrijft er waar het meettoestel moet worden geplaatst (Figuur 73: 1.50 meter hoogte, 1.50 meter afstand, onder een hoek van 45°) en hoeveel meetzones men moet voorzien. Figuur 74 toont het aantal meetpunten per meetzone. Het contrast wordt vervolgens berekend op basis van een gemiddelde luminantie voor de lichtere zone en een gemiddelde luminantie voor de donkere zone. Bij voorkeur wordt de meting uitgevoerd bij betrokken hemel, bij direct zonlicht moeten metingen bij schaduw vermeden worden. De metingen met een luminatiemeter zullen over het algemeen iets minder nauwkeurig zijn dan metingen met spectrofotometer[19].

Net als de spectrofotometer is de luminantiemeter een specifiek toestel dat niet courant beschikbaar is. Zoals aangegeven onder ‘6.2 Verschillende contrastformules’ kan men met luminanties niet iedere contrastformule verifiëren (formule 1 & 5 leverden geen zinvol resultaat op). Men kan dit verhelpen door gebruik te maken van een referentiewit waarvan de reflectiecoëfficiënt/LRV-waarde gekend is (LRV_s). Men plaatst dit referentiewit in hetzelfde punt als het oppervlak waarvan men de LRV-waarde wil bepalen (LRV_1) en met meet de luminantie op L_s .

Vervolgens krijgt men: $\frac{L_s}{L_1} = \frac{LRV_s}{LRV_1}$ of $LRV_1 = LRV_s \frac{L_1}{L_s}$

Dezelfde procedure wordt gevolgd voor de bepaling van de LRV-waarde van het tweede contrasterende oppervlak. Vervolgens kan men de teruggevonden LRV-waardes gebruiken voor de



contrastberekening volgens formule 1 of 5. Deze procedure wordt omschreven in bijlage B.7.2.2. van ISO 21542 ‘Determination of LRV’, maar is omslachtig en gevoelig voor fouten.



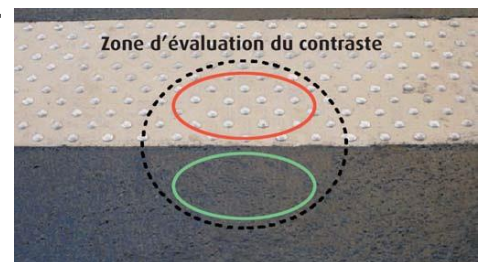
**FIGUUR 74: AANTAL MEETPUNTEN
PER MEETZONE**

9.4. METHODE 4: FOTOTOESTEL

Met een fototoestel kan men vrij eenvoudig een beeld maken van het te beoordelen contrast en dit dan later via analyse van de pixels evalueren. Zowel het fototoestel als de omgeving moeten beantwoorden aan een aantal condities. Dit zal in een volgend artikel verder worden uitgewerkt.



**FIGUUR 75: OPMETEN VAN CONTRAST MET
FOTOTOESTEL**



10. SIGNALISATIE

In paragraaf 7.1.2 werd reeds aangehaald dat goede signalisatie wordt bepaald door heel wat factoren. Goede signalisatie moet consistent zijn, aangepast aan het type gebouw, gepaste informatie aanleveren,...

Behalve door contextgevoelige parameters wordt de zichtbaarheid van signalisatie ook bepaald door algemene invloedsfactoren:

- De waarnemer: Visuele beperking, impact op de waarneming van het ouder worden,...
- De tekst: hoeveelheid informatie, lettertype, verstaanbaarheid, uitlijning, de leesafstand,...
- De hoeveelheid invallend licht en het contrast (zie 7.1.2)

10.1. BESTAANDE NORMEN:

Hoewel goede signalisatie een belangrijk onderdeel is van een toegankelijk gebouw, bestaat er geen overkoepelende Europese norm die bepaalt waaraan toegankelijke signalisatie dient te beantwoorden. Vergelijkbaar met de contrastformules zijn er verschillende benaderingen. Onderstaande tabel bevat een overzicht van enkele richtlijnen:

Document	Omschrijving
ISO 21542 (art. 40.5)	De lettergrootte hangt af van de leesafstand. Er wordt aanbevolen een lettergrootte te voorzien tussen 20 en 30 mm voor iedere meter leesafstand. De lettergrootte zou nooit minder mogen zijn dan 15 mm.
Handboek Toegankelijkheid (www.toegankelijkgebouw.be – 16/06/2015)	Zorg voor de juiste lettergrootte. Deze is afhankelijk van de leesafstand. De hoogte van letters is minimaal 1/100 van de leesafstand (1%). Voor belangrijke informatie dient de hoogte van de letters minimaal 1/25 van de leesafstand te bedragen (4%). Op beeldschermen mogen letters niet kleiner zijn dan 3 mm. Voor bewegwijzering bedraagt de minimale grootte van de letters 50 mm.
Ontwerpgids voor toegankelijke gebouwen (deel IV: Inrichtingselementen/signalisatie)	Samenvatting tabel met lettergroottes: voor een leesafstand tot 50 cm vraagt men lettergroottes van 8 à 10 mm (2 %), voor een leesafstand tot 100 cm, een lettergrootte van 20 mm (2%), voor leesafstand tot 300 cm – lettergroottes van 40 mm (1.5%) en voor een grotere leesafstand een lettergrootte = leesafstand [cm]/100 (1%)

TABEL 12: OVERZICHT VAN MAATVOERING VOOR SIGNALISATIE

Een aantal conclusie kan men trekken uit deze tabel:

- De lettergrootte is functie van de leesafstand en deze varieert bij vergelijking van de verschillende bronnen (1% tot 3%)
- Er wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende toepassingsgebieden om een minimumwaarde op te leggen aan de signalisatie.
- De eindgebruiker (met of zonder visuele beperking) die van deze informatie gebruik gaat maken wordt niet vermeld. Het zijn vuistregels gebaseerd op ervaring.

10.2. ONDERZOEK:

Onderzoek uitgevoerd aan het UZGent^[20], in opdracht van ANEC (The European Consumer Voice in Standardisation) kwam tot gelijkaardige conclusies: een grote variatie op gebied van minimale lettergrootte alsook de wijze waarop contrasten berekend worden. In dit onderzoek werd gekeken naar

de minimale grootte van signalisatie voor slechtzienden. Iemand werd beschouwd als slechtziende conform de definitie van de wereldgezondheidsorganisatie (WGO): gezichtsscherpte van maximaal 6/18 (3/10 of 20/70) en minimaal 3/60 (1/20 of 20/400) of een verminderd gezichtsveld van maximum 20° (na maximale correctie met bril of lenzen). Er werd gekeken naar tekstgrootte en contrast³. Dit resulteerde in een tekstgrootte/pictogramhoogte (men maakt geen onderscheid) van minstens 5%. De impact van contrast bleek beperkt indien de tekst voldoende groot is, zoals weergegeven in Tabel 13. Dit onderzoek heeft als verdienste dat het een directe link legt tussen de visuele mogelijkheden van een groep van slechtziende eindgebruikers en de daaraan gekoppelde minimale afmetingen voor signalisatie (onder labo-omstandigheden). De resultaten leveren echter een signalisatie op die aanzienlijk groter is dan de waarden uit Tabel 12. Men kan zich vragen stellen bij de toepasbaarheid van dergelijke afmetingen. In uitzonderlijke situaties kunnen deze worden aangehouden (bijvoorbeeld verdiepingsaanduiding Figuur 26), maar meestal zal men zijn toevlucht moeten nemen tot alternatieve technologieën (11. Multizintuiglijkheid).

Contrast (Weber) Size (afstand/100)	14%	21%	33%	60%	76%
1%	12	15	19	33	35
3%	60	76	79	77	77
5%	91	91	93	94	97
7%	94	95	95	96	98
9%	97	94	97	99	97
Minder dan 90% herkenning wordt rood aangeduid, 90-95% herkenning blauw en > 95% herkenning groen					

TABEL 13: [20]– TABLE 1.3: SUCCESS RATES FOR DIFFERENT SIZE/CONTRAST COMBINATIONS IN A RECOGNITION TASK

10.3. CIE-RAPPORT 196 & DIN 32975:

Het CIE-rapport 196^[21] bevat eveneens richtlijnen voor de zichtbaarheid van tekst. De methode is de meest gedetailleerde die op het moment van schrijven beschikbaar is. Er worden rekening gehouden met de gezichtsscherpte (opgeven van een Visual Acuity), de afstand van de waarnemer tot de tekst (observatie-afstand) en de achtergrondluminantie (hoe goed is de signalisatie verlicht). De methode gaat uit van maximaal contrast zwarte tekst/witte achtergrond, DIN 32975 en het rekenblad maken het toepassingsgebied iets ruimer (zie Tabel 6). Aangezien ook DIN 32975 verwijst naar deze methode leek er voldoende basis om ze ook over te nemen in het rekenblad contrasten, hieronder een korte beschrijving. De methode is gebaseerd op een onderzoek bij ouderen. Het is immers zo dat los van eventuele visuele beperkingen (die frequenter voorkomen bij ouderen), de visuele waarneming sowieso wijzigt naarmate men ouder wordt: ouderdomsverziendheid (presbyopia), verminderde gezichtsscherpte, vernauwing van de pupil, verkleuring/vertroebeling van de ooglenzen, vermindering van het gezichtsveld,...

Om de leesbaarheid van tekst te bepalen (legibility) werden testen uitgevoerd van tekst bij maximaal contrast (zwart op wit) en dit bij verschillende luminanties en leesafstanden. De visus werd gecorrigeerd met een bril of lenzen, voor een leesafstand van 5 meter. Dit uitgangspunt is relevant, aangezien het invloed heeft op de tekstgrootte van tekst die dicht bij de waarnemer staat (< 1,00 meter),

³ Voor een precieze omschrijving van de testpopulatie, testopstelling en testverloop – zie oorspronkelijk onderzoeksrapport

deze zal groter zijn als gevolg van ouderdomsverziendheid. Het gebruik van bifocale brillen of leesbrillen zou een gunstige invloed kunnen hebben op deze grootte, maar dergelijke brillen zouden ook het risico op vallen doen toenemen^[22]. De zonet uitgeschreven redenering en achtergrondinformatie is relevant omdat ze invloed heeft op het bekomen resultaat en men op basis van andere uitgangspunten mogelijks ook andere resultaten zou bekomen. DIN 32975 gebruikt de hieronder beschreven methode bijvoorbeeld voor het bepalen van de leesbare lettergrootte voor personen met een visuele beperking: gezichtsscherpte 1/10 à 3/10, hetgeen met enig voorbehoud wordt overgenomen in versie 1.1 van het rekenblad. Immers, personen met een visuele beperking hebben niet enkel te kampen met een verminderde gezichtsscherpte, maar mogelijks ook bijkomende problemen zoals een verminderd gezichtsveld of verminderde contrastwaarneming. Een berekening volgens deze methode doet vermoeden dat dit nog steeds een onderschatting is van hetgeen nodig is voor personen met een visuele beperking, zeker wanneer men het vergelijkt met de onderzoeksresultaten die werken uitgevoerd aan het UZGent[20], deze vonden plaats onder laboratoriumomstandigheden zijn dus in principe niet vergelijkbaar met de resultaten die hieronder verkregen werden.

De methode volgens CIE 196:

De minimale grootte van een leesbare letter P (in punten) wordt uitgedrukt met de vergelijking:

$$P = a \times S + b \quad [1]$$

S is een grootte factor

a en b zijn parameters afhankelijk van het lettertype, zoals weergegeven in Tabel 14

Lettertype	a	b	 Serif font Sans-serif font Figure 2 – Example of fonts with serif and without serif (sans-serif)
Schreefloos	6.4	3.0	
Met schreef	8.2	2.6	

TABEL 14: PARAMETERS A & B

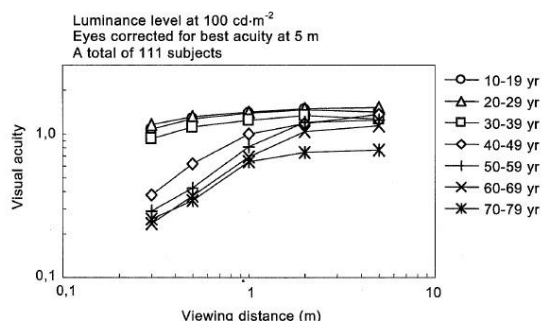
De grootte factor $S = D/V$ [2]

D = kijkafstand

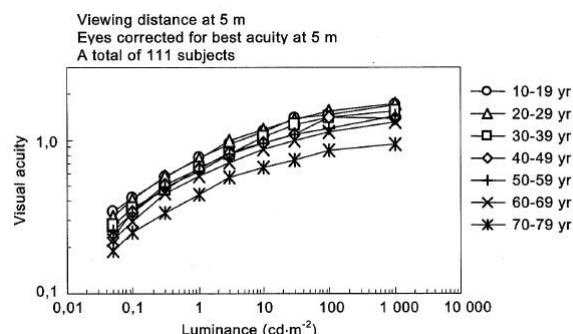
V = gezichtsscherpte in functie van de te beoordelen situatie en deze wordt beïnvloed door de kijkafstand, de leeftijd van de waarnemer en de luminantie.^(*)

^(*) Zoals gesteld is het contrast tekst/achtergrond maximaal (zwart/wit), de hoeveelheid invallend licht varieert. De gezichtsscherpte V_0 werd bepaald in functie van de leeftijd van de waarnemer (leeftijdsgroepen) en de kijkafstand bij een luminantie van 100 cd/m² (**Error! Reference source not found.**). Deze waarde V_0 is terug te vinden in tabellen in annex D van het CIE-rapport 196. Voor het bepalen van de gezichtsscherpte bij een afwijkende luminantie ($\neq 100$ cd/m²), werd een correctiefactor

k toegevoegd (eveneens opgenomen in een tabel in annex D van het CIE-rapport 196) voor verschillende luminanties (**Error! Reference source not found.**). Men verkrijgt dan dat $V = V_0 \times k$.



FIGUUR 76: DE GEZICHTSSCHERPTE NEEMT AF WANNEER MEN ZICH DICHT BIJ HET OPPERVLAK BEVINDT, IN HET BIJZONDER BIJ OUDEREN



FIGUUR 77: DE GEZICHTSCHERPTE NEEMT TOE BIJ TOENEMENDE LUMINANTIE, HET EFFECT IS GELIJKLOPEND VOOR ALLE LEEFTIJDGROEPEN

Tenslotte is de minimale grootte van een leesbare letter (legibility)⁴ een drempelwaarde die aangeeft vanaf wanneer tekst net leesbaar wordt. Deze waarden zijn onvoldoende om te worden toegepast in signalisatie of informatieborden (readability). Daarom werd er in het CIE-rapport 196 ook een schaalfactor gedefinieerd die de minimaal leesbare lettergrootte omzet naar vlot leesbare tekst, deze schaalfactor *moet gekozen worden door de ontwerper* en in functie van de situatie. Het is duidelijk dat een schaalfactor kleiner dan 1 weinig zin heeft, maar ook een schaalfactor van 2,2 is niet voor iedere situatie noodzakelijk.

- Zeer goede leesbaarheid → schaalfactor > 2.2
- Goede leesbaarheid → schaalfactor van 1.7 tot 2.2
- Matige leesbaarheid → schaalfactor van 1.2 tot 1.7
- Zwakke leesbaarheid → schaalfactor 0.9 tot 1.2
- Zeer zwakke leesbaarheid → schaalfactor < 0.9

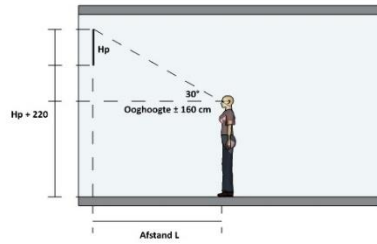
10.4. ENKELE REKENVOORBEELDEN:

Signalisatie bestaat in verschillende vormen en types. De meest gekende, veiligheidssignalisatie is uitgesloten van het toepassingsdomein van dit document en het rekenblad. Daarnaast heeft men informatieve signalisatie die uitleg geeft over een bepaald onderwerp (Voorbeeld: uitleg bij een schilderij in een museum), richtingsaanduiding (signalisatie die aangeeft hoe je van punt A naar punt B kunt gaan) en signalisatie voor identificatie (bijvoorbeeld nummer van een kamer in een ziekenhuis). Hieronder een gedetailleerde berekening voor de laatste twee types.

⁴ In het Nederlands kennen we enkel de term leesbaarheid, het onderscheid tussen legibility (herkennen van een bepaald karakter: l, m, n,...) en readability (leesbaarheid van een tekst) wordt niet gemaakt



FIGUUR 78: SIGNALISATIE - RICHTINGSAANDUIDING



FIGUUR 79: SIGNALISATIE – RICHTINGS- AANDUIDING: BEPALING VAN DE KIJKAFSTAND



FIGUUR 80: SIGNALISATIE - IDENTIFICATIE

10.4.1. RICHTINGSAANDUIDING

De signalisatie bevindt zich minimum 220 cm boven het vloerpeil om een vlotte doorgang te verzekeren. Om het bord op comfortabele wijze te kunnen waarnemen is de kijkhoek maximum 30° en de ooghoogte bevindt zich op 160 cm. Men zou een lagere ooghoogte kunnen beschouwen voor personen van kleinere gestalte of rolstoelgebruikers, maar de afweging werd gemaakt om dit hier niet te doen. Veronderstellen we hier een signalisatiebord van 45 cm hoog ($H_p = 45$ cm – bijvoorbeeld zoals weergegeven in Figuur 78). Men verkrijgt dus $H_p + 220$ cm = 265 cm.

De afstand L:

- $\tan 30^\circ = (265 \text{ cm} - 160 \text{ cm})/L$
- $L = 182 \text{ cm}$

De afstand D (de afstand tot het midden van het bord):

- $D = \sqrt{L^2 + (H_p/2 + (220 - 160))^2} = \sqrt{182^2 + 82.5^2} = 2.00 \text{ m}$

Dimensioneren van de tekst voor ouderen (80 jaar):

- De letters zijn schreefloos $\rightarrow a = 6.4$ en $b = 3.0$
- V_0 voor iemand van 80 jaar en een afstand van 2.00 meter is 0.743
- Veronderstel dat de luminantie van de achtergrond (in principe wit, maar hier dus mat aluminium) ongeveer 20 cd/m^2 is, opgemeten vanuit het zichtpunt
- $V = k \times V_0 = 0.83 \times 0.743 = 0.617$
- $S = D/V = 2.00/0.617 = 3.24$
- $P = a \times S + b = 6.4 \times 3.24 + 3.0 = 24$ punten
- $M = 0.3514 \times P = 0.3514 \times 24 = 8.35 \text{ mm (*)}$
- Voor een zeer goede leesbaarheid vermenigvuldigt men met een schaalfactor 2.2 of de lettergrootte wordt 18.37 mm, afgerond zal men lettergroottes kiezen van 2cm wat overeenstemt met 1% van de kijkafstand.

Dimensioneren van de tekst voor slechtzienden ($VA = 0.1$):

- Idem aan de voorgaande redenering, alleen gaat men V_0 niet bepalen in functie van leeftijd of afstand, maar gewoon gelijk stellen aan 0.1.

- $V = k \times V_0 = 0.83 \times 0.1 = 0.083$
- $S = D/V = 2.00/0.083 = 24.09$
- $P = a \times S + b = 6.4 \times 24.09 + 3.0 = 157$ punten
- $M = 0.3514 \times P = 0.3514 \times 157 = 55$ mm
- Voor een zeer goede leesbaarheid ook hier vermenigvuldigen met een factor 2.2, geeft een lettergrootte van 121 mm, wat overeenkomt met 6% van de kijkafstand, of iets meer dan de 5% die gevraagd werd in Tabel 13. Vergelijking van beide waarden dient wel met het nodige voorbehoud te gebeuren, aangezien de hier bekomen waarde in principe een praktische toepasbare waarde moet zijn, terwijl de waardes uit Tabel 13 bepaald werden onder laboratoriumomstandigheden.

10.4.2. IDENTIFICATIE

Een voorbeeld van een identificatiebordje is weergegeven in Figuur 80. Dergelijk bordje maakt duidelijk dat men zich bevindt ter hoogte van het echolokaal voor hart- en vaatziekten. In principe kan men dergelijke identificatiebordjes veel dichter benaderen dan de richtingsaanduiding, maar in functie van comfortabel gebruik veronderstellen we hier een afstand $D = 1.00$ meter. Dergelijke identificatiebordjes bevinden zich ook lager dan de richtingsaanduiding, waardoor ze in veel gevallen ook meer licht krijgen, we onderstellen hier 30 cd/m^2 in plaats van 20 cd/m^2 in het vorige voorbeeld. Men krijgt dan:

Signalisatie die enkel door artsen en verpleegkundigen wordt gebruikt (65 jaar):

- De letters zijn opnieuw schreefloos $\rightarrow a = 6.4$ en $b = 3.0$
- V_0 voor iemand van 65 jaar en een afstand van 1,0 meter is 0.6925 (via lineaire interpolatie uit de tabellen van annex D, CIE-rapport 196)
- $V = k \times V_0 = 0.873 \times 0.6925 = 0.604$
- $S = D/V = 1/0.604 = 1.654$
- $P = a \times S + b = 6.4 \times 1.654 + 3.0 = 14$ punten
- $M = 0.3514 \times 14 = 4.77$ mm
- Voor een goede leesbaarheid te vermenigvuldigen met 1.7 à 2.2 of een lettergrootte van 9 à 10 mm (1% van de leesafstand)

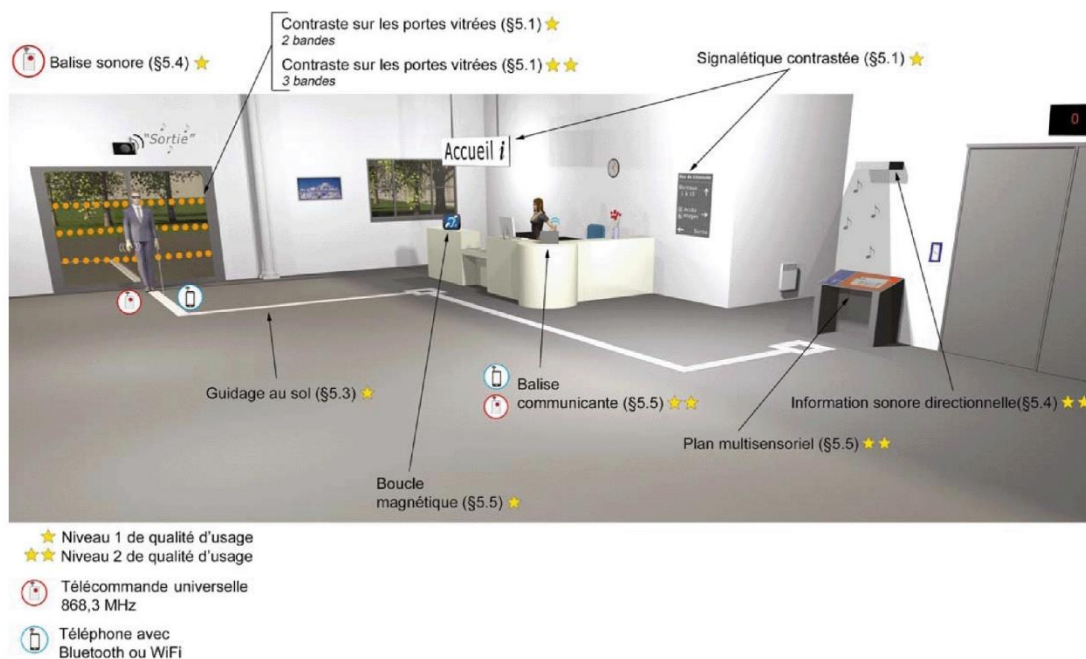
10.5. **BELANGRIJKE AANVULLING:**

Het rekenblad contrasten laat toe om gedetailleerde berekeningen uit te voeren voor het dimensioneren van signalisatie, een aantal parameters moeten echter door de eindgebruiker zelf gekozen worden: hoeveel bedraagt de kijkafstand? Met welke visuele beperkingen wens ik rekening te houden? Hoeveel bedraagt de verlichtingssterkte/luminantie ter hoogte van signalisatie? Welk lettertype kiest men, er wordt een onderscheid gemaakt tussen letters met schreef en schreefloze letters, maar ook daarnaast kan de leesbaarheid van tekst beïnvloed worden door allerlei typografische karakteristieken (bijvoorbeeld – DIN 1450: Lettering – legibility). Dit zijn keuzes die men nog steeds bij de start van een project moet vastleggen, het rekenblad heeft zeker niet tot doel om ieder bordje afzonderlijk te gaan dimensioneren in functie van kijkafstand en verlichting. Veel belangrijker dan correct gedimensioneerde tekst is de interne consistentie van het complete oriëntatie- en circulatiesysteem dat in een gebouw gehanteerd wordt. Visuele informatie kan daarbij worden aangevuld met auditieve of

tactiele informatie. Het rekenblad kan een hulpmiddel zijn om deze keuzes te onderbouwen. Bijvoorbeeld op plaats X heb ik een probleem met de zichtbaarheid van informatie en moet er zeker aanvullend auditieve of tactiele informatie voorzien worden (zie 11. Multizintuiglijkheid.)

11. MULTIZINTUIGLIJKHEID

Behalve met visuele informatie en contrasten kan men de toegankelijkheid van de gebouwde omgeving ook verbeteren door gebruik te maken van andere zintuigen (tactiel/auditief). Hedendaagse oplossingen zijn zo veel als mogelijk Universal Design, dat wil zeggen dat ze geïntegreerd worden in de dagdagelijkse omgeving zonder op te vallen. Onderstaande figuur uit BP P96-104 illustreert hoe men verschillende bouw- en communicatietechnologieën kan inzetten om de toegankelijkheid te verbeteren. In bepaalde gevallen zijn contrasten niet wenselijk of wil men signalisatie niet dimensioneren voor iemand met een gezichtsscherpte van 0.1 omdat dit veel te groot is. Op dat ogenblik kan complementaire technologie worden ingezet. Hedendaagse gebruiksvoorwerpen zoals de smartphone bieden daar op termijn mogelijkheden om een omgeving zowel gebruiksvriendelijk als aangenaam te maken. Verschillende van de oplossingen weergegeven in onderstaande figuur kunnen daardoor beter geïntegreerd worden in de gebouwde omgeving waardoor deze minder stigmatiserend wordt. Toegankelijkheid wordt op die manier een onopvallende kwaliteit die evenwel sterk aanwezig is en mede onderbouwd met de resultaten uit dit rapport.



FIGUUR 81: ACCUEIL D'UN ÉTABLISSEMENT RECEVANT DU PUBLIC

12. REFERENTIES

- [1] L. Van De Perre, Peter Hanselaer, K. Smet, and W. Ryckaert, “Contrast metrics evaluation,” in *Contrast metrics evaluation*, 2016, pp. 70–78.
- [2] J. Herssens, “Designing Architecture for More: A Framework of Haptic Design Parameters with the Experience of People Born Blind,” 2011.
- [3] Tom Vavik, *Inclusive Buildings, Products and Services: challenges in universal design*. 2009.
- [4] R. W. G. Hunt and Pointer M.R., *Measuring colour*. 2011.
- [5] ISO, *NBN EN ISO 9241-303 - Ergonomie van de mens-systeeminteractie - deel 303: eisen voor elektronische beeldschermen*. 2012, p. 58.
- [6] International Standardisation Organisation (ISO), *ISO 3864-1: graphical symbols - safety colours and safety signs - part1: design principles for safety signs and safety markings*, vol. 2011. 2011, pp. 1–24.
- [7] International Standardisation Organisation (ISO), *ISO 3864-2: Grphical symbols - safety colours and safety signs - part 2: design principles for product safety labels*, vol. 2004. 2004, pp. 1–30.
- [8] *ISO 3864-3: Graphical symbols - safety colours and safety signs - part 3: design principles for graphical symbols for use in safety signs*, vol. 2012. 2012, pp. 1–38.
- [9] International Standardisation Organisation (ISO), *ISO 3864-4: Graphical symbols - safety colours and safety signs - part 4: colorimetric and photometric properties of safety sign materials*, vol. 2011. 2011, pp. 1–30.
- [10] Belgisch Instituut voor Normalisatie, *NBN EN 81-70: Veiligheidsregels voor het vervaardigen en het aanbrengen van liften - deel 70: Bijzondere toepassingen voor personenliften en goederenliften - toegankelijkheid van liften voor personen inclusief personen met een handicap*. 2003, pp. 1–31.
- [11] OIVO, *Ongevallen met bouwelementen - Studie op basis van EHLASS-gegevens België 1998*. 2001.
- [12] B. J. Cohen, C. A. Larue, and H. H. Cohen, “Stairway Falls - an ergonomics analysis of 80 cases,” no. January, pp. 27–32, 2009.
- [13] D. Johnson, D. A. Johnson, and S. D. Ne, “Stair safety : bottom of flight illusion,” vol. 41, pp. 3358–3362, 2012.
- [14] K. Janssens, J. Vanrie, K. Quartier, and S. Danschutter, “Light: towards an inclusive perspective,” 2016, p. 11.
- [15] D. Böhringer and A. Stemshorn, “Barrierefreie Treppen,” 2013.
- [16] R. J. Foster, J. Hotchkiss, J. G. Buckley, and D. B. Elliott, “Safety on stairs : Influence of a tread edge highlighter and its position,” *EXG*, vol. 55, pp. 152–158, 2014.

- [17] P. Vangorp and P. Dutr, "Shape-Dependent Gloss Correction," 2006.
- [18] British Standard Institution (BSI), *BS 8493 - Light Reflectance Value (LRV) of a surface – Method of test*. 2010, p. 22.
- [19] D. Böhringer, *Barrierefreie Gestaltung von Kontrasten und Beschriftungen*. Fraunhofer IRB, 2012.
- [20] P. M. Lenoir *et al.*, "New standard for the visual accessibility of signs and signage for people with low vision (ANEC-DFA-2008-G-044-Annex 6rev)," 2010.
- [21] CIE, "CIE 196 - Guide to increasing accessibility in light and lighting - vision data and design considerations for better visibility and lighting for older people and people with disabilities," 2011.
- [22] S. R. Lord, S. T. Smith, and J. C. Menant, "Vision and falls in older people: Risk factors and intervention strategies," *Clin. Geriatr. Med.*, vol. 26, no. 4, pp. 569–581, 2010.

13. BRONNEN FIGUREN EN TABELLEN

13.1. FIGUREN

Figuur 1- rechts & figuur 44: Gary D. Sloan 2011, Presentation – Panel D perception and cognition, *International Conference on stairway usability and safety* (ICSUS – 06/2011), Toronto

Figuur 2 – links: Arnaud Deneyer 2003, '*Visueel comfort en normalisatie*', WTCB-Tijdschrift – Herfst 2003. p.33-43

Figuur 2 – rechts: Wouter Reyckaert & Peter Hanselaer 2013. *Technische fiches verlichting 'Belangrijke lichtgrootheden'*. Tecnolec, 36p.

Figuur 5 – 11: R.W.G. Hunt & M.R. Pointer 2011. *Measuring Colour – fourth edition*. John Wiley & Sons Ltd., 320p.

Figuur 12-13: ISO 24505 (2016) – Ergonomics, accessible design, method for creating colour combinations taking account of age-related changes in human colour vision

Figuur 14: ISO 9241-303 (2011) – Ergonomics of human-system interaction – part 303: requirements for electronic visual displays

Figuur 15, 76 & 77: CIE 196 (2011) – figure 10: Contrast sensitivity function by different authors for different age groups

Figuur 18: Brigh K., Cook G. & Harris J. 2004, *Colour, contrast & perception, design guidance for internal built environments*, The University of Reading, 32p.

Figuur 21 & 51 – links: Junge K. 2011, presentative '*Barrierefreiheit durch Kontraste – DIN 32975 – normative anforderungen und Hinweise zur praktischen Umsetzung*', DBSV

Figuur 22, 50 – links, 51 midden: Böhringer D. 2011. *Barrierefreie Gestaltung von Kontrasten und Beschriftungen*, Fraunhofer IRB Verlag, 136p.

Figuur 23 – links & figuur 25: Verheem M. 2015. Presentatie ‘*Customer experience in de zorg architectuur*’, ID-Lab, Kenniscentrum 60-plus

Figuur 23 – rechts: Vermolen H. 2015. Presentatie ‘*Customer experience in de zorg architectuur*’, AZ-Groeninge Kortrijk, Kenniscentrum 60-plus

Figuur 30: Lyons M. 2007. Presentatie ‘*Desiging for safe egress*’, NDA Ireland

Figuur 37, 40, 41, 43 links, 51 midden, 62 – Böhringer D. & Stemshorn A. 2013, ‘*Barrierefreie Treppen*’

Figuur 46: NBN S 23-002 – Glaswerk (figuur 9), 2007

Figuur 48 & 49: ISO 21542 (2011) – Building construction – accessibility and usability of the built environment

Figuur 51 – rechts: toegankelijkheidsbureau Westkans – www.westkans.be

Figuur 73, 74 & 75: Chain C. 2010, ‘*Le contraste visual pour les personnes malvoyantes, appliqué aux bandes d’éveil de vigilance (norme NF P98-351)*’, Certu

Figuur 81: BP P96-104 (2014), ‘*Accessibilité aux personnes handicapées – Signalétique de repérage et d’orientation dans les établissements recevant du public*’, Batipédia

13.2. TABELLEN

Tabel 3 & 4 – foto’s trap: Böhringer D. 2011. *Barrierefreie Gestaltung von Kontrasten und Beschriftungen*, Fraunhofer IRB Verlag, 136p.

Tabel 7 & 8: WTCB-Dossier 2005/02.02 ‘*Veiligheid en toegankelijkheid van gebouwen*’ & OIVO-rapport ‘*Ongevallen met bouwelementen – studie op basis van EHLASS-gegevens België 1998*’ (2001) – EHLASS = European Home and Leisure Accident Surveillance System

Tabel 13: P.M. Lenoir et al. 2010, ‘*New standard for the visual accessibility of signs and signage for people with low vision*’ (ANEC-DFA-2008-G-044-Annex 6rev)

Tabel 14: CIE 196 (2011) ‘*CIE Guide to increasing accessibility in light and lighting*’ – figure 2: Example of fonts with serif and without serif (sans-serif)