

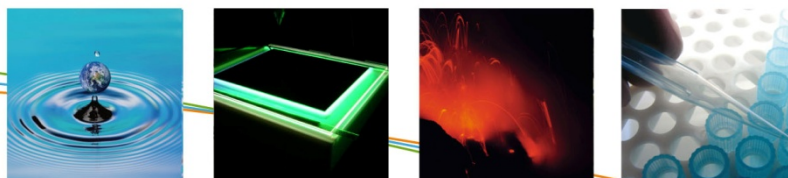
Eindrapport

Voorstel voor een wettelijk beoordelingskader voor de kleur van afvalwater

K. Tirez, J. De Wit, V. Corthouts

Studie uitgevoerd in opdracht van Aminal:
MIM/2004/R/87

Juni 2004



VITO NV

Boeretang 200 – 2400 MOL – BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 – Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be – www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 435-4508191-02 KBC (Brussel)
BE32 4354 5081 9102 (IBAN) KREDBEBB (BIC)

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

INHOUDSTAFEL

Hoofdstuk 1	Inleiding	5
Hoofdstuk 2	Definitie kleur [1,2]	6
2.1	Waarnemen van kleur	6
2.2	Interpretatie van een visuele waarneming	7
2.3	Analytische definitie van kleur	8
Hoofdstuk 3	Bespreking principe van kleurbepalingsmethoden	9
3.1	algemeen	9
3.2	Visuele methoden	9
3.2.1	Visuele inspectie	9
3.2.2	Visuele vergelijking (Pt/Co methode)	9
3.3	Spectrofotometrische methoden [1,2,8]	9
3.3.1	Methode gebaseerd op absorptiecoëfficiënt(en)	9
3.3.2	Methode gebaseerd op XYZ tristimulus waarden	9
3.3.3	XYZ tristimulus waarden en Yxy kleuruimte	12
3.3.4	CIE 1976 L*a*b* kleuruimte	13
3.3.5	Kleurverschil formules en tolerantie ellipsoïden	15
Hoofdstuk 4	Gestandaardiseerde procedures	19
4.1	Internationaal	19
4.2	Referentiemeetmethode Vlarem II	21
Hoofdstuk 5	Normering [3,4,5,6,7]	22
5.1	Internationaal	22
5.1.1	USA	22
5.1.2	Duitsland, Oostenrijk	22
5.1.3	De strategie t.o.v. kleurstofhoudend afvalwater in Nederland	22
5.1.4	Engeland	23
5.1.5	Zwitserland	23
5.1.6	Helsinki Commissie	23
5.2	Vlaamse wetgeving	24
5.2.1	Drinkwater	24
5.2.2	Zwemwater	24
5.2.3	Oppervlakte water	25
5.2.4	Grondwater	25
5.2.5	Afvalwater [9]	26
Hoofdstuk 6	Definiëren van eenduidig bepalingsmethode	27
6.1	Inleiding [10,11]	27
6.2	Experimenten	29

6.2.1	Theoretische modellering _____	29
6.2.2	Praktische uitvoering _____	33
Hoofdstuk 7	Monitoring kleur van afvalwater _____	37
7.1	<i>Relatie ΔE_{ab}^* en Vlaamse oppervlaktewater</i>	37
7.2	<i>Monitoring influenten en effluenten Vlaamse textielsector</i>	40
7.3	<i>Monitoring effluenten Vlaamse groenten verwerkende bedrijven</i>	43
7.4	<i>Besluit monitoring huidige Vlaamse situatie</i>	43
Hoofdstuk 8	Aanbevelingen beoordelingskader _____	44
8.1	<i>Huidig wettelijk beoordelingskader</i>	44
8.2	<i>huidige situatie</i>	44
8.3	<i>Voorstel beoordelingskader</i>	45
Hoofdstuk 9	Besluit _____	47

SAMENVATTING

Op vraag van de afdeling Milieu-inspectie van Aminal werd een evaluatie gemaakt van de analytische kleurbeoordeling van de kleur van bedrijfsafvalwater. In dit document wordt dieper ingegaan op de theoretische aspecten rond kleur- en kleurverschilmetingen van water en de bestaande internationale normeringskaders.

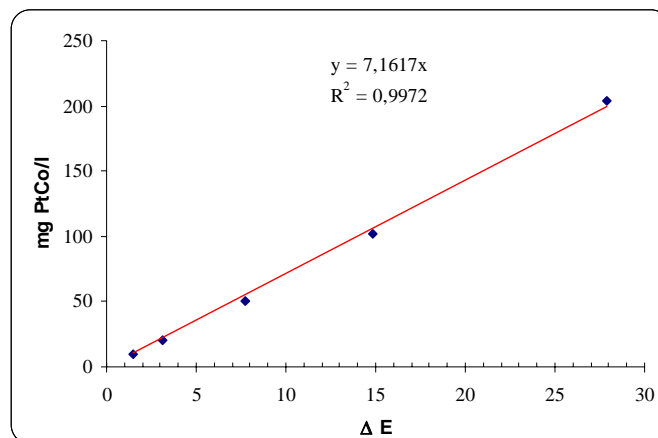
Daarnaast werd een voorstel van beoordelingskader voor de problematiek van gekleurd afvalwater afgeleid. De voorgestelde meetmethode moet het mogelijk maken om bij 'probleemlozingen' (bedrijven die sterk gekleurd afvalwater lozen zoals textiel, tankcleaning, grafische sector,...) en waarbij dit effectief hinder oplevert bij de ontvangende waterloop een voorstel in te dienen om een 'kleurnorm' als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning op te nemen. Het huidige voorstel omvat :

een eenduidige universele meetmethode : CIE 1976 totaal kleurverschil, ΔE^*_{ab}

De bepaling van het totaal kleurverschil in de CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) kleuruimte is onafhankelijk van de kleurtint (geel, rood, ...) en een maat voor de afstand tussen het kleurpunt en kleurloos. Het Euclidische kleurverschil, ΔE^*_{ab} , wordt berekend uit de kleurverschil coördinaten, ΔL^* , Δa^* , Δb^* . Deze methode is internationaal gestandaardiseerd door het CIE in volgende standaarden :

- [ISO 10526/CIE S005](#): joint ISO/CIE standard: CIE standard illuminants for colorimetry (1999)
- [ISO/CIE 10527](#): joint ISO/CIE standard: Colorimetric observers, 1991 (S002, 1986)

Daarnaast is er een lineair verband tussen ΔE^*_{ab} waarden en de huidige Pt/Co waarden.



Volgende randvoorwaarden worden gesteld aan de referentiemeetmethode :

1. Er wordt gebruik gemaakt van D65 standaard lichtbron
2. Er wordt gebruik gemaakt van de standard observer 10° voor de berekening van de XYZ tristimulus waarden.
3. Enkel de "echte kleur van water" werd bepaald d.w.z. na filtratie van het oorspronkelijke water op een $0.45 \mu\text{m}$ membraan filter
4. transmissies worden gemeten bij een optische weglengte van 50 mm.
5. het meettoestel wordt gekalibreerd met Milli-Q water (met een soortelijke weerstand van groter dan $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ bij 25°C)

De reproduceerbaarheid is beter dan 5 % en de ondergrens van deze methode bedraagt $0,5 \Delta E^*_{ab}$ - eenheden.

een voorstel van normeringskader gebaseerd op nationale en internationale regelgeving en uitgevoerde experimenten

Samengevat kan men stellen dat :

- op basis van nationale en internationale wetgeving

Bereik milieukwaliteitsnormen ΔE^*_{ab} – waarde van oppervlaktewaters : 5 - 15

ΔE^*_{ab} nieuwe vergunningsvoorwaarden van effluënten uit textielsector : 23 (Europese BREF “Reference Document on Best Available Techniques for Textiles Industry”)

- op basis van monitoring :

Bereik ΔE^*_{ab} – waarde van oppervlaktewaters : 0,5 - 10

Bereik ΔE^*_{ab} – waarde van effluënten uit textielsector na biologische zuivering : 40 - 70

Op basis van de monitoring gegevens werd de nood gevoeld om door een panel een normwaarde (of normbereik) op basis van ΔE^*_{ab} waarden voor te stellen. Alhoewel een kleur eenduidig kan gemeten worden, is het waarnemen van “visuele verontreiniging” een subjectief gegeven. Om deze reden werden een aantal Aminor inspecteurs uitgenodigd op Vito om een inschatting te krijgen van kleuren in relatie met ΔE^*_{ab} waarden.

Uit deze bevindingen werden twee leidraden afgeleid voor het opstellen van een kleurnorm als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning voor visuele verontreiniging van een effluent :

1. **absolute norm op effluent.** De streefwaarde die is opgenomen in het Europese BREF document (“Reference Document on Best Available Techniques for Textiles Industry”) bedraagt $\Delta E^*_{ab} = 23$. Door toepassen van biologische zuivering ligt momenteel echter de kleur van afvalwater van de gecontroleerde Vlaamse bedrijven tussen 40 – 70.

2. **effect van kleur op ontvangende waterloop.** Gezien kleurnorm enkel betrekking heeft op visuele verontreiniging dient visueel effect van effluent lozing op de ontvangende waterloop te worden nagegaan. Als leidraad kan hier verwezen worden naar milieukwaliteitsnormen van oppervlaktewaters die globaal onder een ΔE^*_{ab} – waarde van 10 liggen. Daarnaast verwijzend naar Vlarem II, bijlage 2.3.5 kan een bovengrens aan de toename van kleur opgelegd worden veroorzaakt door de lozing in het door deze lozing beïnvloede oppervlaktewater (bv. maximum ΔE^*_{ab} – stijging van 1,5).

Gelet echter op het verschil tussen de huidige voorstellen voor de kleur van afvalwater en de gemeten waarden bij reële afvalwaters en gelet op de aanzienlijke investerings- en exploitatiekosten voor de ontkleuring van afvalwater, lijkt het opleggen van een kleurnorm slechts mogelijk bij 'probleemlozingen' die effectief hinder opleveren voor de ontvangende waterloop. De normwaarde die dan als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning opgenomen wordt, zou dan kunnen vastgelegd worden na het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie waarbij het specifieke afvalwater bestudeerd wordt. Een leidraad voor ontkleuringstechnieken van afvalwater wordt gegeven in het BREF document (“Reference document on Best available Techniques for the textiles industry”, juli 2003). In dit document worden zowel preventieve maatregelen alsook een aantal end-of-pipe technieken vermeld.

HOOFDSTUK 1 INLEIDING

De afdeling Milieu-inspectie van Aminor wenst een eenduidig beoordelingskader voor de problematiek van gekleurd afvalwater.

Op dit ogenblik ontbreekt dit nagenoeg volledig en kan geen gerichte controle worden uitgevoerd. Een duidelijk beoordelingskader omvat minimaal volgende elementen :

- eenduidige meetmethode ; technisch uitvoerbaar, liefst algemeen toepasbaar
- een duidelijke norm ; gebaseerd op internationale of Europese regelgeving.

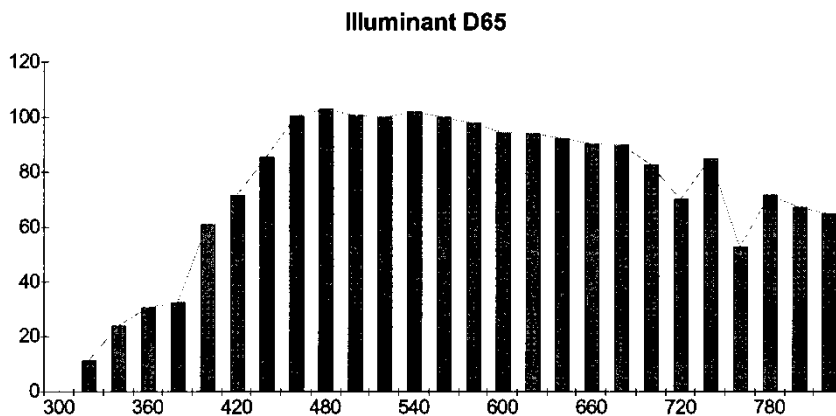
Een dergelijk beoordelingskader moet het mogelijk maken om bij 'probleemlozingen' (bedrijven die sterk gekleurd afvalwater lozen zoals textiel, tankcleaning, grafische sector,...) en waarbij dit effectief hinder oplevert bij de ontvangende waterloop een voorstel in te dienen om een 'kleurnorm' als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning op te nemen.

HOOFDSTUK 2 DEFINITIE KLEUR [1,2]

2.1 WAARNEMEN VAN KLEUR

De basiselementen voor het waarnemen van kleur zijn :

- Licht(bron) : licht van een lichtbron kan worden omschreven als relatieve energiestraling voor elke golflengte. Uitgezet in grafiek geeft dit een welbepaalde spectrale energie distributiecurve. Het is belangrijk een verschil te onderkennen tussen een lichtbron en een illuminant. Een lichtbron is een echte fysieke bron waarvan de spectrale energiedistributie door meting kan worden vastgelegd. Een illuminant daarentegen is een theoretische lichtbron. Voorbeelden van illuminanten zijn b.v. C (gemiddeld daglicht), D65 (gemiddeld noordelijk daglicht met UV). Kleurmeters omschrijven een lichtbron als een illuminant. In volgende figuur is de relatieve spectrale energie distributie weergegeven van standaard illuminant D65 (alle data zijn genormaliseerd naar een relatieve energie van 100 bij 560 nm).



- Object : een object geeft ons een bepaalde kleurindruk doordat het licht terugkaatst wat niet door dat object is geabsorbeerd. De spectrale energieverdeling van de lichtbron is van groot belang voor de kleur van het object zoals wij die waarnemen. Dit geldt ook voor transparante objecten.
- Lichtsensor : Ons oog is het instrument waar wij mee kijken. Het licht komt via het hoornvlies en de lens op de binnenkant van het oog. Het hoornvlies en de lens zorgen voor een omgedraaid beeld op de retina (netvlies). De hersens zorgen ervoor dat wij dit omgedraaide beeld toch als rechtopstaand ervaren. Op het netvlies treffen we twee typen gevoelige cellen aan, de kegeltjes en de staafjes. De staafjes bevatten allemaal hetzelfde pigment, rhodopsine en dienen voor het onderscheid tussen licht en donker. De kegeltjes zijn verdeeld in drie typen, allen met hun eigen pigment. De verhouding tussen deze kegeltjes onderling is ongeveer 40 – 20 – 1, respectievelijk voor rood, groen en blauw. De beschrijving hoe een gemiddeld persoon een kleur ziet werd door het CIE (Commission internationale de l'éclairage) vastgelegd als standard observer. De standard observer is de spectrale oog-gevoeligheidscurve van een gemiddeld waarnemer en werd in 1931 experimenteel vastgelegd als standard observer 2°, omdat het formaat van het beoordelingspunt bij de experimenten zodanig was gekozen dat de kijkhoek voor de waarnemer 2° was. Deze experimenten werden in 1964 overgedaan onder een kijkhoek van 10° om tot de definitie te komen van standard observer 10°.

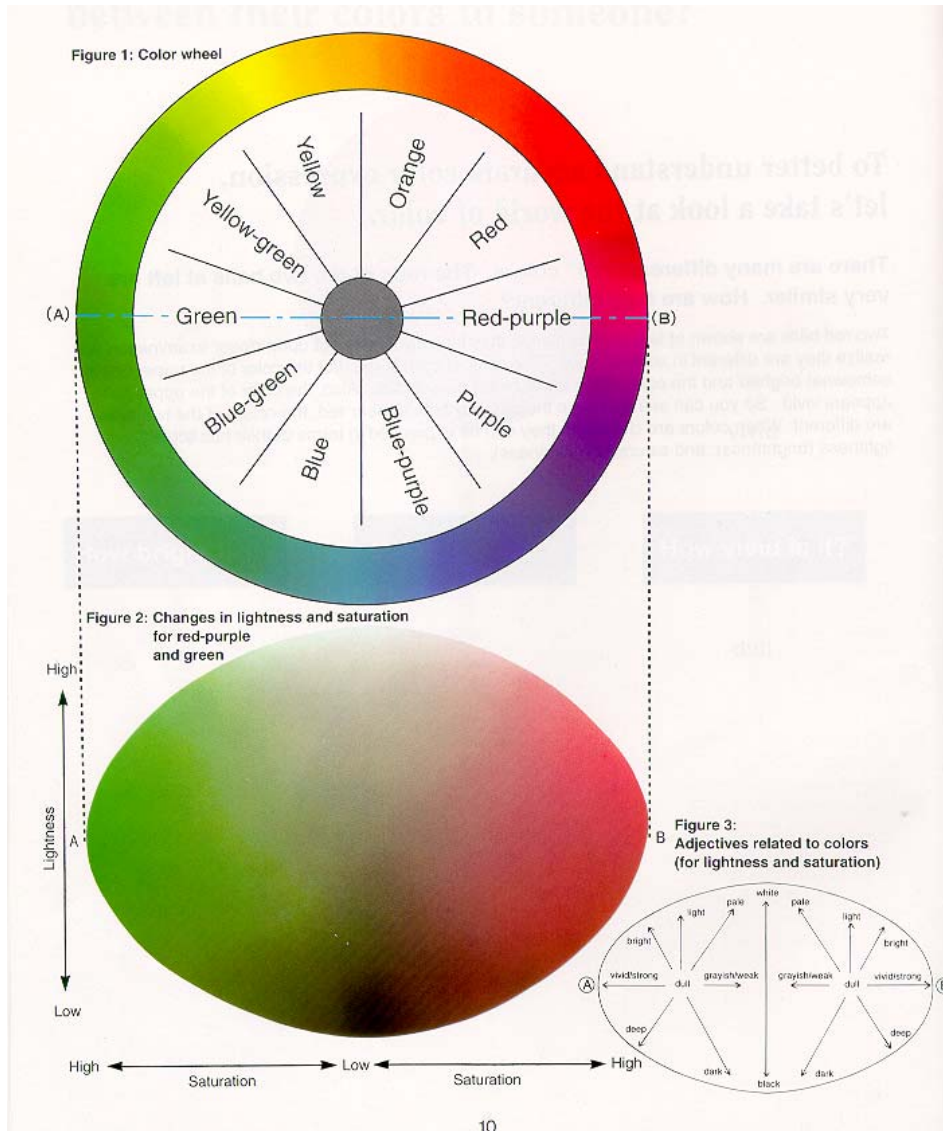
Om deze reden is bij het beschrijven van een kleur van een object de vermelding van lichtbron (gestandaardiseerd als illuminant) en lichtsensor (gestandaardiseerd als standard observer) van cruciaal belang voor een eenduidige beschrijving.

2.2 INTERPRETATIE VAN EEN VISUELE WAARNEMING

Een kleur kan beschreven worden aan de hand van volgende elementen :

- Kleurtint (Hue) : eigenschap van een visuele gewaarwording, waardoor een waargenomen gebied overeenkomt met een van de kleuren rood, geel, groen, blauw of een combinatie van twee van hen (CIE)
- Helderheid (Lightness) : de helderheid is een weergave van hoe donker of hoe helder een kleur is.
- Verzadiging (saturation) : is de volheid van een kleur in verhouding tot de helderheid.

In onderstaande figuur worden deze begrippen visueel voorgesteld.



2.3 ANALYTISCHE DEFINITIE VAN KLEUR

Onder de term "kleur" van water wordt verstaan de optische eigenschap die een verandering veroorzaakt van de spectrale samenstelling van het doorgelaten zichtbare licht. Verder wordt er een onderscheid gemaakt tussen de schijnbare kleur van water en de echte kleur van water. De schijnbare kleur van water is de kleur te wijten aan opgeloste stoffen en onopgeloste zwevende stoffen, bepaald in het oorspronkelijke water zonder filtratie of centrifugatie. De echte kleur van water is de kleur die enkel te wijten is aan opgeloste stoffen, bepaald na filtratie van het oorspronkelijke water op een 0.45 µm membraan filter.

Doorgaans wordt onder kleur in het kader van analytische bepaling de echte kleur verstaan (d.w.z. na filtratie) gezien de schijnbare kleur zowel turbiditeit als kleur omvat.

HOOFDSTUK 3 BESPREKING PRINCIPE VAN KLEURBEPALINGSMETHODEN

3.1 ALGEMEEN

In de literatuur zijn verschillende methoden beschreven voor de bepaling van kleur. Deze kunnen in twee categorieën worden verdeeld :

- De visuele (vergelijkings-)methoden
- De methoden die gebruik maken van een optisch instrument

In de volgende paragrafen worden in het kort de verschillende methoden besproken.

3.2 VISUELE METHODEN

3.2.1 VISUELE INSPECTIE

Het water wordt in een glazen fles gebracht en met het oog wordt het monster geïnspecteerd in verstrooid licht tegen een witte achtergrond. De intensiteit van de kleur (nihil, bleek, licht of donker) en de tint (bv. geel) kunnen worden gerapporteerd.

3.2.2 VISUELE VERGELIJKING (Pt/Co METHODE)

Bepaling van de geel bruine kleur van een monster kan worden uitgevoerd door visuele vergelijking met een serie oplossingen van platina en kobalt. Deze methode is toepasbaar voor meting van de kleur in drinkwater en andere waterige oplossingen waarvan de oorsprong van de kleur afkomstig is van natuurlijke substanties (humuszuren). Enkel door vergelijking van de geel bruine kleur van de oplossing met een identieke kleur van de Pt/Co oplossing levert zinvolle resultaten. De bij elkaar passende kleur van monster en standaardoplossing wordt vervolgens uitgedrukt in de overeenkomstige concentratie van de Pt/Co standaardoplossing (bv. 5 mg Pt/l)

3.3 SPECTROFOTOMETRISCHE METHODEN [1,2,8]

3.3.1 METHODE GEBASEERD OP ABSORPTIECOËFFICIËNT(EN)

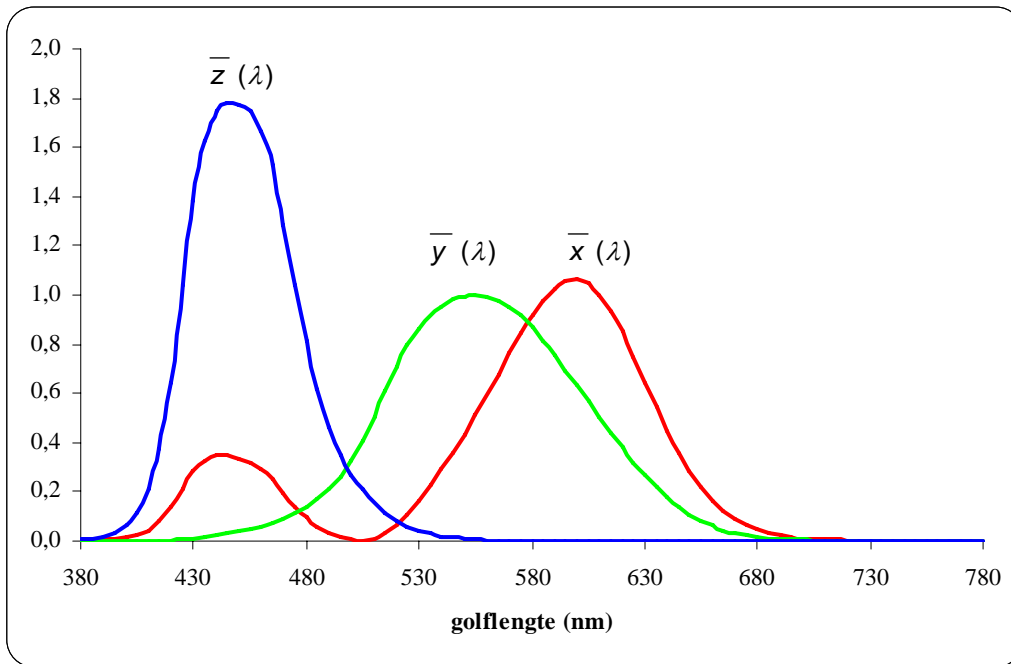
De intensiteit van de kleur van een waterig monster wordt gekarakteriseerd door zijn licht absorptie op de golflengte van maximale absorbantie en gekwantificeerd door meting van de absorptiecoëfficiënt met een spectrofotometer. Meest van de geel bruine natuurlijke waterige oplossingen kunnen gemeten worden bij 436 nm. Voor afvalwaters die geen scherpe en zich onderscheidende absorptie maxima vertonen wordt eveneens gemeten bij 525 en 620 nm. Voor een nog betere karakterisering kunnen op additionele golflengtes worden geanalyseerd. De kleur wordt gerapporteerd als de spectrale absorptie coëfficiënt(en) (in m^{-1}) bij de overeenkomstige golflengte(n).(bv. spectrale absorptie coëfficiënt 436 nm : $5,2 m^{-1}$)

3.3.2 METHODE GEBASEERD OP XYZ TRISTIMULUS WAARDEN

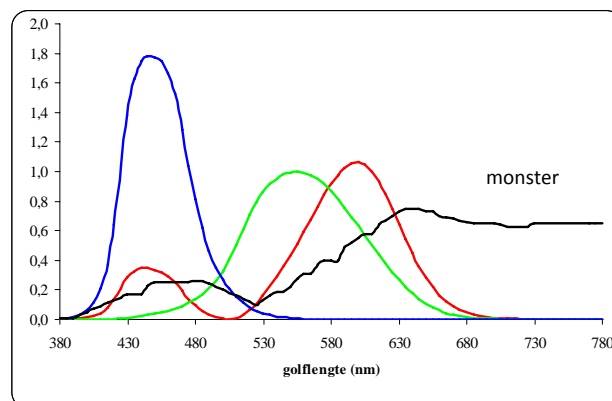
Het menselijk oog kan licht zien in het zichtbaar gebied (380 -780 nm). Echter, licht is niet hetzelfde als kleur. Licht wordt gedefinieerd als straling die het netvlies van het oog stimuleert en daardoor het zicht mogelijk maakt. Deze stimulans van het oog wordt overgebracht naar de hersenen, en daar wordt het concept van kleur voor het eerst gedefinieerd als zijnde de respons van de hersenen op de informatie verkregen van het oog.

Van de verschillende kleuren die het oog kan waarnemen worden rood, groen en blauw algemeen beschouwd als de drie primaire kleuren van licht. Dit is omwille van het feit dat het menselijk oog

drie types kegels (kleur sensoren) bezit, die gevoelig zijn aan de deze primaire kleuren en ons toelaten om kleur waar te nemen. De CIE (Commission internationale de l'éclairage) definieerde in 1931 de "standaard waarnemer kleurfuncties" $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ en $\bar{z}(\lambda)$, die eenzelfde spectrale gevoeligheid hebben als het menselijke oog. De kleur vergelijkende functie $\bar{x}(\lambda)$ heeft een hoge gevoeligheid in het rode golflengte gebied. De kleur vergelijkende functie $\bar{y}(\lambda)$ heeft een hoge gevoeligheid in het groene. De kleur vergelijkende functie $\bar{z}(\lambda)$ heeft een hoge gevoeligheid in het blauwe golflengte gebied. De kleuren die we zien, zijn een gevolg van de verschillende $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ en $\bar{z}(\lambda)$ stimuli in het licht dat we ontvangen van een object.



Het concept van de XYZ tristimulus waarden is dus gebaseerd op de drie kleur component theorie van de visuele waarneming van kleur, het oog bezit receptoren voor drie primaire kleuren (rood, groen en blauw) en alle ander kleuren worden als een mengsel van deze drie waargenomen. De XYZ tristimulus waarden worden berekend door integratie van deze standaard waarnemer kleur vergelijkende functies ($\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ en $\bar{z}(\lambda)$) en het transmissie spectrum van het monster (relatieve kleur stimulus functie $\tau(\lambda)S(\lambda)$). In onderstaand figuur zijn zowel de standaard waarnemer kleurfuncties weergegeven als een transmissie spectrum van een waterige oplossing.



Voor de berekening van de XYZ tristimulus waarden worden volgende formules gehanteerd:

$$X = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot d(\lambda)$$

$$Y = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot d(\lambda)$$

$$Z = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot d(\lambda)$$

$$K = \frac{100}{\int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d(\lambda)}$$

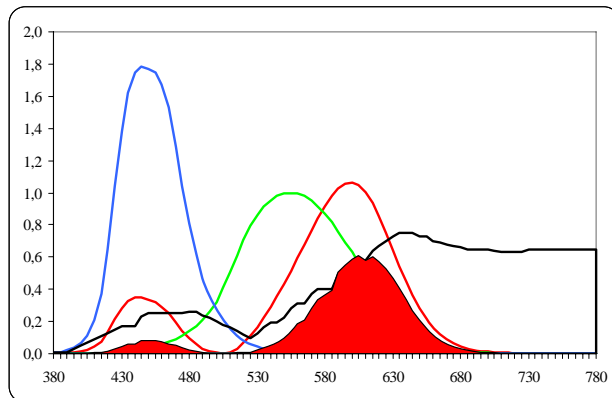
waarbij

$S(\lambda)$: relatieve spectraal vermogen van de lichtbron

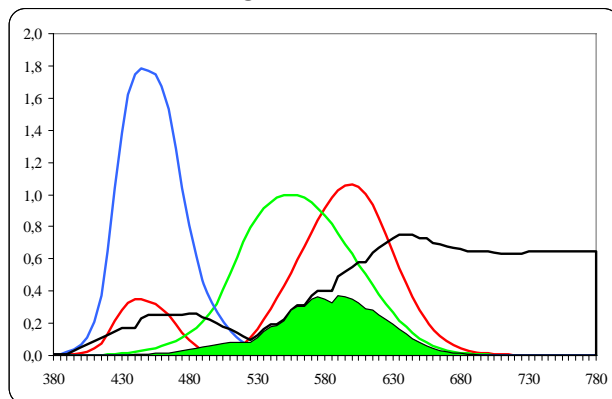
$\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ en $\bar{z}(\lambda)$: standaard waarnemer kleurfuncties (gedefinieerd door CIE)

$\tau(\lambda)$: spectrale transmissie

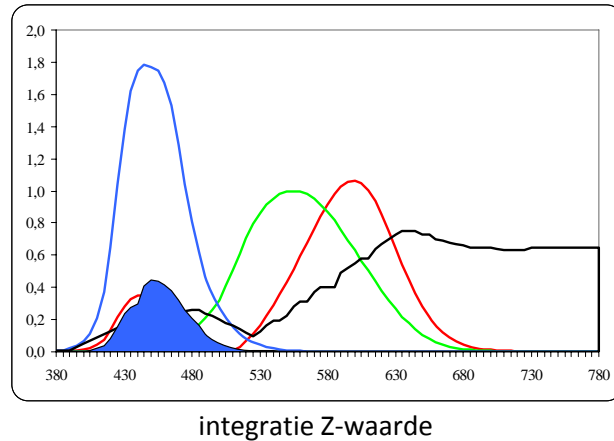
Een visuele weergave van deze integratie ter berekening van de XYZ tristimulus waarden is onderstaande figuren weergegeven.



integratie X-waarde



integratie Y-waarde



3.3.3 XYZ TRISTIMULUS WAARDEN EN Yxy KLEURRUIMTE

Teneinde een numerieke schaal te ontwikkelen voor kleurbepaling werd door het CIE de Yxy kleurruimte (1931) gebaseerd op de tristimulus waarden XYZ gedefinieerd.

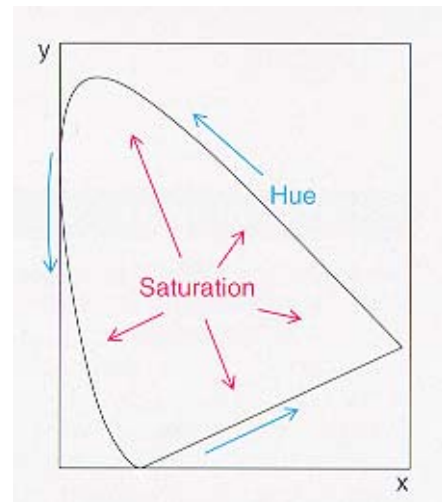
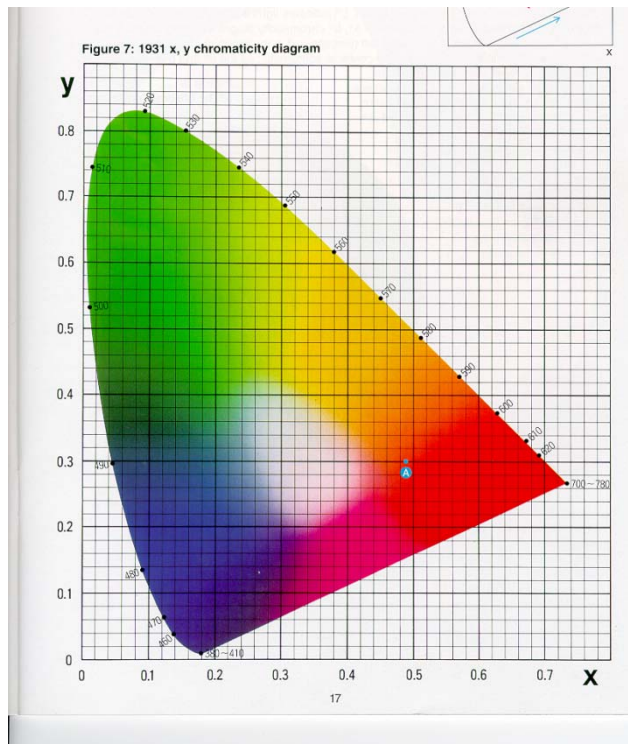
De tristimulus XYZ waarden zijn bruikbaar voor definitie van kleur, maar niet eenvoudig visueel weer te geven. Om deze reden werd eveneens een “kleurruimte” gedefinieerd om een kleur grafisch voor te stellen in twee dimensies onafhankelijk van de helderheid; dit is de Yxy kleurruimte. Hierin staat Y voor de helderheid (en is identiek aan de tristimulus Y waarde) en x en y zijn de kleurkwaliteitscoördinaten berekend op basis van de tristimulus XYZ waarden.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Een voorbeeld van een dergelijk x,y kleurkwaliteitsdiagram is weergegeven in onderstaande figuur.



Door uitzetten van de x, y coördinaten kan men uit bovenstaand diagram de dominante golflengte (in nanometer) afleiden en de zuiverheid (in percent). De kleur van de dominante golflengte kan afgeleid worden uit volgende tabel (in nanometer)

golflengte (nm)	kleur
400 – 465	purper
465 – 482	blauw
482 – 497	blauw- groen
497 – 530	groen
530 – 575	groenachtig geel
575 – 580	geel
580 – 587	geelachtig oranje
587 – 598	oranje
598 – 620	oranje – rood
620 - 700	rood

De kleur kan dan worden uitgedrukt in termen van dominante golflengte (in nanometer), kleur (zie tabel), helderheid (tristimulus Y waarde, percent) en zuiverheid (in percent).

3.3.4 CIE 1976 L*a*b* KLEURRUIMTE

De CIE 1976 L*a*b* kleurruimte is de huidige internationaal gestandaardiseerde kleurruimte om een kleur te definiëren. Deze kleurruimte werd door het CIE in 1976 gedefinieerd als antwoord op een tekortkoming van de Yxy kleurruimte, met name dat gelijke afstanden op het x,y kleurkwaliteit diagram niet overeenkomen met gelijk waargenomen kleurverschillen. In deze kleurruimte staat L* voor de helderheid en a* en b* voor de kleurkwaliteits- of chromaciteitscoördinaten. Deze waarden worden als volgt berekend :

$$L^* = 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16$$

de chromaciteitscoördinaten a^* en b^* :

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$

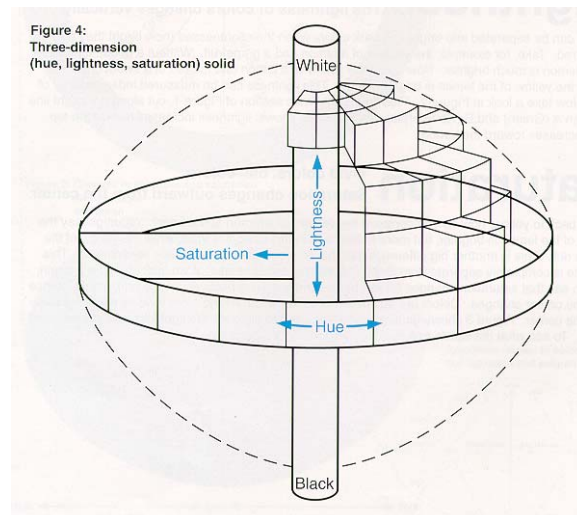
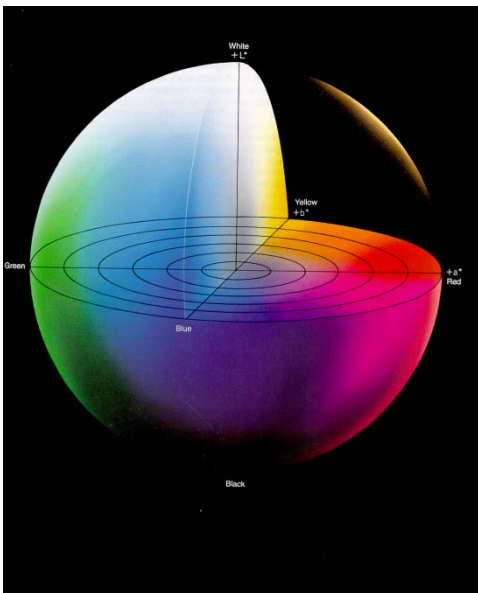
deze formules zijn enkel geldig als $X/X_n, Y/Y_n$ of $Z/Z_n > 0,008856$

waarbij :

X, Y, Z : tristimulus waarden

X_n, Y_n, Z_n : tristimulus waarden voor een wit of volledig transparent object.

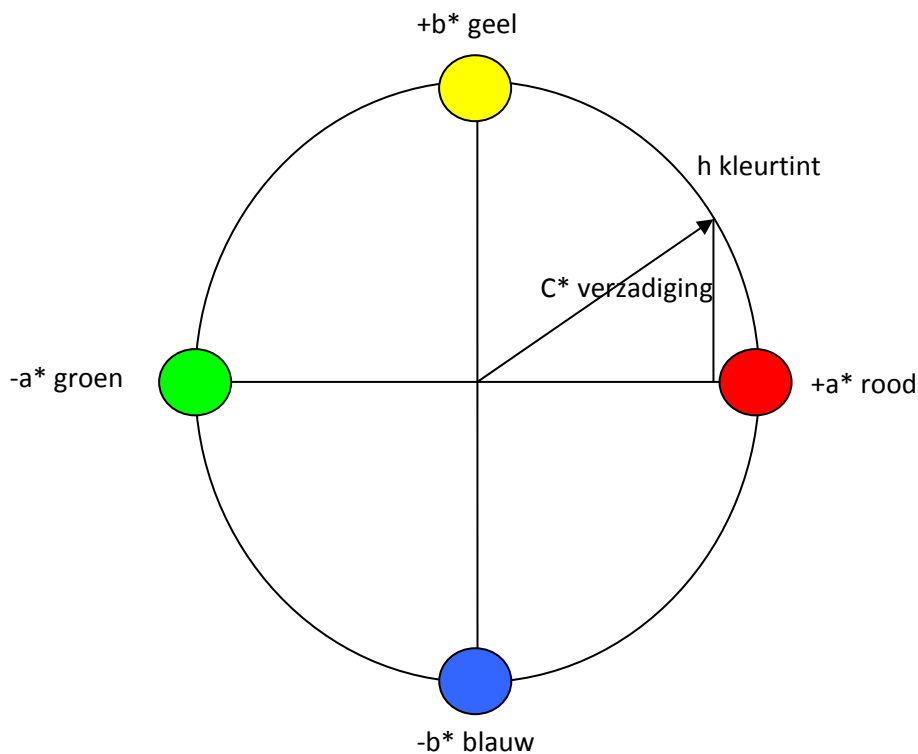
In onderstaande figuur wordt een voorstelling van de CIE 1976 $L^*a^*b^*$ kleurruimte gegeven



In de CIE 1976 $L^*a^*b^*$ kleurruimte zijn er drie assen :

- L^* is de verticale as en is een maatverdeling van de helderheid in een bereik van nul voor zwart en 100 voor wit (sommige fluorescerende kleuren hebben een L^* waarde groter dan 100).
- a^* is één van de twee horizontale assen en is een maatstaf voor de rood/groen verhouding. Een rode kleur zal een positieve a^* geven terwijl een groene kleur een negatieve waarde zal geven.
- b^* is de andere horizontale as en staat haaks op de a^* -as. Een positieve b^* waarde laat zien dat de gemeten kleur geel bevat, terwijl een negatieve waarde op blauw duidt;

In plaats van de cartesische coördinaten a^* en b^* te gebruiken, kunnen eveneens de polaire coördinaten gebruikt worden. In dit geval maakt men gebruik van de hoek en lengte van de vector en dit wordt de L^*C^*h kleurruimte genoemd.



C* is een maatstaf voor de verzadiging (Chroma) en wordt berekend vanuit het centrum (L* as) van de kleurruimte. Een waarde van nul voor de C* betekent dat er geen enkele kleur aanwezig is, m.a.w. de kleur is neutraal.

De waarde h (hue, kleurtint) geeft de hoek aan van de vector ten opzichte van de a*-as. De nulpositie wordt per definitie op de +a* (rood) geplaatst, zodanig dat men tegen de wijzers van de klok achtereenvolgens geel (90°), groen (180°) en blauw (270°) tegenkomt.

Door de getallen weer te geven als polaire coördinaten kan men sneller aanvoelen of een kleurverschil wordt veroorzaakt door een verschil in kleur of een verschil in verzadiging.

Voor de berekening van helderheid, chroma en kleur gelden volgende vergelijkingen :

- CIE 1976, L, helderheid

$$L^* = 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 \text{ voor } Y/Y_n > 0,008856$$

- CIE 1976 a,b Chroma

$$C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

- CIE 1976 a,b kleur -hoek

$$h_{ab} = \cot^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

Voor verdere literatuur wordt verwezen naar [15.2-1986: Colorimetry, 2nd ed.](#)

3.3.5 KLEURVERSCHIL FORMULES EN TOLERANTIE ELLIPSOÏDEN

De volgende componenten kunnen worden beschouwd met betrekking tot kleurverschillen :

- CIE 1976 verschil in helderheid

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$$

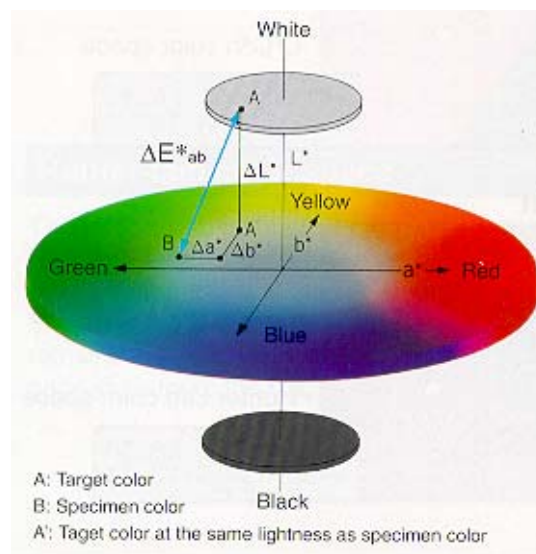
- CIE 1976 verschil in chroma

$$\Delta C^* = C_{ab,1}^* - C_{ab,2}^*$$

- CIE 1976 totaal kleurverschil, ΔE_{ab}^*

In de CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) ruimte kan een totaal Euclidische kleurverschil, ΔE_{ab}^* , berekend worden uit de kleurverschil coördinaten, ΔL^* , Δa^* , Δb^* :

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$



- CIE 1976 a,b kleurtintverschil

$$\Delta H_{ab}^* = \sqrt{(\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2}$$

Het kleurtintverschil, ΔH_{ab}^* , wordt als positief genoteerd als de kleurhoek groter wordt en negatief indien de hoek afneemt. Het totaal kleurverschil, ΔE_{ab}^* , is altijd positief. Beide waarden geven echter geen informatie van de mate waarin de kleur als verschillend wordt beoordeeld. Als bijvoorbeeld twee druppels rood bij een hoeveelheid witte verf worden toegevoegd, wordt een duidelijke kleurverandering waargenomen. Worden twee druppels rode verf aan een hoeveelheid zwarte verf toegevoegd zal vrijwel geen kleurverandering worden vastgesteld. In beide gevallen zal echter ongeveer eenzelfde ΔE_{ab}^* worden berekend.

Het probleem zoals hierboven geschetst is de visuele niet-uniformiteit van deze kleurruimtes wat betekent dat verschillende numerieke toleranties moeten toegepast worden voor kleuren van verschillende gebieden in de kleurruimte.

Het probleem ligt dus in de interpretatie van de gemeten reflectie of transmissie-data en het in relatie stellen van deze data met de beoordeling van de visuele observator. In 1976 waren +/- 13 kleurverschilformules in gebruik. Uit onderzoek (in jaren 1960) door Mc Laren en Jaekel (GB) werd besloten dat de kleurverschilformule van Adams-Nickerson-Lab-kleurruimte (ANLAB) het dichtst de

visuele beoordeling benaderde. De hieruit afgeleide ADMI tristimulus methode is een uitbreiding van de tristimulus methode. Met deze methode kan een maat van de kleur worden bekomen die onafhankelijk is van de kleur(tint). Het is gebaseerd op de Adams-Nickerson chromatische waarde formule voor berekening van enkelvoudige kleurverschil waarden. Als bijvoorbeeld twee kleuren, A en B, visueel evenveel verschillend van kleurloos worden beoordeeld, zal hun ADMI waarde gelijk zijn. Deze methode werd ontwikkeld door de American Dye Manufacturers Institute (ADMI).

Op basis van deze literatuur werd door de technische commissie van het CIE in 1994 een aanvulling op de CIE 1976 L*a*b* uniforme kleurruimte aanbevolen met betrekking tot het bepalen van kleurverschillen. De aanvulling heeft enkel betrekking op het bepalen van kleine kleurverschillen en houdt rekening met variaties in de grootte van het visueel waargenomen kleurverschil.

- CIE 1994 totaal kleurverschil, ΔE_{94}^*
Het totaal kleurverschil, ΔE_{94}^* , tussen twee gekleurde monsters is een gewogen Euclidische afstand in de CIE 1976 L*a*b* uniforme kleurruimte met rechthoekige kleurverschil componenten ΔL^* , ΔC_{ab}^* , ΔH_{ab}^* .
Een waargenomen kleurverschil grootte, ΔV , is gerelateerd aan het totaal kleurverschil door een sensitiviteitsfactor, k_E .

$$\Delta V = \frac{\Delta E_{94}^*}{k_E}$$

Het totaal kleurverschil, ΔE_{94}^* , is de afstand tussen twee gekleurde monsters in helderheid, chroma en kleurtint verschillen ΔL^* , ΔC_{ab}^* , ΔH_{ab}^* , met gewogen functies S_L , S_C , S_H en parameters k_L , k_C en k_H .

$$\Delta E_{94}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{k_H S_H}\right)^2}$$

De sensitiviteitsfactor, k_E , kan worden ingezet om te corrigeren voor variatie in visuele waarneming als gevolg van gewijzigde experimentele condities en is instrument gebonden. Onder de referentie condities geldt $k_L = k_C = k_H = 1$.

De gewogen functies S_L , S_C , S_H corrigeren het totaal kleurverschil voor variaties in waargenomen kleurverschil grootte als gevolg van de locatie in de CIE 1976 L*a*b* kleurruimte :

$$S_L = 1$$

$$S_C = 1 + 0,045 \cdot C_{ab}^*$$

$$S_H = 1 + 0,015 \cdot C_{ab}^*$$

Bijgevolg heeft de plaats in de kleurruimte een invloed op de grootte van het kleurverschil. Daarnaast kan worden afgeleid dat het tolerantievolume waarbinnen eenzelfde grootte van kleurverschil wordt waargenomen een ellipsoïde is. De assen van deze ellipsoïde hebben een lengte die omgekeerd evenredig is met de gevoeligheid van het oog in de corresponderende dimensie :

- halve as ΔL^* > halve as ΔC^* > halve as ΔH^*
daar het menselijk oog gevoelig is voor :
- in eerste instantie : afwijkingen in ΔH^* , tint, kleurtoon
- in tweede instantie : afwijkingen in ΔC^* , saturatie
- in derde instantie : afwijkingen in ΔL^* , helderheid

Voor verdere literatuur wordt verwezen naar

- *CIE 116-1995 Industrial colour-difference evaluation*
- *CIE 135/4-1999 Research Note: Reporter's report: Some recent developments in colour difference evaluation.*
- *CIE 142-2001 Improvement to industrial colour difference evaluation.*

waar aanvullingen worden gegeven over het observeren van kleurverschillen.

HOOFDSTUK 4 GESTANDAARDISEERDE PROCEDURES

4.1 INTERNATIONAAL

De commission Internationale de l'éclairage (CIE, international commission on illumination) is een organisatie met volgende doelstellingen (<http://www.cie.co.at/index.html>) :

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organizations concerned with matters related to the science, technology, standardization and art in the fields of light and lighting.

De CIE geeft standaarden, technische rapporten en aanbevelingen uit en werkt samen met de Europese commissie voor normalisatie (CEN). In het kader van deze studie werden volgende technische rapporten en aanbevelingen opgenomen :

- [15.2-1986](#): *Colorimetry, 2nd ed.*
Publication CIE 15.2-1986 is the second edition of the CIE Recommendations on Colorimetry, it is much enlarged and updated. It summarizes the CIE recommendations for colorimetry: for the standard illuminants, for the standard colorimetric observers, for the standard of reflectance factor, illuminating and viewing conditions of colorimetry, the calculations of tristimulus values, chromaticity coordinates and colour differences, and for various other colorimetric practices and formulae.
- *CIE 116-1995 Industrial colour-difference evaluation*
Recommended practice for industrial colour-difference evaluation is presented. The recommended model is an extension of the CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) colour-difference model with correction for chroma-dependent variation in colour-difference perception. Reference conditions define material and viewing environment characteristics to which the colour-difference model applies. Factors are introduced to correct for the parametric effects of various conditions of use. Guidelines for further research on colour-difference perception are given.
- *CIE 135/4-1999 Research Note: Reporter's report: Some recent developments in colour difference evaluation.*
A compressed overview is given of developments in colour-difference evaluation that trace back to the early beginnings by MacAdam. The correlation of colorimetric measures of coloured samples with judgements on small colour differences follows normal statistics, but in a three-dimensional space. A wide diversity of experimental conditions in investigations of the colour-difference effect made comparisons of different studies troublesome. Some external influential factors could be identified. Recently developed data sets resulted from much better control of experimental conditions. They form a new basis for deriving colour difference formulae. The CIE is the international body to

encourage field research for optimising new colour-difference formulae. The various stages for recommending formulae and exchanging extensive investigation documents make a close link between practitioners and theorists, however, in general industrialists have a faster response. Nonetheless, the CIE still remains the mother-body for international discussion and agreement. Recent developments in colour-difference evaluation show an acceleration of the work of CIE TCs. Their studies first improved the CIELAB-formula, and second now try to fill the gap between the CIE94 and the older CMC(l:c) solutions. A new idea is introduced to optimise the formalism of a formula not at the components of differential terms, but at the co-ordinates which keeps the vector definition of colour-difference as in the CIELAB-formula. An international discussion is proposed on this aspect as a forthcoming step to further improvement of colour-difference evaluation.

- *CIE 142-2001 Improvement to industrial colour difference evaluation.*
In this Technical Report recommended practice for industrial colour-difference evaluation is presented. The recommended model is an extension of the CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) colour-difference model with corrections for variation in colour-difference perception dependent on lightness, chroma, hue and chroma-hue interaction. The corrections for the chroma dependence of chroma and hue differences in the CIE94 model have been retained and supplemented by several additional corrections based on new experimental data and analysis. Reference conditions define material and viewing environment characteristics to which the colour-difference model applies. Factors are introduced to correct for the parametric effects of various conditions of use

Daarnaast werden vanuit CIE en in samenwerking met de International Organisation for Standardisation (ISO) eveneens publicaties uitgegeven :

- [ISO 10526/CIE S005](#): joint ISO/CIE standard: CIE standard illuminants for colorimetry (1999)
- [ISO/CIE 10527](#): joint ISO/CIE standard: Colorimetric observers, 1991 (S002, 1986)

Naar meetmethode van kleur toe, zijn – naast deze van het CIE - eveneens volgende standaarden beschikbaar :

- [ISO 7887:1994](#) Water quality -- Examination and determination of colour (deze norm is eveneens vertaald in Belgische norm NBN EN ISO 7887:1195).
Deze standaard methode beschrijft drie methoden voor de bepaling van kleur :
 1. visuele inspectie
 2. optische methode gebaseerd op absorptiecoëfficiënt(en)
 3. visuele vergelijkingsmethode (Pt/Co methode)
- Standard methods for the examination of water and wastewater.
Deze standaard methode beschrijft vier methoden voor de bepaling van kleur :
 1. 2120 B : visuele vergelijkingsmethode (Pt/Co methode)
 2. 2120 C : spectrofotometrische methode
 3. 2120 D : Tristimulus filter methode
 4. 2120 E : ADMI Tristimulus filter methode
- DIN 5033-1, Publication date:1979-03, Colorimetry; basic concepts

4.2 REFERENTIEMEETMETHODE VLAREM II

In de huidige Vlarem II wetgeving (B.Vl.R. 14 mei 2003 (B.S. 14 april 2003)) wordt volgende referentiemeetmethode opgegeven :

BIJLAGE 4.2.5.2. Controle en beoordeling van de meetresultaten op lozingen van bedrijfsafvalwater, Art. 4. Meetmethode, § 1. Voor de controle op de naleving van de emissiegrenswaarden, dient voor de volgende parameters de referentiemeetmethode met waarnemingsdrempels, precisie en nauwkeurigheid toegepast zoals hierna aangegeven:

parameter referentiemethode	waarnemingsdrempel in mg/l	precisie ±	nauwkeurigheid ±	referentie-meetmethode
kleuring	5	10 %	20 %	filtreren over een glasvezelmembraan fotometrie met toepassing van de Pt/Co- schaal

HOOFDSTUK 5 NORMERING [3,4,5,6,7]

5.1 INTERNATIONAAL

Verschillende landen hebben emissie- en immissielimieten voor kleur opgenomen.

5.1.1 USA

De initiële richtlijnen voor tapijtveredelingsafvalwater in de USA legden een maximum van 225 Pt/Co eenheden, op welke later herroepen werd. Momenteel blijkt een kleurnorm terug in overweging te worden genomen wat voor gevolg gaat hebben dat een lozing op RWZI's pas zal kunnen na voorafgaande ontkleuring.

5.1.2 DUITSLAND, OOSTENRIJK

De kleur normen in de Duitse textiel afvalwater zijn gebaseerd op de absorptie op 3 golflengten : 436 nm (geel), 525 nm (rood) en 620 nm (blauw). De overeenkomstige normen (DFZ waarden, Durchlässigkeitsfarbzahl) bedragen

golflengte	436 nm	525 nm	620 nm
absorptie/meter (DFZ)	7	5	3
Optische Densiteit	0,07	0,05	0,03

$$\text{Waarbij } DFZ = \frac{A \cdot 1000}{d}$$

A : absorptie

D : lengte van de cel in mm

Volgens het ontwerp van de Anhang 38 (textiel) Abwasser VwV, dient de toelaatbare kleur bepaald uit de maximale absorptie bij drie golflengten. De voorgestelde emissielimiet zou overeenkomen met een maximale concentratie van 1,5 mg/l.

Baden Württemberg stelt dat gekleurd water maar in die mate mag worden geloosd op de RWZI's voor zoverre de ontkleuring gewaarborgd is. Baden Württemberg baseert zich op metingen van de lichtabsorptie bij geselecteerde golflengten en leidt daaruit richtwaarden af voor de lozing van textiel afvalwaters .

5.1.3 DE STRATEGIE T.O.V. KLEURSTOFHOUDEND AFVALWATER IN NEDERLAND

Kleurstoffen worden als schadelijk aanzien wegens persistentie en mogelijke toxiciteit. Aangezien de selectie en substitutie van de meeste van de schadelijke kleurstoffen niet praktisch lijkt en gezien het gebrek aan eco-toxicologische data is beslist te opteren voor het terughouden van kleurstofconcentraten, gevolgd door de behandeling van de kleurstofhoudende afvalwaters met 90%.

Residuele baden, residuele pasta's en het water nodig voor de verzameling van de overschotconcentraten wordt gedefinieerd onder concentraten. De stopzetting van de lozing van kleurstofconcentraten kan worden gerealiseerd door de verwijdering door derden of door de behandeling van afvalstromen in eigen beheer. In het kader van de integralen milieu impact (afval

en energie) lijkt het wenselijk de aandacht toe te spitsen op vergaande preventiemaatregelen om te voorkomen dat afvalstromen worden getransfereerd naar andere compartimenten van het milieu.

5.1.4 ENGLAND

De Seven Trent kleurstandaard voor oppervlaktewater en voor lozingswater gebruikt spectrofotometrische absorptiemetingen bij 7 golflengten (400 tot 700 nm om de 50 nm). Seven Trent hecht een veel hoger belang aan de lichtabsorptie bij 700 nm dan aan die bij 400 nm. Nochtans ziet het oog géén van deze twee golflengtes. Het oog heeft een maximale gevoeligheid bij 555 nm. De getabelleerde standaardwaarden komen overeen met verfstof concentraties van 0,1 tot 1 ppm.

Kleur kwaliteitsobjectieven (EQS) zijn eveneens vastgelegd.

V.K. maximale absorptie eenheden/meter

golflengtes (nm)	400	450	500	550	600	650	700
Plaats:							
Leek	7	4	3,5	2,5	2,5	1,5	-
Pinxton	4,7	2,7	2,3	1,9	1,6	0,8	0,4
Wanlip	3,5	2,3	2	2,1	1,2	1,2	0,8
Wigston	3,4	2,9	1,7	1,6	1,4	1,4	0,7
Loughborough	3,1	1,9	1,3	1,2	1,2	1,1	0,3
EQS (objectieven)	2,5	1,5	1,2	1	0,8	0,5	0,3

5.1.5 ZWITSERLAND

De Zwitserse norm voor afvalwaterlozing in oppervlaktewater van 1975 stelt in verband met kleur 'door de afvalwaterlozing mag het oppervlaktewater niet verkleuren.

Zwitserland tracht via samenwerking tussen BWL (Bodem, Wasser, Luft Gruppe), instituten, overheid en bevolking de grenswaarden van gekleurd afvalwater bij lozing in oppervlaktewater te bepalen. Eerst wordt de standplaats van de groep waarnemers bepaald, de mengfaktor wordt bepaald en een objectieve meting van de schijnbare kleur met fotometers wordt uitgevoerd aangezien de methode op alle plaatsen dezelfde moet zijn. De mogelijkheden hiervoor zijn: vergelijken met standaardoplossingen of gekleurd papier, reflectiemetingen en vergelijking met standaardfilters, fotometrie over een bepaald golflengtegebied waarbij golflengte(s) en weglengte moeten vastgelegd zijn. Hierbij werd gebruik gemaakt van tristimuluscolorimetrie. In Zwitserland was (is) "rood" als meest opvallende "vervuiling" aanleiding om ipv de sferische coördinaten (ΔE CIElab) ellipsoïde schalen te gebruiken. Alles wat binnen de ellipsoïde valt is aanvaardbaar.

5.1.6 HELSINKI COMMISSIE

De HELCOM draft aanbeveling (Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission, Draft HELCOM Recommendation, Oct/Nov 1994, for adoption March 1995) voorziet vanaf 2000 voor bestaande bedrijven

- geen lozing in afvalwater van vloeibare of vaste ongebruikte concentraten (bv. resten van kleurstoffen of drukpasta's)
- de volgende limietwaarden mogen niet overschreden worden voor emissie in oppervlaktewaters:

spectrale lichtabsorptie bij	436 nm	7 m-1
	525 nm	5 m-1
	620 nm	3 m-1

Andere bepalingsmethodes zijn toegelaten als aangetoond wordt dat de resultaten vergelijkbaar zijn.

5.2 VLAAMSE WETGEVING

5.2.1 DRINKWATER

In de bijlagen van de huidige Vlaamse wetgeving (B.Vl.R. 14 mei 2003 (B.S. 14 april 2003)) wordt meerdere malen verwezen naar een bepaling van de kleur van water en is eveneens een referentiemeetmethode opgegeven.

BIJLAGE 2.3.2. Milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater, bestemd voor drinkwaterproductie
 Art. 1. § 1. De fysische, chemische en microbiologische eigenschappen waaraan het oppervlaktewater in Vlaanderen, bestemd voor de productie van drinkwater, dient te voldoen zijn aangegeven in de hierna volgende tabel:

	Parameters	Eenheden	Grenswaarde	waarde
2	Kleuring (na eenvoudige filtering)	mg/l Pt-schaal	200(O)	I

(O) uitzonderlijke geografische omstandigheden

§3. De in dit artikel bedoelde monsternames en analyses worden uitgevoerd door, of in opdracht van, de Vlaamse Milieumaatschappij.

Parameters		A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	
2	Kleuring (na eenvoudige filtering)	mg/l Pt-schaal	10	20 (O)	50	100 (O)

I = imperatief
 G = richtgetal
 O = uitzonderlijke geografische of weersomstandigheden

Opmerking : in Vlaanderen zijn geen oppervlaktewaters aangeduid als behorende tot de groepen A1 of A2.

5.2.2 ZWEMWATER

BIJLAGE 2.3.3. Milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater met de bestemming zwemwater
 Art. 1. § 1. De milieukwaliteitsnormen waaraan de zwemwaters van alle badzones moeten voldoen zijn aangegeven in de hierna volgende tabel:

Parameters	Grenswaarde	Minimum bemonsteringsfrequentie	Analyse/Inspectiemethode	
Fysisch-chemische				
7	Kleuring	geen abnormale kleurwijziging (1)	halfmaandelijks (1)	Controle op zicht

(1) Wanneer bemonstering in voorgaande jaren duidelijk betere resultaten heeft opgeleverd dan die vastgesteld in deze bijlage en wanneer zich geen enkele voorwaarde heeft voorgedaan die de kwaliteit van het water kan verminderen, kunnen de bevoegde autoriteiten de bemonsteringsfrequentie met een factor 2 verminderen.

5.2.3 OPPERVLAKTE WATER

BIJLAGE 2.3.5. Milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater, bestemd voor schelpdieren
Art. 1 § 1. De milieukwaliteitsnormen waaraan de schelpdierwaters in alle als dusdanig aangeduide schelpdierwaterzones dienen te voldoen zijn aangegeven in de hierna volgende tabel:

VEREISTE KWALITEIT VAN SCHELPIERWATER			
Parameters	Grenswaarden	Referentie-analysmethoden	Minimum bemonsterings en metingsfrequentie
3. Kleuring (na filtering) mg Pt/l	De kleur van het water na filtering, veroorzaakt door een lozing, mag in het door deze lozing beïnvloede schelpdierwater niet meer dan 10 mg Pt/l afwijken van de kleur die is gemeten in de niet-beïnvloede wateren	Membraanfiltratie (0,5 µm) Fotometrie met toepassing van de Pt/Co-schaal	Driemaandelijks

5.2.4 GRONDWATER

BIJLAGE 2.4.1. Milieukwaliteitsnormen voor grondwater

A. Organoleptische parameters

Parameters	Opgave van de uitkomsten (1)	Richtniveau (RN)	Maximaal toelaatbare concentratie (MTC)	Opmerkingen
1. Kleur	mg/l Pt/Co schaal	1	20	

5.2.5 AFVALWATER [9]

Een voorstel van de Vlaamse Milieumaatschappij tot aanpassing van nieuwe vergunningsvoorwaarden voor textiel in de Vlaamse milieuwetgeving op basis van de Europese BREF "Reference Document on Best Available Techniques for Textiles Industry", stelt als meetmethode de bepaling van de absorptiecoëfficiënt op 3 golflengtes voor (naar analogie Duitse sectorale norm voor textiel).

Kleur, spectrale absorptiecoëfficiënt bij	
436 nm (geel)	7m^{-1}
525 nm (rood)	5m^{-1}
620 nm (blauw)	3m^{-1}

HOOFDSTUK 6 DEFINIËREN VAN EENDUIDIG BEPALINGSMETHODE

6.1 INLEIDING [10,11]

De kleur van water wordt als 'ware kleur' of als 'schijnbare kleur' gedefinieerd. De ware kleur is de kleur van het water zonder de turbiditeit. Schijnbare kleur omvat alle kleur, zowel deze in oplossing als deze te wijten aan gesuspendeerde stoffen.

Verskillende factoren beïnvloeden de perceptie van gekleurde oppervlaktewaters of van lozingen. Deze factoren omvatten de kleurtint van het water, (rood wordt minder natuurlijk aanzien dan groen en blauw terwijl violet en purper speciaal de aandacht trekken), turbiditeit, diepte van het water, licht, natuur van de bedding, schaduw, plaats van de waarnemer en natuurlijk de concentratie van de kleurstof zelf...

- blauw, groen, geel = rein, fris, zuiver
- bruin, grijs = vuil
- oranje, rood, violet = ongewenst

Dikwijls beschrijft de waarnemer de kleur van een oppervlaktewater als 'zwart', ook al is het water quasi kleurloos en doorschijnend. Dat het water 'zwart' is heeft dan enkel te maken met de totale lichtabsorptie door het bodemslib. De opinie is dus zeer subjectief, en kleur op zichzelf, zonder al de vernoemde complicaties, is een subjectieve ervaring.

Om standaarden (grenswaarden, normen) te stellen aan de kleur van het oppervlakte- en lozingswater dient de emotionele waarnemer vervangen te worden door een aantal metingen. Eén van deze metingen is de beoordeling van de 'kleur' waarbij de menselijke waarneming wordt gesimuleerd en gestandaardiseerd. Zo kunnen met een fotometer + computer het oog en de hersenen worden vervangen waarbij de interpretatie van een gemiddelde standaardwaarnemer wordt nagebootst.

Meting van de schijnbare kleur of van de ware kleur van het water maakt min of meer abstractie van de invloedsfactoren; de achtergrond is kleurloos of wit, zowel het licht als de weglengte van het licht, de invalshoek en uitvalshoek van het licht, de gevoeligheidscurven van het oog van de standaardwaarnemer worden allemaal vastgelegd. Er wordt zelfs zover gegaan dat ook abstractie wordt gemaakt van de kleurtint en dus enkel een kleursterkte wordt verkregen. Hierbij wordt aan alle verzadigde kleurtonen een zelfde waarde gegeven (homogene kleurenruimte).

Een gestandaardiseerde methode voor het meten van de kleur van water is de platina-kobalt schaal (Pt/Co). Deze methode werd uitgewerkt voor de meting van de kleur van natuurlijk water met een okergele tint en werd in eerste instantie subjectief uitgevoerd. Hiervoor zijn colorimeters of comparatoren beschikbaar waarmee de kleur van natuurlijk 'okergeel' water visueel wordt vergeleken met een reeks standaarden van de Pt/Co schaal.

De Pt/Co methode is analoog met deze beschreven in 'Standard Methods for the examination of Water and Waste Water of the American Public Health Assn.' en gerefereerd als 'APHA - color'. Het wordt aanbevolen deze term en ook de term 'Hazen color' niet te gebruiken.

Het beoordelen van afvalwater of oppervlaktewater met een andere tint dan okergeel (eigen aan de platina/kobalt schaal) is voor de subjectieve waarnemer niet eenvoudig. De waarnemer moet abstractie maken van de tint. De mens is hiertoe moeilijk in staat. Hij wordt daarboven nog

emotioneel beïnvloed. Rood wordt door sommigen strenger beoordeeld dan blauw, en de beoordeling hangt af van de context waarin de waarneming gebeurt (ecologisch...).

Het vervangen van de mens als waarnemer door een instrumentele techniek is pas toe te passen als er een duidelijke relatie kan gemaakt worden met de visuele menselijke waarneming. De instrumentele meting moet dus o.m. rekening houden met de presentatie van het te beoordelen staal, de kwaliteit van het invallende licht, de gevoeligheidscurven van het oog en de interpretatie door de hersenen.

Een water kan in reflectie, in transmissie, of onder om het even welke hoek met het invallende licht worden beoordeeld. Het licht kan monochromatisch of polychromatisch zijn met min of meer gestandaardiseerde karakteristieken (A,B,C, D-65 of daglicht...). De standaardwaarnemer ziet licht tussen 400 en 700 nm met een maximale gevoeligheid bij 555 nm.

Het elimineren van de kleurtint uit de beoordeling, of nog sterker het geven van een reproduceerbaar gelijkvormig gewicht aan de tint is uitermate ingewikkeld. Technieken zijn dus vereist om facet per facet van het 'kleuren zien' na te bootsen voor een standaardwaarnemer.

Verschillende landen en laboratoria beoordelen (én normeren) 'kleur' van water door metingen van de lichtabsorptie bij één of meerdere golflengtes. Maximale absorpties worden dan soms opgelegd die van golflengte tot golflengte kunnen verschillen (Seven Trent). Dit is geen echte weging en is zeer subjectief, en de resultaten staan ver af van wat men 'ziet'.

Als het water okergeel is dan kan natuurlijk de absorptie van het water vergeleken worden met de absorptie van het licht voor de okergele platina-kobalt standaarden; maar wat als het water rood, blauw, groen of gelijk welke andere tint van het spectrum heeft...

Om dit op te lossen dient in eerste instantie abstractie gemaakt te worden van de kleurtint. Dit kan door (spectro)fotometrische meting over het hele visuele spectrum, door weging van de lichtabsorpties met de sterkte van de gekozen standaard lichtbron (D-65 licht) en door weging van de absorpties met de standaardgevoeligheidskurve van het oog. De waarden van de kleur (x,y,z) in de kleurenruimte (X,Y,Z) worden dan getransformeerd naar een homogene kleurenruimte. In deze homogene kleurenruimte bepaalt L^* de licht-donker waarde, a^* , b^* de chromaticiteit (verzadiging en tint) en is de vektor ΔE_{ab}^* een maat voor de afstand tussen het kleurpunt en kleurloos.

6.2 EXPERIMENTEN

6.2.1 THEORETISCHE MODELLERING

Op basis van de standaarden :

- [ISO 10526/CIE S005](#): joint ISO/CIE standard: CIE standard illuminants for colorimetry (1999)
- [ISO/CIE 10527](#): joint ISO/CIE standard: Colorimetric observers, 1991 (S002, 1986)

werd in Excel de berekening van de L*a*b*-waarden en bijhorende ΔE^*_{ab} geprogrammeerd hierbij rekening houdend met volgende randvoorwaarden :

1. Er werd gebruik gemaakt van D65 standaard lichtbron
2. Er werd gebruik gemaakt van de standard observer 10° voor de berekening van de XYZ tristimulus waarden.

Op basis van de normering beschreven in § 5.1 werden voor de verschillende normwaarden de overeenkomstige ΔE^*_{ab} theoretisch afgeleid. Als voorbeeld wordt de afleiding van de berekening overeenkomstig het voorstel van de Vlaamse Milieumaatschappij tot aanpassing van nieuwe vergunningsvoorwaarden voor textiel in de Vlaamse milieuwetgeving weergegeven.

Kleur, spectrale absorptiecoëfficiënt bij	
436 nm (geel)	$7m^{-1}$
525 nm (rood)	$5m^{-1}$
620 nm (blauw)	$3m^{-1}$

Op basis van de wet Lambert-Beer :

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \log \frac{1}{T}$$

kan voor de gegeven absorpties, een overeenkomstige transmissie worden berekend bij gebruik van 1 cm kuwet :

436 nm = 85,1 %

525 nm = 89,1 %

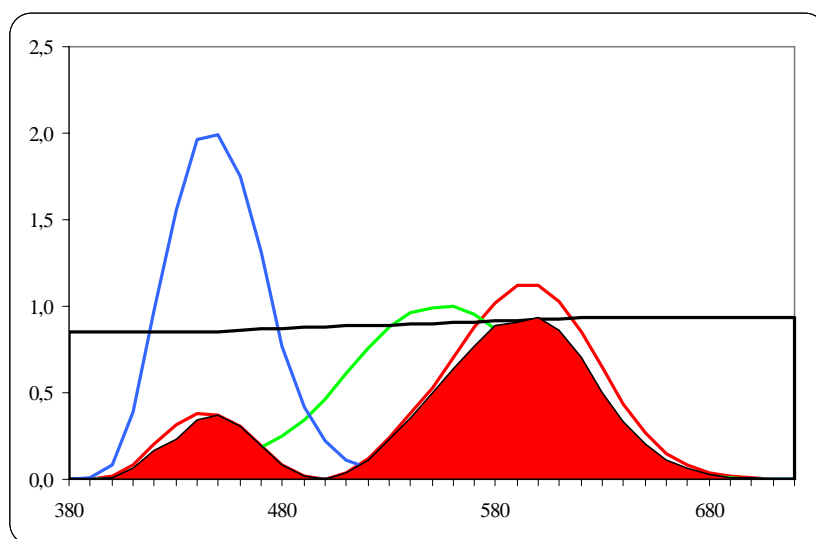
620 nm = 93,3 %

Gezien voor de berekening van de L*a*b*-waarden, en bijhorende ΔE^*_{ab} , de transmissie waarden over het hele zichtbaar gebied noodzakelijk zijn, werd tussen deze 3 golflengtes de overige transmissie waarden lineair geïnterpoleerd.

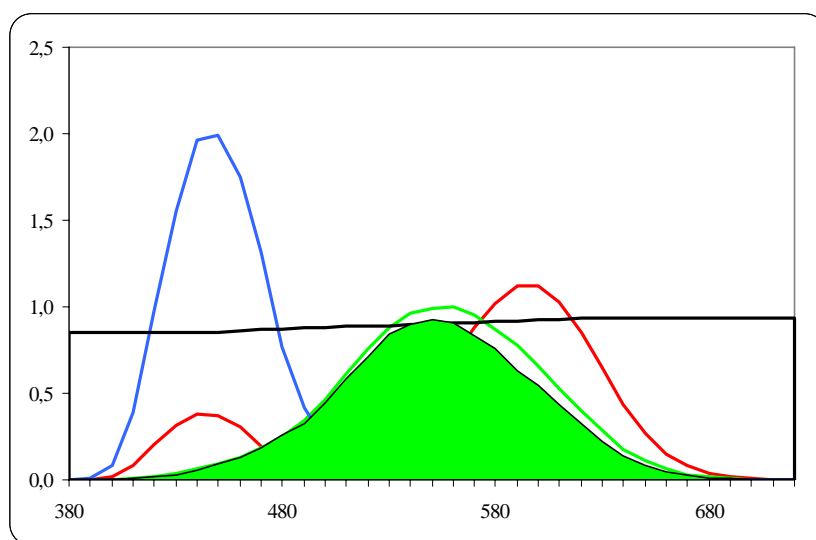
$\Delta(10nm)$	transmissie	$\Delta(10nm)$	transmissie	$\Delta(10nm)$	transmissie
380	0,8511	500	0,8811	620	0,9333
390	0,8511	510	0,8861	630	0,9333
400	0,8511	520	0,8912	640	0,9333
410	0,8511	530	0,8912	650	0,9333
420	0,8511	540	0,8959	660	0,9333
430	0,8511	550	0,9006	670	0,9333
440	0,8511	560	0,9053	680	0,9333
450	0,8561	570	0,9100	690	0,9333
460	0,8611	580	0,9147	700	0,9333

$\Delta(10\text{nm})$	transmissie	$\Delta(10\text{nm})$	transmissie	$\Delta(10\text{nm})$	transmissie
470	0,8661	590	0,9194	710	0,9333
480	0,8711	600	0,9241	720	0,9333
490	0,8761	610	0,9288		

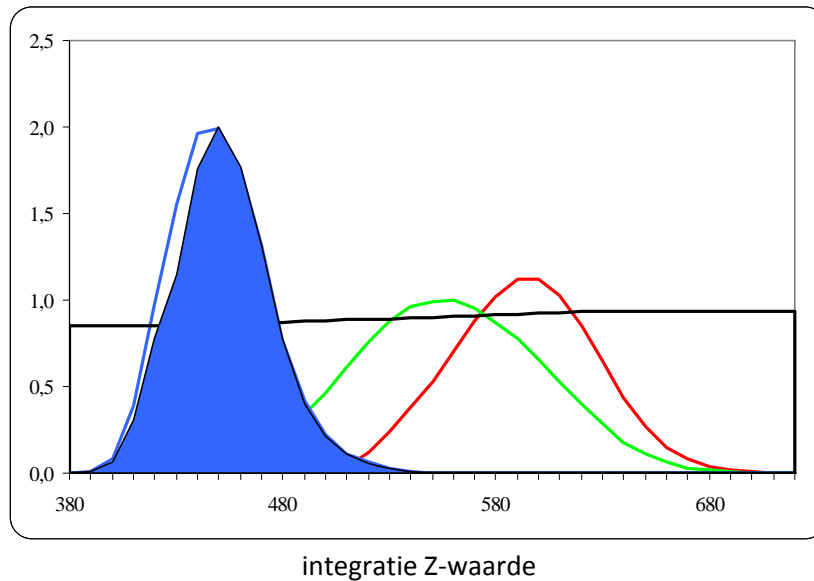
Dit transmissie profiel werd uitgezet en vervolgens werd de integratie uitgevoerd ter berekening van de X, Y, Z waarden.



integratie X-waarde



integratie Y-waarde



Volgende waarden werden berekend :

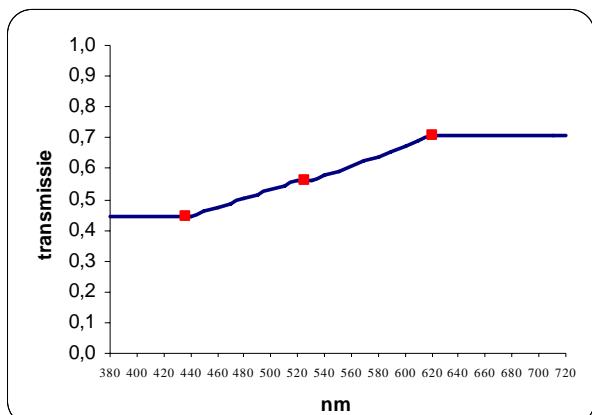
X : 85,94
 Y : 90,17
 Z : 92,26
 L* : 96,07
 a* : 0,85
 b* : 3,09

Op basis van deze waarden kan een overeenkomstige ΔE^*_{ab} van 5,07 worden berekend. Eenzelfde theoretische berekening werd uitgevoerd om een relatie te vinden tussen ΔE^*_{ab} en de Engelse en huidige Vlaamse normering. Daarnaast werden eveneens de ΔE^*_{ab} waarden bekomen met een meetkuvet van 50 mm theoretisch afgeleid (Transmissie 50 mm kuvet = [Transmissie 10 mm kuvet]⁵).

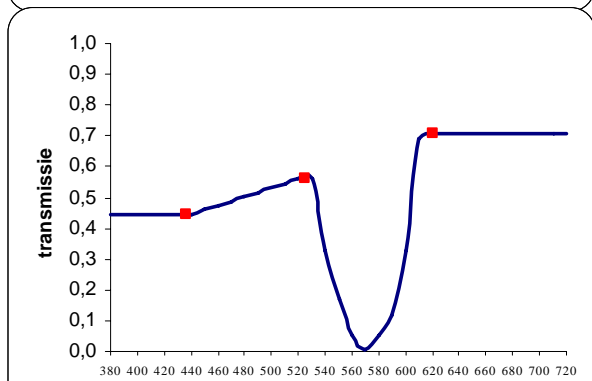
normwaarde	10 mm kuvet, ΔE^*_{ab}	50 mm kuvet, ΔE^*_{ab}
Vlaamse wetgeving		
20 mg PtCo / l	0,65	3,20
102 mg PtCo / l	3,18	15,2
204 mg PtCo / l	6,31	28,8
500 mg PtCo / l	15,2	61,0
Duitse wetgeving		
DFZ	5,07	22,9
Engelse wetgeving		
kwaliteits objectieven (EQS)	1,26	6,12
Leek	3,37	15,5
Pinxtton	2,28	10,8
Wanlip	1,91	9,20
Wigston	2,23	10,6
Loughborough	1,57	7,52

Het gebruik van ΔE^*_{ab} waarden laat een eenduidige vergelijking van de verschillende normeringen toe. De Engelse normen die betrekking hebben op oppervlaktewater kunnen rechtstreeks vergeleken worden met de berekende ΔE^*_{ab} waarden van de Pt/Co standaarden volgens de Vlaamse wetgeving.

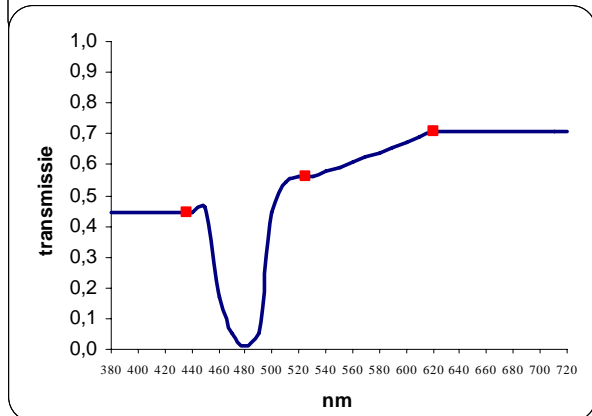
In onderstaande figuren zijn transmissie spectra weergegeven met eenzelfde spectrale lichtabsorptie als de Duitse norm, namelijk 7 m^{-1} bij 436 nm, 5 m^{-1} bij 525 nm en 3 m^{-1} bij 620 nm (berekend op basis van 50 mm kuvet).



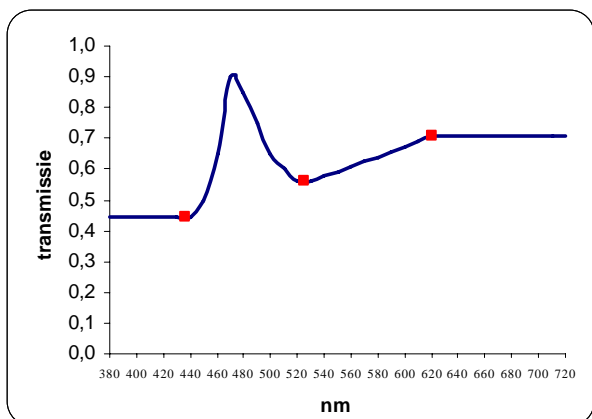
$$\Delta E^*_{ab} = 23$$



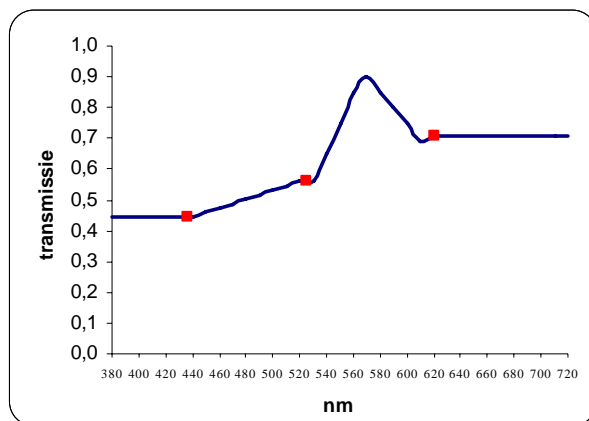
$$\Delta E^*_{ab} = 37,7$$



$$\Delta E^*_{ab} = 36,6$$



$$\Delta E^*_{ab} = 16,8$$



$$\Delta E_{ab}^* = 25,4$$

In tegenstelling tot het spectrum van de Duitse normwaarde, waarbij lineair werd geïnterpoleerd tussen de 3 golflengtes, is in elk van de spectra een absorptie maximum of minimum gesimuleerd. De overeenkomstige berekende ΔE_{ab}^* -waarden variëren van 16 tot 37. Alhoewel al deze spectra eenzelfde lichtabsorptie hebben op de 3 golflengtes conform de Duitse norm, is er geen correlatie met de afgeleide ΔE_{ab}^* -waarde van de Duitse norm (= 22,9) die rekening houdt met absorptie over het hele zichtbare gebied en de gevoeligheid van het menselijk oog.

6.2.2 PRAKTISCHE UITVOERING

Voor het uitvoeren van kleurmetingen zijn verschillende commercieel verkrijgbare toestellen beschikbaar die onmiddellijke uitlezing in de verschillende kleurschalen toelaten. In deze studie werd met twee van deze commercieel verkrijgbare toestellen gewerkt alsook met een "laboratorium spectrofotometer" die toelaat transmissies (absorbanties) te meten bij welbepaalde golflengtes. Op basis van deze transmissies en de nodige data uit [ISO 10526/CIE S005](#) en [ISO/CIE 10527](#) standaard kan men vervolgens zelf de Standard tristimuluswaarden X Y Z waarden in Excel berekenen. Hieronder zijn het kort de voornaamste technische specificaties weergegeven van de gebruikte instrumenten

6.2.2.1 Lovibond PFX195 Automatic Colorimeter

Voor deze studie beschikbare interessante kleurschalen:

ADMI volgens American Standard Methods 2120^E

Pt/Co volgens ASTM D1209

CIE values volgens ASTM E308 (tristimulus values X Y Z, chromaticity co-ordinates x y Z, CIE L*a*b* colour space, ΔE colour difference, L*C*h colour space)

Spectral data (420 – 710 nm)

Technische data:

Meetprincipe: 9 interferentiefilters

Range: 420 -710 nm

Bandbreedte: 20 nm

Lichtbron: Wolfram halogeenlamp

Illuminant: CIE illuminant A, C, D65

Observer: 2 en 10°

Padlengte: 0.1 – 50 mm

6.2.2.2 LICO 400

Voor deze studie beschikbare interessante kleurschalen:

- Standard tristimuluswaarden X Y Z: berekend met standard illuminant C en 2° standard observer (DIN 5033)
- Chromaticity coördinaten x y Z
- CIE L*a*b waarden
- Hazen kleurwaarde (= Pt/Co)
- Absorbantiespectrum: -3 - +3 A (transmissie 0 – 100 %)

Technische data:

- Padlengte: rechthoekige kuvetten 10*10 mm of 50*10 mm en ronde kuvetten 11 mm diameter (0/180° transmissie)
- Lichtbron: halogeenlamp 340-900nm
- Meetprincipe: 380-720nm in stappen van 10 nm
- Range: 340 – 900 nm
- Golflengteresolutie: >= 1 nm
- Bandbreedte: 8 nm

6.2.2.3 Hitachi U-300 spectrofotometer

Laboratorium spectrofotometer

- Lichtbron: UV : Deuterium, VIS : Wolfram iodine
- Range: 190 – 900 nm
- Er werden transmissies opgenomen in stappen van 10 nm
- Bandbreedte werd voor deze studie op maximum ingesteld : 5 nm
- CIE L*a*b waarden werden berekend in Excel

6.2.2.4 prestatiekenmerken

Bij alle uitgevoerde metingen werden volgende randvoorwaarden gesteld :

1. Er werd gebruik gemaakt van D65 standaard lichtbron
2. Er werd gebruik gemaakt van de standard observer 10° voor de berekening van de XYZ tristimulus waarden.
3. Enkel de “echte kleur van water” werd bepaald d.w.z. na filtratie van het oorspronkelijke water op een 0.45 µm membraan filter

Meetgebied/gevoeligheid

Voor de bepaling van ΔE_{ab}^* dient de transmissie gemeten te worden bij verschillende tientallen golflengtes in het zichtbaar gebied. Als gevolg hiervan kan men verwachten dat de meetonzekerheid groter is dan bij meting van de transmissie op slechts één golflengte (bv. Pt/Co methode). In de praktijk gaat men het toestel kalibreren met Milli-Q water (met een soortelijke weerstand van groter dan 18 MΩ.cm bij 25 °C) en de overeenkomstige L*a*b* waarden als referentie aanduiden. Na meting van de L*a*b* waarden van het monster wordt het verschil ΔE_{ab}^* tussen de referentie en het monster berekend. De kalibratie houdt in dat op elke golflengte de transmissie van het Milli-Q water wordt gemeten en gelijk gesteld wordt aan 1. Teneinde de ondergrens van de ΔE_{ab}^* methode vast te leggen werd gekalibreerd met Milli-Q water en vervolgens de ΔE_{ab}^* berekend van hetzelfde Milli-Q water (hierbij werd wel de kuvet telkenmale opnieuw gevuld). Deze procedure werd een tiental keer herhaald, de gemiddelde $\Delta E_{ab}^* = 0,2 \pm 0,1$. Gezien ΔE_{ab}^* enkel positieve waarden kan aannemen, omvat deze gemiddelde waarde de ruis op de

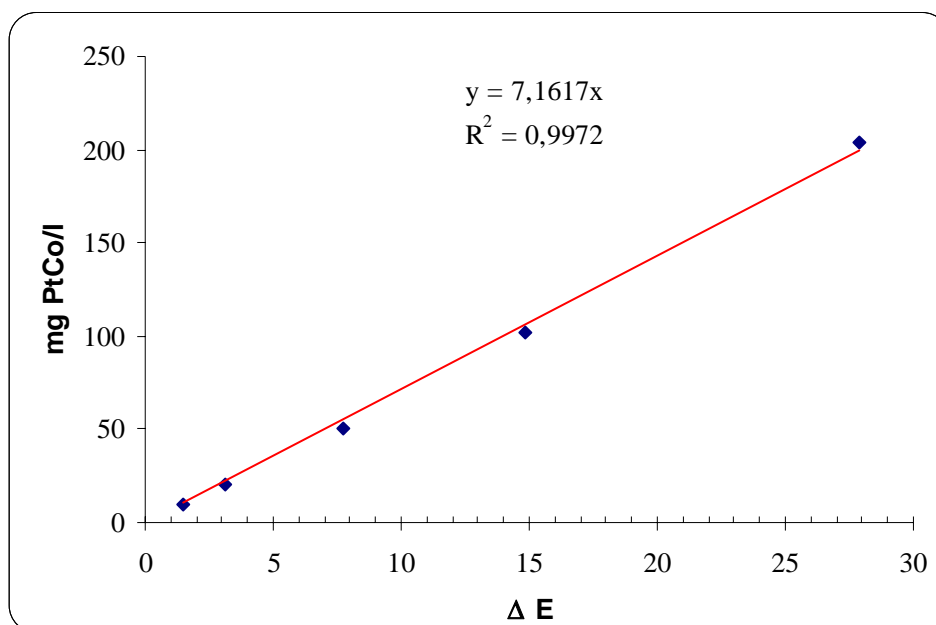
tientallen transmissie metingen die dienen te worden uitgevoerd voor de bepaling van één ΔE_{ab}^* -waarde. Op basis van deze metingen wordt een ondergrens van deze methode van $0,5 \Delta E_{ab}^*$ eenheden aanbevolen. Daarnaast kan worden gesteld dat gezien men afwijkingen wil vaststellen t.o.v. kleurloos, het gebruik van de 50 mm kuvet bij de transmissie metingen - grotere gevoeligheid - wordt aanbevolen.

Reproduceerbaarheid

Om een inschatting te krijgen van de reproduceerbaarheid van de kleurmeting en bijgevolg ook een inschatting te krijgen van de meetonzekerheid rond de normwaarden werden verspreid over het concentratiegebied negen metingen onder reproduceerbaarheid uitgevoerd met Lico 400. Dit werd uitgevoerd op 5 Pt/Co standaarden overeenkomstig de concentratie niveaus van de huidige Vlaamse wetgeving. Daarnaast werd om een reëel afvalwater te simuleren een methyleenblauw oplossing aangemaakt met een ΔE_{ab}^* -waarde van ongeveer 30. In volgende tabel is het gemiddelde en de standaard deviatie weergegeven (n = 9).

normwaarde	10 mm kuvet, ΔE_{ab}^*	50 mm kuvet, ΔE_{ab}^*
grondwater		
10 mg PtCo / l	-	$1,45 \pm 0,06$
20 mg PtCo / l	-	$3,09 \pm 0,02$
50 mg PtCo / l	-	$7,73 \pm 0,02$
100 mg PtCo / l	$3,17 \pm 0,04$	$14,88 \pm 0,03$
200 mg PtCo / l	$6,25 \pm 0,02$	$27,90 \pm 0,03$
afvalwater		$29,03 \pm 0,40$

Op basis van deze metingen kan een algemene reproduceerbaarheid < 5 % op de bepaling van de ΔE_{ab}^* -waarde worden afgeleid (deze waarde heeft enkel betrekking op de meting). Voor de Pt/Co en ΔE_{ab}^* metingen kan volgend lineair verband worden afgeleid :



Rekening houdend met deze correlatiefactor kan voor de huidige waarnemingsdrempel van 5 mg PtCo/l een overeenkomstige waarde van $0,7 \Delta E_{ab}^*$ worden berekend. Daarnaast kan voor de in §

6.2.1 theoretisch afgeleide DFZ waarde van 23 ΔE^*_{ab} een overeenkomstige waarde van 165 mg PtCo/l worden afgeleid.

Relatie tussen ΔE en ΔE^*_{94}

Teneinde de invloed van het gebruik van CIE 1994 totaal kleurverschil, ΔE^*_{94} , te gebruiken i.p.v. Euclidische afstand in de CIE 1976 L*a*b* uniforme kleurruimte, ΔE^*_{ab} , werd met de Lico spectrofotometer op een 20-tal monsters het procentuele verschil tussen beide waarden berekend. De aanvulling in ΔE^*_{94} heeft enkel betrekking op het bepalen van kleine kleurverschillen en houdt rekening met variaties in de grootte van het visueel waargenomen kleurverschil. Het gemiddelde verschil tussen beide waarden bedraagt op deze 20 monsters 3,5 %. In literatuur wordt inderdaad beschreven dat voor referentiekleuren die dicht bij de neutrale as liggen (wit, grijs, zwart) de ΔE^*_{ab} waarden reeds een goede inschatting geven van de visuele tolerantie. Daarnaast kan gesteld worden dat een aantal commerciële instrumenten niet uitgerust zijn met de berekening van ΔE^*_{94} waarden en bovendien vanuit het CIE een nieuw totaal kleurverschil concept werd gedefinieerd dat een aanvulling is op deze ΔE^*_{94} (zie ook *CIE 142-2001 Improvement to industrial colour difference evaluation*). Om deze reden wordt in eerste instantie niet aanbevolen om gebruik te maken van ΔE^*_{94} .

HOOFDSTUK 7 MONITORING KLEUR VAN AFVALWATER

Zoals in vorige hoofdstukken beschreven kan een eenduidig beoordeling van kleur van afvalwater worden afgeleid op basis van de ΔE_{ab}^* -methode. Met het oog op invulling van kleur normwaarde als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning werd een monitoring uitgevoerd van zowel oppervlaktewaters als afvalwaters.

In eerste instantie werd voor een indicatie van de achtergrondwaarde van kleur 6 Vlaamse oppervlaktewaters geanalyseerd (monsters afgeleverd door VMM, buitendienst Herentals). Het doel van deze analyses was, naar analogie met afleiding Duitse DFZ-norm, om op basis van deze waarden een grootte orde af te leiden van normwaarde. Vervolgens werden een aantal influenten en effluenten van textielbedrijven bemonsterd en geanalyseerd. Het doel van deze monitoring was een idee te krijgen van de huidige situatie naar lozing van afvalwater. Ook een aantal monsters van groentenverwerkende bedrijven werden in dit kader geanalyseerd. In dit hoofdstuk worden de voornaamste resultaten van deze monitoring beschreven.

7.1 RELATIE ΔE_{AB}^* EN VLAAMSE OPPERVLAKTEWATER

De absorpties in het huidig voorstel van de Vlaamse Milieumaatschappij tot aanpassing van nieuwe vergunningsvoorwaarden voor textiel in de Vlaamse milieuwetgeving zijn gebaseerd op Duitse waarden die afgeleid zijn door de kleur van 'niet verontreinigd oppervlaktewater' met een factor 10 te vermenigvuldigen. Dit wil zeggen dat de absorpties op de 3 golflengten : 436 nm (geel), 525 nm (rood) en 620 nm (blauw) met een factor 10 vermenigvuldigd werden. De overeenkomstige normen (DFZ waarden, Durchlässigkeitsfarbzahl) bedragen op dit moment :

golflengte	436 nm	525 nm	620 nm
absorptie/meter (DFZ)	7	5	3
Optische Densiteit	0,07	0,05	0,03

$$\text{Waarbij } DFZ = \frac{A \cdot 1000}{d}$$

A : absorptantie

D : lengte van de cel in mm

Om deze hypothese te toetsen werd de kleur van 6 Vlaamse oppervlaktewaters gemeten :

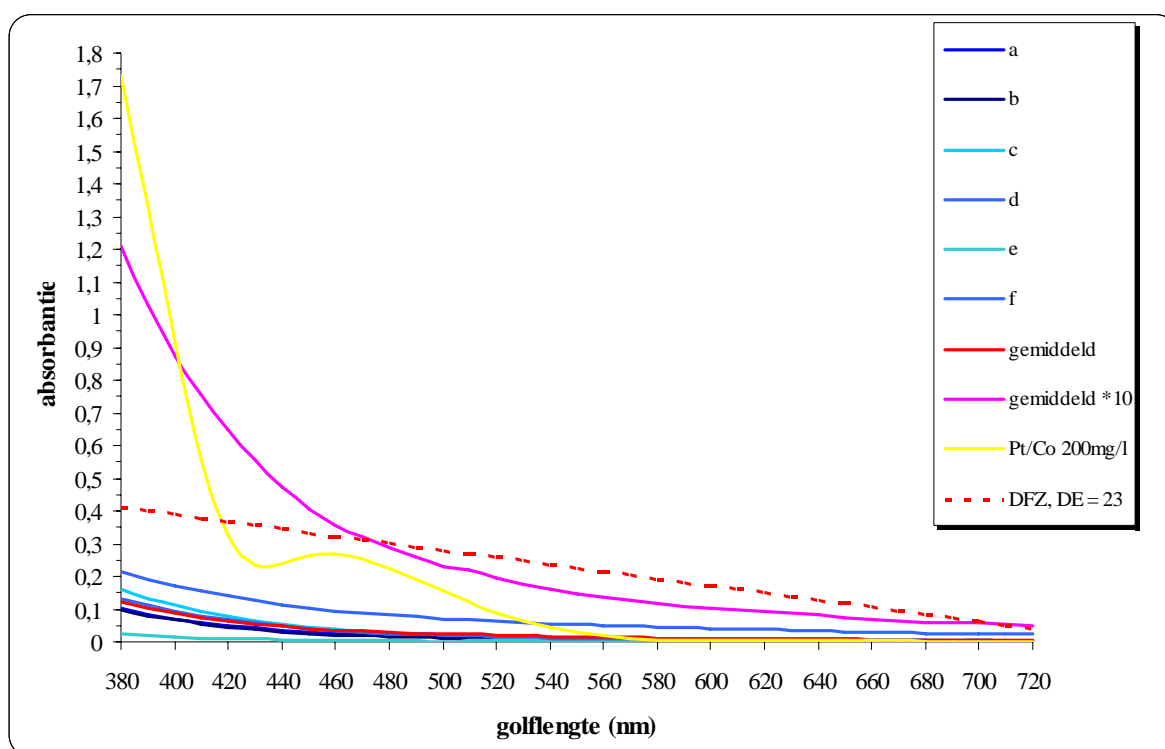
Monstercode	waterloop	Pt-Co in mg/l	ΔE_{ab}^*	436	525	620
				in $m\bar{2}^{-1}$	in $m\bar{2}^{-1}$	in $m\bar{2}^{-1}$
a	Zielbeek	20	3,31	0,70	0,16	0,06
b	Kleine Neet	19	3,06	0,66	0,14	0,04
c	Laak	31	5,12	1,12	0,26	0,08
d	Zwarte Neet	28	4,41	0,98	0,26	0,08
e	Wimp	4	0,63	0,14	0,02	0,00
f	Zenne	52	8,56	2,40	1,22	0,74

Het betreft hier oppervlaktewaters van diverse fysico-chemische en biologische kwaliteit.

Monstercode	waterloop	fysico-chemisch	biologisch biotische index
a	Zielbeek	zwaar verontreinigd	uiterst slechte kwaliteit
b	Kleine Neet	matig verontreinigd	zeer goede kwaliteit
c	Laak	matig verontreinigd	matige kwaliteit
d	Zwarte Neet	aanvaardbaar	zeer goede kwaliteit
e	Wimp	matig verontreinigd	matige kwaliteit
f	Zenne	zwaar verontreinigd	slechte kwaliteit

Er is – op deze beperkte set van monsters - geen correlatie waarneembaar tussen fysico chemische noch biologische kwaliteit en kleur. De kleurwaarden geven wel een grootte orde van wat men kan verwachten aan kleur in de Vlaamse waterlopen.

In onderstaande figuur zijn eveneens de absorptiespectra uitgezet van deze 6 oppervlaktewaters (in blauw), het gemiddelde absorptiespectrum (rood), het gemiddelde absorptiespectrum * 10 (paars), Pt/Co standaard van 200 mg/l (geel). De ΔE_{ab}^* – waarde overeenkomstig met het gemiddelde absorptiespectrum (rode lijn) bedraagt 3,33. Wanneer dit absorptiespectrum met een factor 10 wordt verhoogd (paarse lijn) bekomt men een $\Delta E_{ab}^* = 33,4$. In rode stippellijn is eveneens de theoretische ΔE_{ab}^* normwaarde (= 23, overeenkomstig met 10 maal de vastgestelde kleur in niet verontreinigd Duits oppervlaktewater) uitgezet die is afgeleid van een oplossing met spectrale lichtabsorptie van 7 m^{-1} bij 436 nm, 5 m^{-1} bij 525 nm en 3 m^{-1} bij 620 nm.



Op basis van de 6 oppervlaktewaters die zijn geanalyseerd kan door een vermenigvuldigingsfactor van 10 op de vastgestelde kleur een ΔE_{ab}^* waarde van 33 worden afgeleid. Deze waarde dient te worden vergeleken met afgeleide ΔE_{ab}^* van 23 op basis van dezelfde veronderstellingen weliswaar op niet-verontreinigde Duitse oppervlaktewaters. Rekening houdend met het minst gekleurde (monster e) en het meest gekleurde oppervlaktewater (monster f) dat werd geanalyseerd kan een bereik van ΔE_{ab}^* normwaarde tussen 6 en 44 worden afgeleid. Ter vergelijking zijn in onderstaande

tabel de Engelse kwaliteitsobjectieven voor verschillende oppervlaktewaters nogmaals samengevat :

Engelse normwaarde	50 mm kuvet, ΔE^*_{ab}
kwaliteits objectieven (EQS)	6,12
Leek	15,5
Pinxton	10,8
Wanlip	9,20
Wigston	10,6
Loughborough	7,52

7.2 MONITORING INFLUENTEN EN EFFLUENTEN VLAAMSE TEXTIELSECTOR

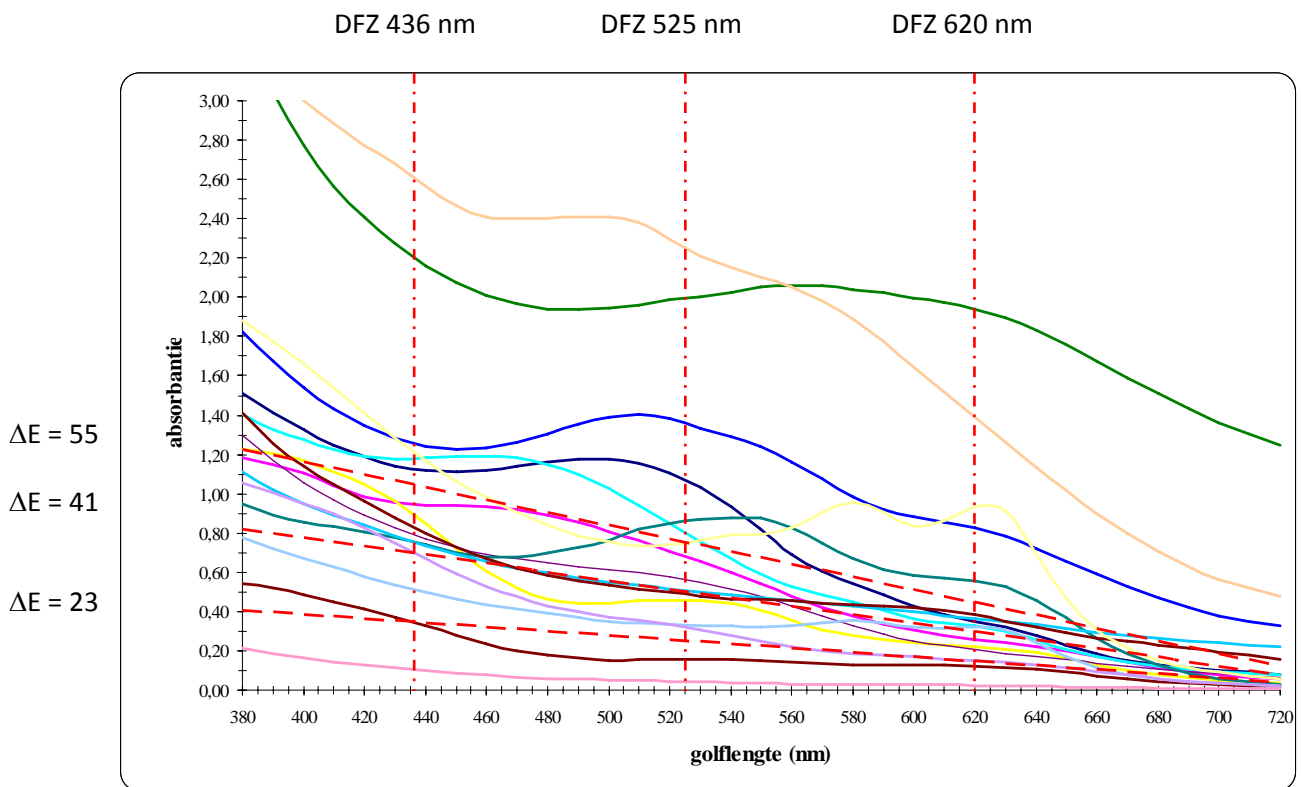
Op twee verschillende dagen werden een aantal textielbedrijven bemonsterd in provincie Limburg, Oost- en West-Vlaanderen. Een beschrijving van de bedrijven die werden bemonsterd is weergegeven als bijlage A. In onderstaande tabel zijn de meetwaarden samengevat van de bemonsterde in- en effluenten van de verschillende textielbedrijven.

N°	Pt-Co	ΔE_{ab}^*	DFZ 436nm	DFZ 525nm	DFZ 620nm	Pt-Co	ΔE_{ab}^*	DFZ 436nm	DFZ 525nm	DFZ 620nm	ΔE_{red}^*
	in mg/l		in m ² l ⁻¹	in m ² l ⁻¹	in m ² l ⁻¹	in mg/l		in m ² l ⁻¹	in m ² l ⁻¹	in m ² l ⁻¹	(%)
INFLUENT						EFFLUENT					
1	*	98,6	*	*	69,9	593	66,9	22,1	21,0	6,7	32%
2a	834	98,7	*	*	60,2	516	57,0	18,7	13,0	4,9	42%
2b	706	96,6	62,4	53,2	38,2						
2c	*	94,3	58,3	46,0	54,4						
3	308	42,9	18,5	10,9	6,34	349	43,4	17,5	8,8	4,2	-1%
4	827	98,3	*	65,7	57,4	674	66,2	23,2	15,6	6,3	33%
5a	689	92,4	59,6	46,0	36,9	382	47,4	15,6	11,0	4,0	49%
5b	*	93,5	*	50,3	32,7						
6	100	34,0	13,2	9,64	8,96	117	19,8	6,7	2,9	2,3	42%
7	251	87,0	47,4	41,7	37,0	105	52,1	14,6	16,9	10,9	40%
8	684	90,0	56,5	42,7	33,0	318	69,5	24,7	26,8	16,3	23%
9						911	83,5	44,4	32,9	19,5	
10						136	31,2	8,6	7,3	3,6	
11						239	41,3	16,1	10,6	7,7	
12						260	42,7	16,5	9,7	7,6	
13	816	97,2	59,1	61,1	39,5	92	91,0	44,4	40,1	38,9	6%
14	*	96,2	*	50,0	44,4	186	56,9	24,2	14,9	18,6	41%
15	286	82,2	42,6	32,0	32,1	127	30,0	10,1	6,5	6,3	64%
16	185	66,2	30,2	23,4	22,4	49	7,9	1,9	0,7	0,4	88%
17	52	44,5	14,8	12,9	12,3	335	41,8	13,9	6,3	3,0	6%
18						854	91,9	54,4	46,5	28,9	

In de laatste kolom is eveneens de procentuele kleur reductie (ΔE_{red}^* , influent- effluent) op basis van ΔE_{ab}^* waarden weergegeven. Op basis van de vaststellingen die bij de monsternamen werden gemaakt rond zuiveringsproces van afvalwater, kan worden gesteld dat de kleur van de effluenten na toepassing van biologische zuivering tussen de 40 en 70 liggen uitgedrukt in ΔE_{ab}^* waarden.

Op basis van deze waarden kan men vaststellen dat slechts 2 van de 18 gecontroleerde effluenten voldoet aan het huidig voorstel van normering ($\Delta E_{ab}^* < 23$). Ook op basis van de DFZ normwaarden voldoen slechts 2 van de 18 effluenten.

Ter illustratie zijn in onderstaande figuur de verschillende absorptie spectra uitgezet van deze effluenten.



Daarnaast is niet enkel het absorptiespectrum voor $\Delta E^*_{ab} = 23$ uitgezet (rode stippellijn) maar ook het absorptiespectrum overeenkomstig met 2 * DFZ (dwz spectrale lichtabsorptie van 14 m^{-1} bij 436 nm, 10 m^{-1} bij 525 nm en 6 m^{-1} bij 620 nm) en 3 * DFZ (dwz spectrale lichtabsorptie van 21 m^{-1} bij 436 nm, 15 m^{-1} bij 525 nm en 9 m^{-1} bij 620 nm). Naar analogie met de DFZ-waarde werden ook hiervoor overeenkomstige ΔE^*_{ab} waarden berekend zoals samengevat in volgende tabel :

	ΔE^*_{ab}	DFZ 436nm in m^{-1}	DFZ 525nm in m^{-1}	DFZ 620 nm in m^{-1}
DFZ	23	7	5	3
2*DFZ	41	14	10	6
3*DFZ	55	21	15	9

Samengevat en afhankelijk van normwaarde kan men stellen dat :

- Op basis van $\Delta E^*_{ab} = 23$ normwaarde (afgeleid uit DFZ) voldoen 2 van de 18 gecontroleerde effluënten. Ook op basis van de drie golflengten criteria (7 m^{-1} bij 436 nm, 5 m^{-1} bij 525 nm en 3 m^{-1} bij 620 nm) voldoen slechts 2 van de 18 effluënten.
- Op basis van $\Delta E^*_{ab} = 41$ normwaarde (afgeleid uit 2*DFZ) voldoen 4 van de 18 gecontroleerde effluënten. Ook op basis van de drie golflengten criteria (14 m^{-1} bij 436 nm, 10 m^{-1} bij 525 nm en 6 m^{-1} bij 620 nm) voldoen 5 van de 18 effluënten.

- Op basis van $\Delta E_{ab}^* = 55$ normwaarde (afgeleid uit $3 \cdot DFZ$) voldoen 10 van de 18 gecontroleerde effluenten. Ook op basis van de drie golflengten criteria (21 m^{-1} bij 436 nm, 15 m^{-1} bij 525 nm en 9 m^{-1} bij 620 nm) voldoen 11 van de 18 effluenten.

In volgende tabel zijn naast kleurmetingen eveneens de kleurmetingen op oorspronkelijke monster (voor filtratie), het zwevend stofgehalte en pH weergegeven. Er is geen significante relatie tussen de vermindering van kleur (ΔE_{red}^*) en het zwevend stof gehalte.

N°	ΔE_{ab}^*	ΔE_{ab}^*	ΔE_{red}^*	Zwevend stof	pH
	gefiltreerd	origineel			
1	66,9	85,9	-22%	75	7,3
2	57,0	63,8	-11%	6,2	7,4
3	43,4	48,7	-11%	13	7,6
4	66,2	69,6	-5%	10	7,5
5	47,4	72,3	-34%	120	7,5
6	19,8	69,9	-72%	150	7,4
7	52,1	61,4	-15%	13	8,1
8	69,5	86,7	-20%	40	8,4
9	83,5	90,9	-8%	24	7,8
10	31,2	81,8	-61%	46	8,2
11	41,3	82,5	-50%	12	7,7
12	42,7	66,3	-36%	12	10,4
13	91,0	99,7	-9%	100	8,3
14	56,9	62,0	-8%	14	7,6
15	30,0	56,8	-47%	58	7,5
16	7,9	10	-21%	<5	7,2
17	41,8	43,7	-4%	<7	7,9
18	91,9	98,7	-7%	21	7,8

7.3 MONITORING EFFLUENTEN VLAAMSE GROENTEN VERWERKENDE BEDRIJVEN

Door afdeling Milieu-inspectie van Aminoal werden eveneens 5 effluenten van groenten verwerkende bedrijven bemonsterd en ter analyse voorgelegd. De resultaten zijn in onderstaande tabel samengevat

Monstercode	Pt-Co	ΔE^*_{ab}	DFZ	DFZ	DFZ
	in mg/l		in m ²	in m ²	in m ²
19	75	10,9	2,6	0,8	0,3
20	326	40,3	13,6	5,5	2,6
21	682	67,4	26,1	10,0	3,6
22	84	12,4	2,9	0,8	0,2
23	723	68,7	31,0	14,5	6,4

Samengevat en afhankelijk van normwaarde kan men stellen dat :

- Op basis van $\Delta E^*_{ab} = 23$ normwaarde (afgeleid uit DFZ) voldoen 2 van de 5 effluenten. Op basis van de drie golflengten criteria (7 m⁻¹ bij 436 nm, 5 m⁻¹ bij 525 nm en 3 m⁻¹ bij 620 nm) voldoen eveneens 2 van de 5 effluenten.
- Op basis van $\Delta E^*_{ab} = 41$ normwaarde (afgeleid uit 2*DFZ) voldoen 3 van de 5 gecontroleerde effluenten. Op basis van de drie golflengten criteria (14 m⁻¹ bij 436 nm, 10 m⁻¹ bij 525 nm en 6 m⁻¹ bij 620 nm) voldoen 3 van de 5 effluenten.
- Op basis van $\Delta E^*_{ab} = 55$ normwaarde (afgeleid uit 3*DFZ) voldoen 3 van de 5 effluenten. Ook op basis van de drie golflengten criteria (21 m⁻¹ bij 436 nm, 15 m⁻¹ bij 525 nm en 9 m⁻¹ bij 620 nm) voldoen 3 van de 5 effluenten.

7.4 BESLUIT MONITORING HUIDIGE VLAAMSE SITUATIE

Op basis van de analyses van oppervlaktewaters, influenten en effluenten uit zowel textiel als groenten verwerkende sector kunnen volgende besluiten worden geformuleerd :

- Het kwantificeren van kleur met ΔE^*_{ab} – en gebruik makend van absorbanties over het hele zichtbare spectrum – is noodzakelijk voor een eenduidige kleurinterpretatie. De Pt/Co-methode kan niet worden gebruikt voor afvalwater, bij niet verontreinigde oppervlaktewaters is er wel een correlatie tussen ΔE^*_{ab} en Pt/Co-methode.
- De gemiddelde ΔE^*_{ab} – waarde van de 6 geanalyseerde oppervlaktewaters bedraagt 3,3 (min-max : 0,6 – 8,5). Op basis van deze waarde kan door een vermenigvuldigingsfactor van 10 op de vastgestelde kleur een ΔE^*_{ab} normwaarde van 33 worden afgeleid (min-max : 6 – 44). Deze waarde dient te worden vergeleken met afgeleide ΔE^*_{ab} van 23 op basis van dezelfde veronderstellingen op niet-verontreinigde Duitse oppervlaktewaters.
- De normwaarde $\Delta E^*_{ab} = 23$ - afgeleid op basis van de DFZ-normwaarde en huidig voorstel van de Vlaamse Milieumaatschappij tot aanpassing van nieuwe vergunningsvoorwaarden voor textiel - zorgt voor een overschrijding van 16 van de 18 effluenten van de textielsector.

HOOFDSTUK 8 AANBEVELINGEN BEOORDELINGSKADER

8.1 HUIDIG WETTELIJK BEOORDELINGSKADER

De in § Hoofdstuk 6 gedefinieerde methode ΔE^*_{ab} laat een eenduidige bepaling van de kleur van (gefiltreerd) water toe. Bij de meting van de kleurstimulus ΔE^*_{ab} is de tint weggewerkt en is er een lineaire relatie tussen ΔE^*_{ab} en de concentratie van de kleur uitgedrukt in mg/l Pt/Co. Op basis hiervan kunnen de huidige milieukwaliteitsnormen vertaald worden.

- Vlare II, bijlage 2.3.2 De imperatieve waarde van 200 mg/l Pt-schaal voor *oppervlaktewater bestemd voor drinkwaterproductie* komt overeen met **een ΔE^*_{ab} waarde van 28**. Een imperatieve waarde houdt in dat 95 % van de monsters moeten voldoen aan deze waarde en de 5 % van de monsters die niet conform zijn hoogstens 50 % afwijken. Voor de parameter kleurt geldt bovendien dat mag afgeweken worden wegens uitzonderlijke geografische of weersomstandigheden.
- Vlare II, bijlage 2.3.5 : voor *oppervlaktewater bestemd voor schelpdieren* moet 75 % van de waarden van kleur van het water na filtering, veroorzaakt door een lozing, in het door deze lozing beïnvloede schelpdierwater niet meer dan 10 mg Pt/l afwijken van de kleur die is gemeten in de niet-beïnvloede wateren. Een stijging van 10 mg Pt/l komt overeen met **een stijging in ΔE^*_{ab} waarde van 1,4**.
- Vlare II, bijlage 2.4.1 : de milieukwaliteitsnorm voor grondwater bedraagt 1 mg/l Pt/Co-schaal met een maximaal toelaatbare concentratie van 20 mg/l Pt/Co-schaal. Dit komt overeen met respectievelijk **een ΔE^*_{ab} waarde van 0,14 en 2,8**. (Hierbij dient wel opgemerkt dat de waarde van 1 mg/l Pt/Co-schaal beneden de waarnemingsdrempel van 5 mg/l Pt/Co-schaal van de referentiemeetmethode ligt zoals gedefinieerd in bijlage 4.2.5.2, Art. 4).

Daarnaast dient vermeld dat momenteel een voorstel van de Vlaamse Milieumaatschappij tot aanpassing van nieuwe vergunningsvoorwaarden voor textiel in de Vlaamse milieuwetgeving op basis van de Europese BREF "Reference Document on Best Available Techniques for Textiles Industry" is geformuleerd. Hierin wordt als meetmethode de bepaling van de absorptiecoëfficiënt op 3 golflengtes voorgesteld (naar analogie Duitse sectorale norm voor textiel). De normwaarde is afgeleid door de kleur van 'niet verontreinigd oppervlaktewater' met een factor 10 te vermenigvuldigen. Dit wil zeggen dat de absorpties op de 3 golflengten : 436 nm (geel), 525 nm (rood) en 620 nm (blauw) met een factor 10 vermenigvuldigd werden. De overeenkomstige norm uitgedrukt in ΔE^*_{ab} **waarde bedraagt 23**.

8.2 HUIDIGE SITUATIE

Op basis van analyses van Vlaamse oppervlaktewaters, influenten en effluenten uit zowel textiel als groenten verwerkende sector kunnen volgende besluiten worden geformuleerd :

- Het kwantificeren van kleur met ΔE^*_{ab} – en gebruik makend van absorpties over het hele zichtbare spectrum – is noodzakelijk voor een eenduidige kleurinterpretatie. De Pt/Co-methode kan niet worden gebruikt voor afvalwater, bij niet verontreinigde oppervlaktewaters is er wel een correlatie tussen ΔE^*_{ab} en Pt/Co-methode.
- De gemiddelde ΔE^*_{ab} – waarde van de 6 geanalyseerde oppervlaktewaters bedraagt 3,3 (min-max : 0,6 – 8,5). Op basis van deze waarde kan door een vermenigvuldigingsfactor van 10 op de vastgestelde kleur een ΔE^*_{ab} normwaarde van 33 worden afgeleid (min-max : 6 – 44). De kwaliteit van deze oppervlaktewaters varieerde van goed tot uiterst slecht, er werd geen correlatie vastgesteld tussen kleur en kwaliteit van het oppervlaktewater.

- De normwaarde $\Delta E_{ab}^* = 23$ - afgeleid op basis van de DFZ-normwaarde en huidig voorstel van de Vlaamse Milieumaatschappij tot aanpassing van nieuwe vergunningsvoorwaarden voor textiel - zorgt voor een overschrijding van 16 van de 18 effluenten van de textielsector. Voor de groenten sector zijn er 4 overschrijdingen van de 6 geanalyseerde effluenten.

8.3 VOORSTEL BEOORDELINGSKADER

Een beoordelingskader moet het mogelijk maken om bij 'probleemlozingen' (bedrijven die sterk gekleurd afvalwater lozen zoals textiel, tankcleaning, grafische sector,...) en waarbij dit effectief hinder oplevert bij de ontvangende waterloop een voorstel in te dienen om een 'kleurnorm' als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning op te nemen. Deze 'kleurnorm' geeft enkel de visuele perceptie/verontreiniging weer en staat los van mogelijke toxische effecten. Samengevat kan men stellen dat :

- op basis van nationale en internationale wetgeving
Bereik milieukwaliteitsnormen ΔE_{ab}^* – waarde van oppervlaktewaters : 5 - 15
 ΔE_{ab}^* nieuwe vergunningsvoorwaarden van effluenten uit textielsector : 23 (Europese BREF "Reference Document on Best Available Techniques for Textiles Industry")
- op basis van monitoring :
Bereik ΔE_{ab}^* – waarde van oppervlaktewaters : 0,5 - 10
Bereik ΔE_{ab}^* – waarde van effluenten uit textielsector na biologische zuivering : 40 - 70

Op basis van de monitoring gegevens werd de nood gevoeld om door een panel een normwaarde (of normbereik) op basis van ΔE_{ab}^* waarden voor te stellen. Alhoewel een kleur eenduidig kan gemeten worden, is het waarnemen van "visuele verontreiniging" een subjectief gegeven. Om deze reden werden een aantal Aminal inspecteurs uitgenodigd op Vito om een inschatting te krijgen van kleuren in relatie met ΔE_{ab}^* waarden.

Uit deze bevindingen werden twee leidraden afgeleid voor het opstellen van een kleurnorm als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning voor visuele verontreiniging van een effluent :

1. **absolute norm op effluent.** De streefwaarde die is opgenomen in het Europese BREF document ("Reference Document on Best Available Techniques for Textiles Industry") bedraagt $\Delta E_{ab}^* = 23$. Door toepassen van biologische zuivering ligt momenteel echter de kleur van afvalwater van de gecontroleerde Vlaamse bedrijven tussen 40 – 70.
2. **effect van kleur op ontvangende waterloop.** Gezien kleurnorm enkel betrekking heeft op visuele verontreiniging dient visueel effect van effluent lozing op de ontvangende waterloop te worden nagegaan. Als leidraad kan hier verwezen worden naar milieukwaliteitsnormen van oppervlaktewaters die globaal onder een ΔE_{ab}^* – waarde van 10 liggen. Daarnaast verwijzend naar Vlarem II, bijlage 2.3.5 kan een bovengrens aan de toename van kleur opgelegd worden veroorzaakt door de lozing in het door deze lozing beïnvloede oppervlaktewater (bv. maximum ΔE_{ab}^* – stijging van 1,5).

Gelet op het verschil tussen de huidige voorstellen voor de kleur van afvalwater en de gemeten waarden bij reële afvalwaters en gelet op de aanzienlijke investerings- en exploitatiekosten voor de ontkleuring van afvalwater, lijkt het opleggen van een kleurnorm slechts mogelijk bij 'probleemlozingen' die effectief hinder opleveren voor de ontvangende waterloop. De normwaarde die dan als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning opgenomen wordt, zou dan kunnen vastgelegd worden na het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie waarbij het specifieke afvalwater bestudeerd wordt.

Een leidraad voor ontkleuringstechnieken van afvalwater wordt gegeven in het BREF document ("Reference document on Best available Techniques for the textiles industry", juli 2003). In dit document worden zowel preventieve maatregelen alsook een aantal end-of-pipe technieken vermeld, zoals:

- aftertreatment in PES dyeing (4.6.5.)
- enzymatic after-soaping in reactive dyeing 4.6.8
- ozon treatment (4.10.1)
- reductive cleavage of azo groups (4.10.1)
- anaerobic removal (4.10.6): 50% kleurverwijdering
- chemical oxidation (4.10.7): 90% kleurverwijdering
- flocculatie/coagulatie (4.10.8)

Op Vito werden reeds met succes volgende technieken ingezet voor verwijdering kleurstoffen in verschillende projecten :

- Met behulp van nano-filtratie is een vergaande kleurverwijdering vaak haalbaar. In het geval van kleurstoffen met een laag moleculair gewicht of wanneer hoge dosissen zout toegevoegd worden tijdens het verven dient eerder voor een omgekeerde osmose geopteerd te worden. Permeaten van nano-filtratie en omgekeerde osmose zijn mogelijks herinzetbaar in de productie. Per geval zijn echter gerichte haalbaarheidstesten aangewezen.
- Een anaërobe zuivering is in staat de dubbele N-binding in AZO-kleurstoffen te breken. Een nageschakelde aërobe zuivering is dan vereist voor verder afbraak.
- Een aërobe behandeling verwijdert meestal slechts een beperkt deel van de kleurstoffen. Wel worden een aantal stoffen (o.a. disperse kleurstoffen) door het slib opgenomen en zo via de spui afgevoerd.
- Oxidatietechnieken, met gebruik van bv ozon, geven een sterke ontkleuring zelfs met relatief lage doses. Peroxide is ook bruikbaar (in combinatie met UV of met Fe(II)). Verschillende types kleurstoffen kunnen wel anders reageren met verschillende oxidantia.

HOOFDSTUK 9 BESLUIT

Een voorstel van beoordelingskader voor de problematiek van gekleurd afvalwater werd afgeleid. De voorgestelde meetmethode moet het mogelijk maken om bij 'probleemlozingen' (bedrijven die sterk gekleurd afvalwater lozen zoals textiel, tankcleaning, grafische sector,...) en waarbij dit effectief hinder oplevert bij de ontvangende waterloop een voorstel in te dienen om een 'kleurnorm' als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning op te nemen.

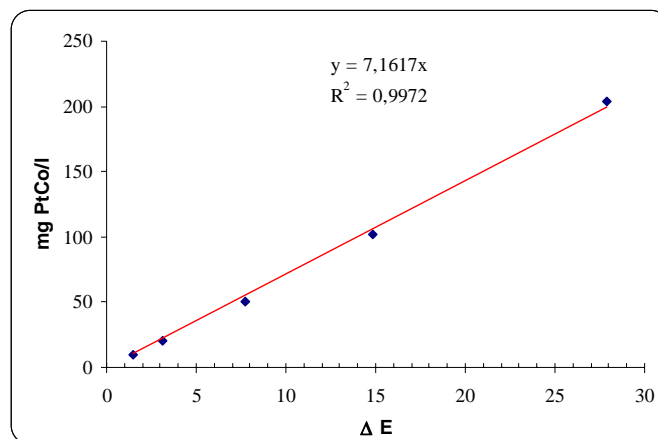
Een huidige voorstel omvat :

een eenduidige universele meetmethode : CIE 1976 totaal kleurverschil, ΔE^*_{ab}

De bepaling van het totaal kleurverschil in de CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) kleurruimte is onafhankelijk van de kleurtint (geel, rood, ...) en een maat voor de afstand tussen het kleurpunt en kleurloos. Het Euclidische kleurverschil, ΔE^*_{ab} , wordt berekend uit de kleurverschil coördinaten, ΔL^* , Δa^* , Δb^* . Deze methode is internationaal gestandaardiseerd door het CIE in volgende standaarden :

- [ISO 10526/CIE S005](#): joint ISO/CIE standard: CIE standard illuminants for colorimetry (1999)
- [ISO/CIE 10527](#): joint ISO/CIE standard: Colorimetric observers, 1991 (S002, 1986)

Daarnaast is er een lineair verband tussen ΔE^*_{ab} waarden en de huidige Pt/Co waarden.



Volgende randvoorwaarden worden gesteld aan de referentiemeetmethode :

1. Er wordt gebruik gemaakt van D65 standaard lichtbron
2. Er wordt gebruik gemaakt van de standard observer 10° voor de berekening van de XYZ tristimulus waarden.
3. Enkel de "echte kleur van water" werd bepaald d.w.z. na filtratie van het oorspronkelijke water op een $0.45 \mu\text{m}$ membraan filter
4. transmissies worden gemeten bij een optische weglengte van 50 mm.
5. het meettoestel wordt gekalibreerd met Milli-Q water (met een soortelijke weerstand van groter dan $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ bij 25°C)

De reproduceerbaarheid is beter dan 5 % en de ondergrens van deze methode bedraagt $0,5 \Delta E^*_{ab}$ - eenheden.

een voorstel van normeringskader gebaseerd op internationale regelgeving en uitgevoerde experimenten

Samengevat kan men stellen dat :

- op basis van nationale en internationale wetgeving

Bereik milieukwaliteitsnormen ΔE_{ab}^* – waarde van oppervlaktewaters : 5 - 15

ΔE_{ab}^* nieuwe vergunningsvoorwaarden van effluënten uit textielsector : 23 (Europese BREF “Reference Document on Best Available Techniques for Textiles Industry”)

- op basis van monitoring :

Bereik ΔE_{ab}^* – waarde van oppervlaktewaters : 0,5 - 10

Bereik ΔE_{ab}^* – waarde van effluënten uit textielsector na biologische zuivering : 40 - 70

Uit deze bevindingen werden twee leidraden afgeleid voor het opstellen van een kleurnorm als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning voor visuele verontreiniging van een effluent :

1. **absolute norm op effluent.** De streefwaarde die is opgenomen in het Europese BREF document (“Reference Document on Best Available Techniques for Textiles Industry”) bedraagt $\Delta E_{ab}^* = 23$. Door toepassen van biologische zuivering ligt momenteel echter de kleur van afvalwater van de gecontroleerde Vlaamse bedrijven tussen 40 – 70.

2. **effect van kleur op ontvangende waterloop.** Gezien kleurnorm enkel betrekking heeft op visuele verontreiniging dient visueel effect van effluent lozing op de ontvangende waterloop te worden nagegaan. Als leidraad kan hier verwezen worden naar milieukwaliteitsnormen van oppervlaktewaters die globaal onder een ΔE_{ab}^* – waarde van 10 liggen. Daarnaast verwijzend naar Vlarem II, bijlage 2.3.5 kan een bovengrens aan de toename van kleur opgelegd worden veroorzaakt door de lozing in het door deze lozing beïnvloede oppervlaktewater (bv. maximum ΔE_{ab}^* – stijging van 1,5).

Gelet echter op het verschil tussen de huidige voorstellen voor de kleur van afvalwater en de gemeten waarden bij reële afvalwaters en gelet op de aanzienlijke investerings- en exploitatiekosten voor de ontkleuring van afvalwater, lijkt het opleggen van een kleurnorm slechts mogelijk bij 'probleemlozingen' die effectief hinder opleveren voor de ontvangende waterloop. De normwaarde die dan als bijzondere voorwaarde in de milieuvergunning opgenomen wordt, zou dan kunnen vastgelegd worden na het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie waarbij het specifieke afvalwater bestudeerd wordt. Een leidraad voor ontkleuringstechnieken van afvalwater wordt gegeven in het BREF document (“Reference document on Best available Techniques for the textiles industry”, juli 2003). In dit document worden zowel preventieve maatregelen alsook een aantal end-of-pipe technieken vermeld.

REFERENTIES

1. Minolta, Industrial Instruments, Kris Van Buggenhout, cursus kleurtheorie, Antwerpen , 30 oktober 2003.
2. Minolta, Industrial Instruments, precise color communication, color control from perception to instrumentation.
3. W. Allen, W.B. Prescott, R.E Derby, C.E. Garland, J.M. Peret, M. Saltzman, Determination of color of water and wastewater by means of ADMI color values, proceedings of the 28 th industrial waste conference, 1973, 661-675.
4. F. Gähr, F. Hermanutz and W. Oppermann, ozonation – an important technique to comply with new german laws for textile wastewater treatment, Wat. Sci. Tech., Vol 30, No.3, 1994, 255 – 263.
5. S.F. Kang and S.P. Kuo, correlation among indicators in regulating colored industrial waste water, Chemosphere, Vol. 39, No. 12, 1999, 1983-1996.
6. C.M. Kao, M.S. Chou, W.L. Fang, B.W. Liu and B.R. Huang, regulating colored textile wastewater by 3/31 wavelength admi methods in taiwan, chemosphere, 44, 2001, 1055 -1063.
7. O.J. Hao, H. Kim and P.C. Chiang, Decolorization of wastewater, Critical reviews in Environmental Science and technology, 30 (4), 2000, 449-505.
8. Lettinga Associates foundation, literature review : textile wastewater characterisation, 2002.
9. A. Jacobs, L. Bettens, A. De Grijse en R. Dijkmans, Beste beschikbare technieken (BBT) voor de textielverdeling, 199/PPE/R/011, 1998, studie uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Gewest
10. L. Bettens, A. De Grijse, F. D’Hulster, R. Van Achter, M. Van Den Bosch, beoordeling en verwijdering van kleur in RWZI’s, 1991, project met de VMZ en VMM.
11. L. Bettens, persoonlijke communicatie