

# Biologisch dynamische verlichting

In de afgelopen jaren hebben verschillende fabrikanten biologisch dynamische verlichtingssystemen op de markt gebracht. Uitgangspunt voor dergelijke systemen is om biologische ritmen van de mens zodanig te beïnvloeden dat productiviteit, alertheid, welbevinden en – mogelijk op de langere termijn – ook de gezondheid in meer of mindere mate verbeteren. Om ervaring in de kantooromgeving op te doen, is een aantal van deze systemen op diverse locaties in het gebouw van de Grontmij in Amersfoort aangebracht. Vervolgens is onderzoek gedaan na de toepassingsmogelijkheden en eigenschappen ervan in de praktijk.

Ing. R. (Rienk) Visser - PLDA

Biodynamische verlichting is een samentrekking van biologische en dynamische verlichting. Het betreft verlichting die bedoeld is om het bioritme van de mens op een positieve wijze te beïnvloeden. Dit wordt gerealiseerd door zowel het verlichtingsniveau als de kleurtemperatuur door middel van programmering gedurende de dag automatisch te regelen volgens vooraf ingestelde waarden.

Uit diverse onderzoeken is in de afgelopen jaren gebleken dat dit een positieve bijdrage levert aan zowel alertheid, veiligheid, welzijn en – op de langere duur mogelijk ook – gezondheid. In het buitenland zijn onderzoeken uitgevoerd naar de invloed van een dergelijke verlichting op het functioneren van de werkende mens in de industrie en van leerlingen in scholen. Er zijn echter geen resultaten bekend van onderzoeken in kantoorgebouwen in Nederland.

Om meer inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden van dergelijke verlichtingssystemen en de werking ervan in de praktijk, is een aantal fabrikanten op verschillende locaties en oriëntaties aangebracht in het gebouw van Grontmij in Amersfoort en op verschillende aspecten getoetst (zie figuur 1 voor één van de locaties in de deze situatie). Het onderzoek is uitge-

voerd op basis van een holistische benadering vanuit de dagelijkse praktijk.

De systemen zijn in een normale kantooromgeving toegepast, waarbij geen voorzieningen zijn getroffen om bepaalde factoren te elimineren. Tevens zijn overeenkomstige verlichtingssystemen toegepast, waarbij verlichtingsniveau en kleurtemperatuur konden worden ingesteld naar de wens van de gebruikers.

Na een gewenningsperiode van enige maanden zijn vanaf 21 juni 2007 wekelijks lichtmetingen uitgevoerd. Gedurende werktijd is op 28 werkplekken om de twee uur de horizontale verlichtingssterkte gemeten. Tevens zijn verticale verlichtingssterkten op ooghoogte gemeten. Op een aantal locaties is ook de kleurtemperatuur en spectrale samenstelling van het licht gemeten.

Om inzicht te krijgen in de persoonlijke ervaringen is gedurende de eerder genoemde periode ook wekelijks een enquête gehouden. Metingen en enquêtes zijn uitgevoerd tot juni 2008. Hierna zijn alle meetresultaten verwerkt en is tevens nagegaan of vergelijking mogelijk was met ervaringen in andere kantoorgebouwen in Nederland waarin biodynamische verlichting is toegepast.

### HET ONDERZOEK

De huidige markt biedt inmiddels tal van standaardproducten waarmee kantoorruimten op zeer diverse wijze kunnen worden verlicht. Hiermee is niet alleen aanpassing aan de omstandigheden voor de betreffende gebruikers mogelijk, maar kan tevens rekening worden gehouden met het bioritme.

De praktijk leert echter dat lang niet iedere beslisser voor de toepassing van kunstverlichting overtuigd is van het nut en de noodzaak om te investeren in een optimale verlichting voor de gebruikers.



-Figuur 1- Standaardverlichting in het kantoorgebouw van de Grontmij in Amersfoort

Voor de productiviteit en het welbevinden is op gezette tijden van de dag een bepaalde verlichtingssterkte op het oog vereist. De literatuur vermeldt waarden voor de verticale verlichtingssterkte tot zelfs 2.500 lux. Volgens de huidige normen is in kantoren op de werkplek een gemiddelde verlichtingssterkte van minimaal 500 lux vereist om de visuele taak gedurende langere tijd naar behoren uit te kunnen voeren. In het algemeen gaat het hierbij om horizontale werkvlakken. Dit houdt in dat in de praktijk de verticale verlichtingssterkte, dus de verlichtingssterkte in de richting van het oog, niet meer dan zo'n 175 tot maximaal 300 lux bedraagt. Deze waarden liggen dus ver af van de waarden die nodig worden geacht voor 'gezonde' verlichting

Voor werkplekken ter plaatse van de gevel levert het daglicht gedurende een deel van het jaar in meer of mindere mate een bijdrage aan het gewenste verticale niveau. Het is daarom zinvol om ook na te gaan wat de invloed is van het daglicht gedurende het jaar, met name tijdens de perioden die bepalend zijn voor een goed bioritme. De lichttoetreding via de beglazing in het kantoor van Grontmij is overigens slechts 18% is. Hierdoor is de invloed van het daglicht relatief gering, vooral op de verder van de gevel af gesitueerde werkplekken.

In het gebouw van Grontmij Amersfoort zijn negen zones c.q. ruimten voorzien van systemen waarmee op locatie verlichtingsniveau en lichtkleur kunnen worden ingesteld. De toegepaste (bio)dynamische verlichtingssyste- men zijn in willekeurige volgorde van Philips (2x), Trilux (2x), Zumtobel, Etap (2x), iGuzzini en RZB. Figuur 2 geeft een overzicht van de toegepaste systemen.

## ■ LICHTMETINGEN

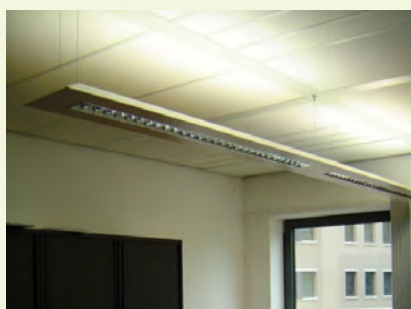
Tijdens de onderzoeksperiode is op 28 geselecteerde werkplekken gedurende werktijd om de twee uur de horizontale verlichtingssterkte op het werkvlak gemeten en de verticale verlichtingssterkte op ooghoogte in zittende situatie. De verticale verlichtingssterkte is niet alleen gemeten ter plaatse van de ogen van de gebruikers, maar ook bij de drie andere hoofdoriëntaties. Dit is gedaan om meer inzicht te kunnen verkrijgen in de invloed van het daglicht op andere locaties. De meetresultaten zijn vastgelegd op de wijze zoals voor een werkplek is aangegeven in de figuren 3 en 4 op de volgende pagina. In totaal zijn gedurende circa een jaar 28.000 lichtmetingen uitgevoerd.

## ■ ENQUÊTES

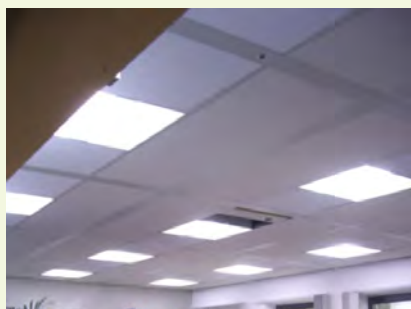
Enige algemene gegevens en bevindingen van de deelnemers voorafgaande aan het onderzoek zijn:



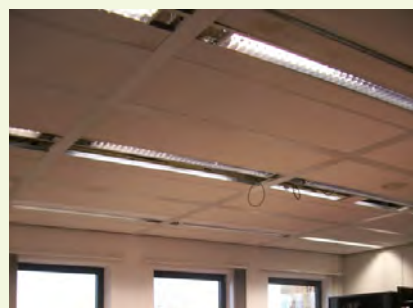
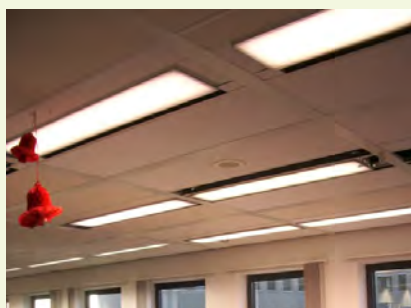
Locaties begane grond met verlichtingssystemen van Trilux (links biodynamisch lichtregeling, rechts handbediening)



Locaties 1<sup>e</sup> verdieping met links verlichtingssysteem van iGuzzini (biodynamische regeling) en rechts van RZB (handbediening)



Locaties 2<sup>e</sup> verdieping met links verlichtingssysteem van Zumtobel (biodynamische regeling) en rechts van Etap (twee locaties met biodynamische lichtregeling met verschillende instellingen)



Locaties 3<sup>e</sup> verdieping met links verlichtingssysteem van Philips (handbediening) en rechts eveneens van Philips (biodynamische regeling)

-Figuur 2- Overzicht diverse locaties en toegepaste verlichtingssystemen

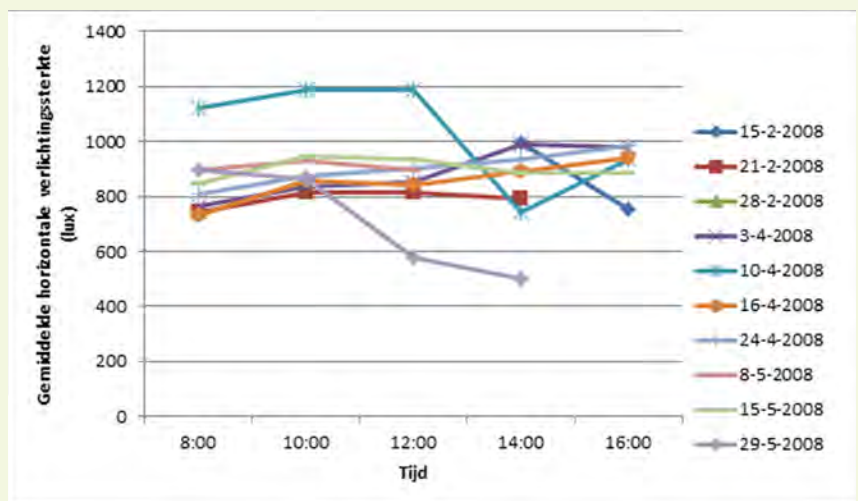
- de populatie bestaat vooral uit mannen (22 mannen/6 vrouwen);
- de leeftijd van de mannen ligt iets boven het landelijk gemiddelde;
- werkplekken c.q. verlichting worden als tamelijk saai ervaren;
- de helft van de ondervraagden heeft weleens over de verlichting nagedacht, meestal omdat op de een of andere manier hinder wordt ondervonden;
- contact met buiten wordt op prijs gesteld, maar soms wordt ook hinder ondervonden van het daglicht;
- een derde van de geënquêteerden heeft zeker wel/redelijk het gevoel dat verlichting op een positieve wijze bijdraagt aan het prestatievermogen, een ander derde deel een beetje;
- in de loop van de werkdag treden momenten op dat men zich moe of minder alert voelt. Op één na onderneemt men hier op de een of andere manier iets tegen;
- er worden behoorlijke verschillen ervaren tussen de zomer en de winterperiode, vooral met betrekking op slaapbehoefte, stemming en energieniveau;
- het energieniveau is in de winter lager en belemmert vier deelnemers matig tot duidelijk in het functioneren;
- tijdens de lunchpauze gaat de helft 10 minuten of minder naar buiten, een zesde circa 20 minuten en een derde tenminste 30 minuten;
- een derde geeft aan gemiddeld 40 uur per week op de werkplek aanwezig te zijn, een derde gemiddeld 32 uur, een vijfde gemiddeld 24 uur en de overigen minder dan 24 uur.

## RESULTATEN

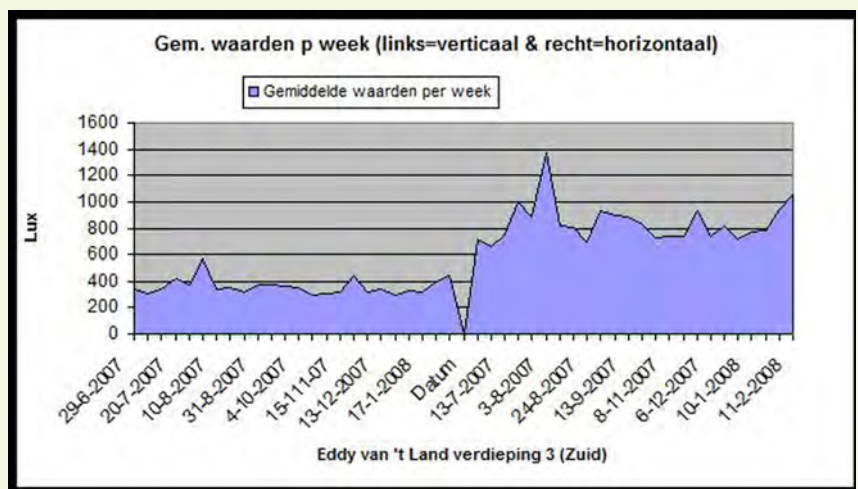
De enquête is gebruikt om na te gaan hoe de betreffende verlichting is ervaren en of deze mogelijk heeft bijgedragen aan betere werkomstandigheden. Hierbij is ook rekening gehouden met de leeftijd van de gebruikers. De gegevens zijn, voor zover van toepassing, vergeleken met die voor gebieden waarin een meer conventionele, algemeen gebruikelijke kantoorverlichting aanwezig is. Het onderzoek is zoveel mogelijk afgestemd op eerdere onderzoeken van de participerende fabrikanten. De ervaringen van de deelnemers zijn sterk wisselend, mede afhankelijk van de verlichtingsinstallatie waarmee betrokkenen te maken hebben gehad.

In grote lijnen zijn de ervaringen als volgt:

- de sterkst afwijkende installatie ten opzichte van de algemeen toegepaste verlichting in kantoren roept de meest uitgesproken reacties op over de kleurtemperatuur (17.000 K). Die wordt in het algemeen als te koel



-Figuur 3- Meetresultaten van een werkplek op de 3<sup>e</sup> verdieping, verlichtingssysteem Philips Savio (handbediend)



-Figuur 4- Berekende gemiddelde horizontale en verticale verlichtingssterkte op een werkplek op de 3<sup>e</sup> verdieping

- ervaren;
- bij de nulmeting kwam naar voren dat de gebruikers graag zelf het licht willen kunnen instellen. Bij vooraf in te stellen cycli wil men graag inspraak hebben;
- algemene conclusie is dat op de locaties waar handmatige instelling mogelijk is, de eenmaal ingestelde verlichting niet of nauwelijks meer wordt veranderd en er ook geen wensen voor aanpassing kenbaar worden gemaakt;
- bij de nulmeting werd aangegeven dat eigenlijk altijd iets wordt ondernomen als men vermoeid of minder alert is in de loop van de dag. Dit gedrag is echter niet terug te vinden in de onderzoeksperiode. Slechts 40% heeft aangegeven in deze periode daadwerkelijk iets ondernomen te hebben;
- prestatievermogen en concentratie lijken positief te worden beïnvloed door de nieuwe verlichting. De percentages voor een beetje of redelijk wat verbetering lopen van 20 tot 30%. Er kunnen echter over dit effect nog geen harde conclusies worden getrokken;

- de invloed van licht op alertheid wordt door bijna 75% onderschreven. 35% geeft aan dat deze tamelijk groot is en 10% zeer groot;
- 39% geeft aan dat de invloed van daglicht op de beleving tamelijk van invloed is geweest, 21% matig en 40% niet of nauwelijks;
- de mogelijke verbanden tussen slaappatroon en uren die in daglicht zijn doorgebracht gedurende de voorgaande dag, zijn interessant. Het lijkt zinvol om ook gegevens van de opgedane dosis daglicht in de hieraan voorafgaande week bij de beoordeling te betrekken;
- veranderingen in sfeer werden slechts enkele malen genoemd. Dit is in zekere zin teleurstellend. Opgemerkt kan worden dat men bij de nulmeting heeft aangegeven het kantoor nogal vaak als saai te ervaren. Als suggesties voor verbetering van de sfeer scoorden andere kleurstelling, ander meubilair en meer planten elk net zo hoog als andere verlichting.

Resultaten voor locaties met voorgeprogram-

meerde biologisch dynamische verlichtings-systemen zijn:

- 44% geeft aan tamelijk tot zeer veel van de dynamiek te merken. De rest soms of zelfs geheel niet;
- 62% geeft aan dynamische verlichting goed tot zeer prettig te vinden. 38% is hiervan niet of in mindere mate gediend;
- 67% vindt de ingestelde cyclus goed. De overigen willen dit graag aanpassen of willen liever een statische verlichting;
- 73% van de groep die aanpassingen wil zou graag het verlichtingsniveau aangepast willen hebben, 6% de lichtkleur en 21% beide;
- 45% wil graag aanpassing van de lichtkleur bij aanvang van de werkzaamheden, 22% om 11.00 uur, 22% direct na de lunch en 11% om 15.00 uur;
- 56% wil graag een neutraal witte lichtkleur (circa 4.000 K), 11% wil graag koeler licht en de overigen warmer wit licht;
- aanpassing van het verlichtingsniveau wordt voor zeer uiteenlopende tijdstippen gewenst: 16% om 7.00 uur voor degenen die vroeg beginnen, 25% om 9.00 uur, 6% om 11.00 uur, 12% om 13.00 uur en 41% om 15.00 uur;
- 91% wil dan graag meer tot zeer veel meer licht, 9% vindt dat het met minder toe kan.

De resultaten van de enquêtes die wekelijks zijn gehouden, zijn gedeeltelijk in de figuren 5, 6 en 7 weergegeven.

Sommige vragen zijn van toepassing voor iedereen (vragen 1 t/m 4 en 15 t/m 28) en een aantal vragen geldt specifiek voor gebieden met een biodynamische verlichting (vragen 6 t/m 14) en voor gebieden waarin de gebruikers zelf het niveau en de kleurtemperatuur in konden stellen (vraag 5).

## ■ LICHTMETINGEN

Uit de lichtmetingen kunnen interessante conclusies worden getrokken:

- op locaties waar de verlichting door de gebruikers kon worden ingesteld, werden in de meeste gevallen horizontale verlichtingssterkten ingesteld van 800 lux tot circa 1.900 lux;
- op de locatie op de 1<sup>e</sup> verdieping met handbediening werd de verlichting regelmatig afgestemd op het gebruik van de ruimte. Op locaties waar meerdere mensen gebruik maken van de verlichting is dit niet of nauwelijks het geval;
- dynamiek van de verlichting, dus regelmatige wisseling van niveau en lichtkleur, blijkt in de praktijk nauwelijks aanwezig. Er is ook relatief weinig verschil tussen de verlichtingsniveaus ter plaatse van de werkplek-

ken bij de gevel en die aan de gangzone. De verschillen tussen zomer en winter bedragen maximaal 500 lux. Oorzaak in de gegeven situatie lijkt vooral de relatief geringe lichttoetredingsfactor (LTA-waarde) van de beglazing van het gebouw. Deze bedraagt slechts 0,18, wat inhoudt dat slechts 18% van het daglicht dat op de ramen valt wordt doorgelaten. Belangrijke vraag is overigens of bij de instelling van een cyclus door de fabrikant rekening wordt gehouden met invallend daglicht.

## ■ CONCLUSIES

Uit de verkregen gegevens van de aanleg en het gebruik van de verschillende verlichtings-systemen, de metingen en de enquêtes kunnen verschillende conclusies worden getrokken.

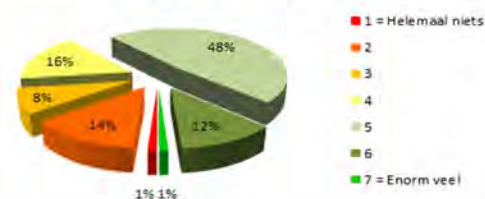
### Algemeen

Volgens NEN-EN 12464-1: 'Licht en verlichting – Werkplekverlichting – Deel 1: Werkplekken binnen' is in kantoorruimten voor het uitvoeren van de visuele taak een minimale gemiddelde verlichtingssterkte van 500 lux vereist. In Nederland wordt deze minimale waarde in het algemeen als uitgangspunt voor het ontwerp genomen. Dit houdt in dat een verticaal verlichtingsniveau van circa 175 tot 250 lux aanwezig zal zijn, een en ander afhankelijk van de toegepaste verlichtingsarmaturen. Dit heeft tot gevolg dat met name in de donkere maanden van het jaar bij aanvang van de werktijd geen volledige onderdrukking van het slaaphormoon plaats kan vinden. Dit kan dus ook van invloed zijn op de productiviteit en mogelijk ook op het welbevinden in de gegeven situatie.

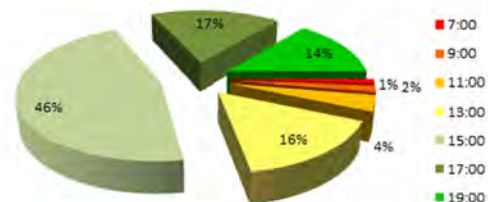
Op nagenoeg alle locaties was een niveau van tenminste 750 lux aanwezig, op locatie A2 – Administratie zelfs circa 1.800 lux tot meer dan 2.000 lux. Deze groep bleek het meest tevreden over het toegepaste systeem, het niveau en de sfeer. De meesten in de geautomatiseerde zones (met 750 tot 900 lux) die aangaven aanpassingen te willen, zouden op bepaalde tijden graag een hoger niveau willen. Conclusie is daarom dat een hoger niveau dan het minimaal volgens de norm voorgeschreven niveau wenselijk is om goed te kunnen functioneren. Dit is overigens ook in het verleden met diverse onderzoeken aangetoond.

Een algemene conclusie is verder dat een groot deel van de geënquêteerden vindt dat verlichting een bijdrage levert aan het prestatievermogen en de alertheid. Tevens is er een groot verschil in energie- en slaapbehoefte in de winter. Meer licht zou hieraan een belangrijke positieve bijdrage aan kunnen leveren. Wat niet direct is af te leiden uit de enquêtes is

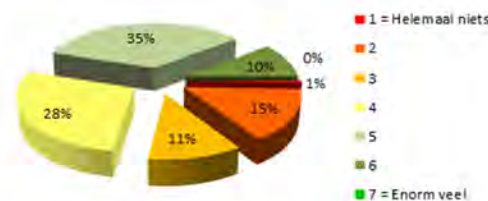
### Vraag 2. In welke mate draagt de verlichting bij aan uw prestatievermogen?



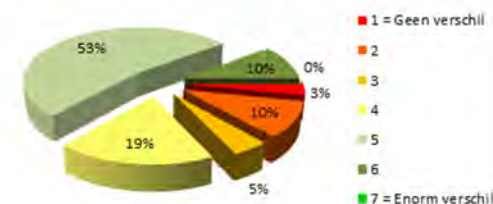
### Vraag 3. Wanneer voelt u zich minder alert?



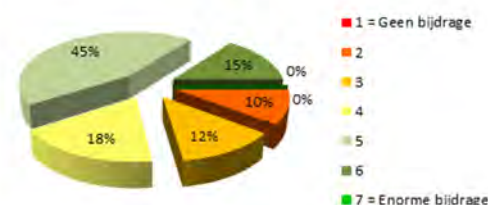
### Vraag 4. Hoe schat u de invloed van de verlichting op verminderde alertheid?



### Vraag 24. Bemerkt u een verschil in uw energie tussen winter en zomer?

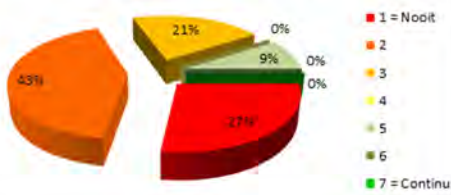


### Vraag 26. In welke mate draagt volgens u de verlichting hieraan bij?



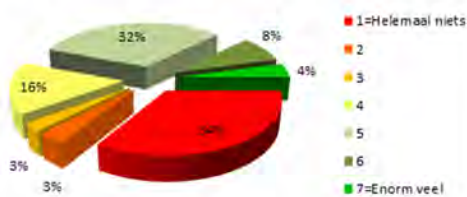
-Figuur 5- Resultaten van enkele algemene vragen

**Vraag 5. Hoe vaak gebruikt u deze handbediening? (Alleen handbediende systemen)**

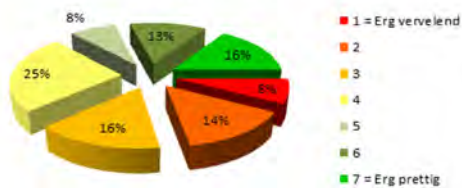


-Figuur 6- Resultaat van een vraag over het handbediend systeem

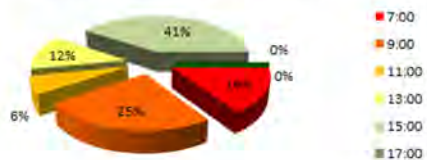
**Vraag 6. Merkt u iets van dynamiek in de verlichting? (Alleen automatische systemen)**



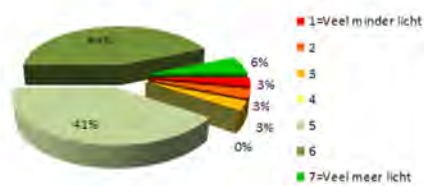
**Vraag 7. Wat vindt u van deze dynamiek? (Alleen automatische systemen)**



**Vraag 13. Op welk moment zou u met name de hoeveelheid licht willen aanpassen? (Alleen automatische systemen)**



**14. Hoe zou u dan de hoeveelheid licht aanpassen? (Alleen automatische systemen)**



-Figuur 7- Resultaten van vragen over biodynamische systemen

welke groep het meest tevreden is: die met een handbediend systeem of een geautomatiseerd verlichtingssysteem. Wel is het zo dat de groep met een automatisch systeem graag zo nu en dan aanpassingen wil doorvoeren. De groep die handmatig de verlichting kan beïnvloeden, doet dit na een bepaalde instelling niet of nauwelijks meer doen. Dit geldt met name voor de ruimten waarin zich meerdere mensen bevinden.

**Technologie**

Verlichtingssystemen voor biodynamische verlichting en verlichtingssystemen voor individuele regeling van verlichtingsniveau en kleurtemperatuur zijn nog niet altijd op eenvoudige wijze te installeren en in bedrijf te stellen.

**Verlichting en energiegebruik**

Zowel bij de verlichting met persoonlijke instellingsmogelijkheden als die met voorgeprogrammeerde instellingen worden op nagenoeg alle locaties verlichtingsniveaus van 800 lux en hoger als comfortabel ervaren. Dit is tenminste 300 lux meer dan minimaal is vereist volgens eerder genoemde norm NEN-EN 12464-1. In dat geval moet ook het geïnstalleerde vermogen tenminste 60% hoger zijn en zal, in de gegeven situatie, tevens het energiegebruik stijgen.

Om dit laatste te voorkomen, moet ervoor gezorgd worden dat meer gebruik kan worden gemaakt van het daglicht. Dit houdt in dat de kunstverlichting regelbaar dient te zijn. Bij toepassing van een voorgeprogrammeerd biologisch dynamisch verlichtingssysteem dient ook een lichtsensor te worden toegepast. Via deze sensor moet er dan wel voor worden gezorgd dat gewenste minimale waarden voor verlichtingsniveau en kleurtemperatuur gehandhaafd blijven.

In de gegeven situatie kan slechts in zeer beperkte mate of nauwelijks gebruik worden gemaakt van het daglicht voor beperking van het energiegebruik, omdat beglazing is toegepast met een zeer geringe lichtdoorlatendheid.

**Maatschappelijke ontwikkelingen**

Diverse onderzoeken tonen aan dat biologisch dynamische verlichting ook een positieve bijdrage levert aan prestatie en welbevinden. Er zijn diverse systemen op de markt gebracht die hierop zijn gebaseerd. Toch worden ze vooralsnog relatief weinig toegepast. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door het feit dat maatschappelijk energie-efficiënte verlichting in de afgelopen jaren een hoge prioriteit heeft gekregen.

Zoals was te verwachten levert het uitgevoerde onderzoek een aantal belangrijke con-

clusies op. Deze zijn echter onvoldoende om uitspraken te kunnen doen over de concrete mate van verbetering van prestatie, welbevinden en gezondheid in kantooromgevingen. Het blijft daarom belangrijk om verder onderzoek uit te voeren op basis van de opgedane ervaringen en verkregen resultaten. Op basis van de resultaten van het onderzoek dient overleg plaats te vinden met de leveranciers van de biodynamische verlichting over mogelijke aanpassingen van de cyclus (niveau en kleurtemperatuur), eventueel ook verschillend voor zomer en winter in overleg met fabrikanten. Dit onder andere om meer dynamiek te kunnen realiseren. Om het energiegebruik zo beperkt mogelijk te houden, dient tevens gezocht te worden naar een nauwkeurigere afstelling van de bovengrens van de verlichtingssterkte. Tevens moet worden onderzocht of het mogelijk is om de cyclus af te stemmen op het daglicht, zowel met betrekking tot dynamiek als het energiegebruik.

**DANKWOORD**

Dank gaat uit naar de Grontmij en TVVL die het onderzoek mogelijk hebben gemaakt. Daarnaast leverden ook Philips en Trilux een substantiële bijdrage. Het volledige rapport is terug te vinden op [www.tvvl.nl](http://www.tvvl.nl).

**LITERATUUR**

- Lighting the graveyard-shift: the influence of a daylight-simulating skylight on the task performance and mood of night shift workers – P.R. Boyce et. al. – Lighting Research and Technology, 1997
- Industriële verlichting en productiviteit – ir. W.J.M. van Bommel, ir. G.J. van den Beld en ir. M.H.F. van Ooyen – Philips Lighting, Nederland- augustus 2002
- Licht en gezondheid voor werkenden – Aanbeveling NSVV, november 2003
- Werkverlichting: Visuele en biologische effecten – ir. W.J.M. van Bommel en ir. G.J. van den Beld, Philips Lighting, Nederland, april 2003
- Beter licht – hogere cijfers? Presentatie van de Universitätsklinik Hamburg en Philips betreffende onderzoek naar effect van verlichting in scholen, 27 november 2008
- The Effects of Light on Human Psychology and Behaviour – G.C. Brainard en C.A. Bernecker – Proceedings of the 23th session of the CIE, New Delhi, 1995
- Effect of lensed-indirect and parabolic lighting on the satisfaction, visual health, and productivity of office workers – Alen Hedge, William R. Sims en Franklin D. Becker – Ergonomics, Vol. 38, No. 2, 260-280, 1995
- CIE publicatie 158: Ocular lighting effects on human physiology and behavior - 2004