

Verlichting en bezonning van interieurs¹⁾

Ir. J. VAN IERLAND en A. F. Ch. VAN DER LINDEN

INSTITUUT VOOR GEZONDHEIDSTECHNIEK TNO²⁾

Samenvatting

Als gevolg van nieuwe verlichtingstechnische mogelijkheden enerzijds, nieuwe eisen anderzijds, worden ontwerpers geconfronteerd met meer en ingewikkelder keuzen. Dit betekent dat meer gegevens nodig zijn over mogelijke consequenties van alternatieve oplossingen. Onderhanden onderzoeken van het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO worden belicht, betreffende de subjectieve aspecten van verlichting. Enkele resultaten worden getoond inzake bezonning van woningen en inzake kantoorverlichting. In uitvoering zijn een onderzoek betreffende gebruik van kunstlicht overdag en een naar de invloed van spiegelende reflectie op het zien. Het Instituut houdt zich voorts bezig met berekening van dagverlichting in een vroeg stadium van ontwerp. Methodes en basisgegevens hiertoe worden getoetst onder andere door vergelijking van gemeten en berekende daglichtfactoren in een aantal praktijksituaties.

Summary

As a consequence of new lighting possibilities on one hand, new requirements on the other hand, designers are faced with more choices and choices of increasing complexity. As a base for decisions a growing body of factual knowledge is needed of consequences of alternative solutions. The Research Institute of Public Health Engineering TNO tries to contribute to this knowledge. Recent and current investigations, especially those concerning subjective aspects, are illustrated. Some results are shown about sunshine in dwellings and about office-lighting. In course of execution are investigations in daytime use of artificial lighting and on effects of specular reflection on vision. Furthermore the Institute is engaged in daylight calculations from early designs of buildings. Methods and basic assumptions for these calculations are being evaluated by comparison of measured and computed daylightfactors in a number of situations.

1. Inleiding

De ontwikkeling op het gebied van de verlichtingstechniek en verwante technieken biedt *nieuwe mogelijkheden* voor binnenverlichting. Mede als gevolg van andere ontwikkelingen — technische en economische — zijn ook onze *eisen veranderd* en meer gedifferentieerd. Deze beide tendensen — geïllustreerd in de figuren 1 tot en met 3 resp. 4 en 5 — betekenen dat wij bij het ontwerpen geconfronteerd worden met meer en subtielere keuzen dan voorheen. Voor een verantwoorde keuze is daarom ook meer kennis vereist van de consequenties van alternatieve mogelijkheden. Het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO tracht ertoe bij te dragen dat in deze kennis wordt voorzien.

De hierna volgende paragrafen geven een beeld van de uitkomsten van recent onderzoek en van enige problemen die thans onze aandacht hebben. Voor vroeger werk zij verwezen naar eerdere publikaties [9, 10].

2. Kunstverlichting van kantoren en andere werkruimten

2.1 Verlichtingssterkte

Er is velerlei onderzoek verricht naar de invloed van de verlichtingssterkte op het zien. Bij het stre-

ven om daarop aanbevelingen te baseren, stuit men vooral op de volgende problemen:

- hoe rekening te houden met het verschil tussen laboratorium- en praktijk-omstandigheden?
- hoe, voor een bepaalde plaats en tijd, het optimum te bepalen van goede waarneming enerzijds, verantwoorde kosten anderzijds?

Daarom bestond de behoefte het probleem ook langs een andere weg te benaderen, nl. door een enquête in de praktijk (fig. 6).

2.2 Kwaliteit

Blijkens antwoorden op een algemene vraag bij bovengenoemde enquête, naar het „oordeel over de verlichting, afgezien van de hoeveelheid licht”, laat de kwaliteit van de kunstverlichting in kantoren voor 22% van de ondervraagden „wel wat” en voor 3% „veel” te wensen over.

Specifieke vragen provoceren uiteraard meer kritiek (50% van de ondervraagden), maar geven een indruk welke kwaliteitsaspecten het meest worden verwaarloosd:

„ongunstige lichtinval, b.v. spiegeling op het werk”	29% ondervraagden
„ongunstige kleur van het licht”	19% ondervraagden
„ongunstige helderheidsverhoudingen, te grote contrasten”	15% ondervraagden
„flikkeren van het licht”	14% ondervraagden
„brommen van de lichtinstallatie”	5% ondervraagden
„andere bezwaren nl. . . .”	7% ondervraagden

¹⁾ Publikatie no. 261 van het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO.

²⁾ De beschrijving van een tweede onderwerp uit het programma van het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO moest door ziekte van de auteur achterwege blijven. Hieraan zal in een volgend nummer een artikel worden gewijd.

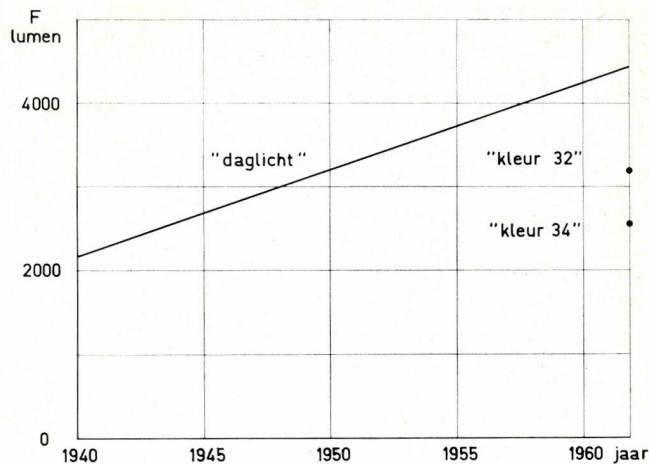


Fig. 1. Lichtstroom (F) van 80 W fluorescentielampen [1]. De tegenwoordige lampen met de goede kleureigenschappen — „32” en „34” — geven meer licht dan vroegere „daglicht”-lampen met hoge specifieke lichtstroom.

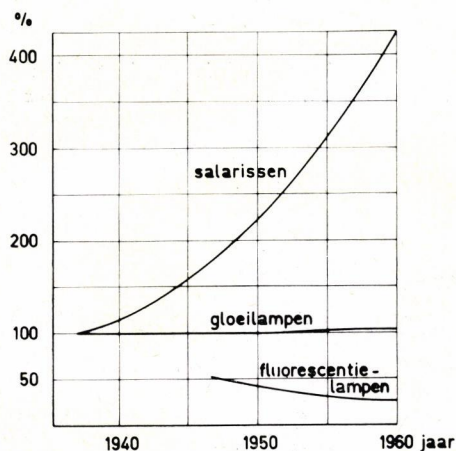


Fig. 3. Kosten van kantoorverlichting en relevante salarissen (vr. personeel) als percentage van die in 1938 (Engeland) [1].



Fig. 5. Nieuwe taken, nieuwe eisen. Montage van geheugenmatrices. Directe bovenverlichting 2000 lux, onderverlichting 50 lux (archief Philips).

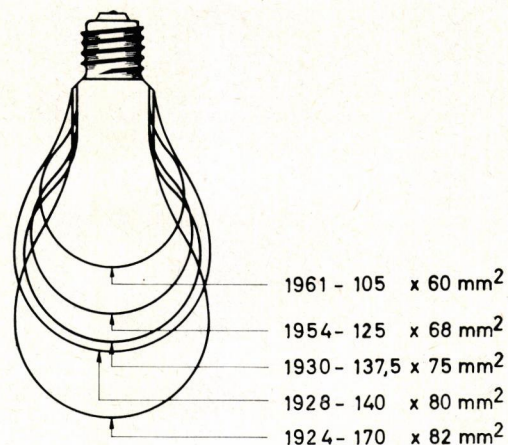


Fig. 2. Afmetingen van een 100 watt gloeilamp [11].

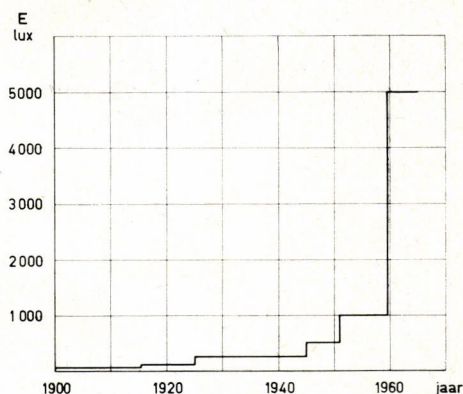


Fig. 4. Aanbevolen verlichtingssterkten (E) in de V.S. voor fijn montagewerk.

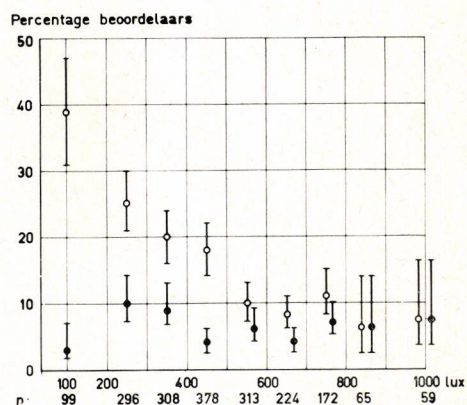


Fig. 6. Oordeel over de verlichtingssterkte op schrijftafels [3]. Het percentage „te hoog” of „aan de hoge kant” houdt in dit gebied geen verband met de verlichtingssterkte. Bij 500 à 1000 lux is de fractie oordelen „te laag” of „aan de lage kant” $\leq 10\%$ (gemiddelde omstandigheden o.a. wat kwaliteit betreft; elke steekproef bevat meerdere organisaties).

- „te hoog” of „aan de hoge kant”
- „te laag” of „aan de lage kant”
- ┘ 95%-betrouwbaarheidsgebied.



Fig. 7. Meer licht, minder zicht.
Contrastverlies door reflecties bij verkeerde lichtinval.

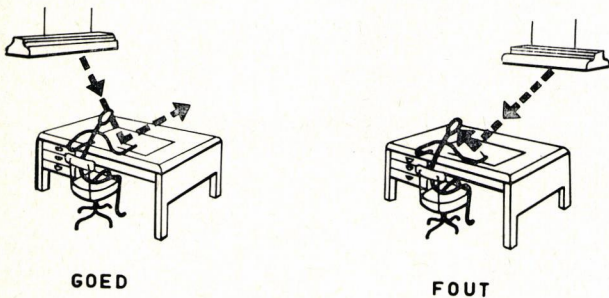


Fig. 9. Juiste plaatsing van lichtbronnen met het oog op doelmatige opstelling van bureaus [2].

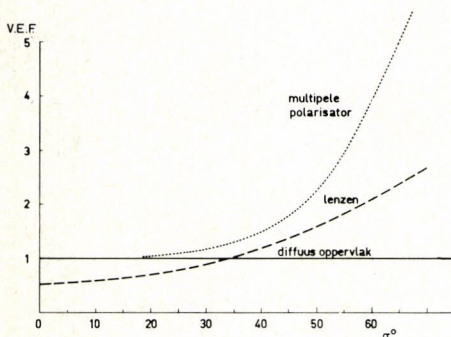


Fig. 10. Het effect van een kwaliteitsverbetering (i.e. contrastverhoging door een andere wijze van verlichting) op de zichtbaarheid van het object (i.e. potloodschrift) kan volgens Blackwell worden uitgedrukt in de „Visual Effectiveness Factor”,

$$V.E.F. = \frac{E_1}{E}$$

Hierin is E de gegeven verlichtingssterkte en E_1 de waarde waartoe men de verlichtingssterkte zou moeten opvoeren om bij de oorspronkelijke kwaliteit het object even zichtbaar te maken als na de kwaliteitsverbetering.

α is de hoek van de kijkrichting met de verticale. In kantoren en scholen bedraagt α gemiddeld 28 à 30°; $s_\alpha = 13^\circ$; $n = 363$ [12].

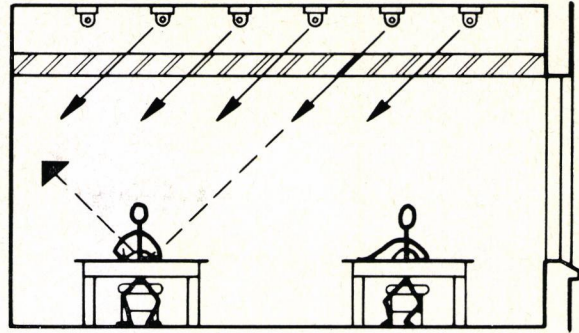


Fig. 8. Roosters van doelmatige vorm ter vermindering van contrastverlies [2].

Blijkens de specificaties bij „ander bezwaren n.l.” en blijkens spontane opmerkingen verdient schakelmogelijkheid speciale aandacht, d.w.z. de mogelijkheid voor aanpassing aan individuele, plaatselijke of tijdelijke behoeften.

2.2.1 Beperking van „contrastverlies door reflecties”

Het verschijnsel:

„meer licht, minder zicht” bij verkeerde lichtinval (fig. 7).

Omvang en draagwijdte:

contrastverliezen tot 20% zijn geen uitzondering; en 1% contrastverlies vereist volgens Blackwell [8] ter compensatie ca. 15% extra verlichtingssterkte (van goede kwaliteit).

Remedies:

- roosters van doelmatige vorm (fig. 8).
- juiste plaatsing van lichtbronnen met het oog op de meest voor de hand liggende opstelling van bureaus (fig. 9).
- gepolariseerd licht; praktische mogelijkheden hiervan zijn nog een punt van discussie (fig. 10).

Nader onderzoek is bij het IG in voorbereiding, betreffende de invloed van contrastverlies op het zien en op het oordeel over de verlichting, in het bijzonder over de verlichtingssterkte.

2.2.2 Consequenties voor aanbevelingen en ontwerpen

De verlichtingssterkte op het werkvlak is volgens het voorafgaande geen voldoende maatstaf. Het accent in aanbevelingen verschuift dan ook van kwantiteit naar kwaliteit. Nieuwe perspectieven biedt de methode van ontwerpen op basis van gewenste helderheidsindrukken. Verder onderzoek op dit gebied is nodig, alvorens deze methode ruime toepassing kan vinden.

Ook bij de gebruikelijke methode is vroegtijdig overleg tussen architect, verlichtingsdeskundige en andere specialisten voorwaarde voor een verantwoord ontwerp.



Fig. 11. Bouwen bepaald door dagverlichting. TNO Zuidpolder Delft.

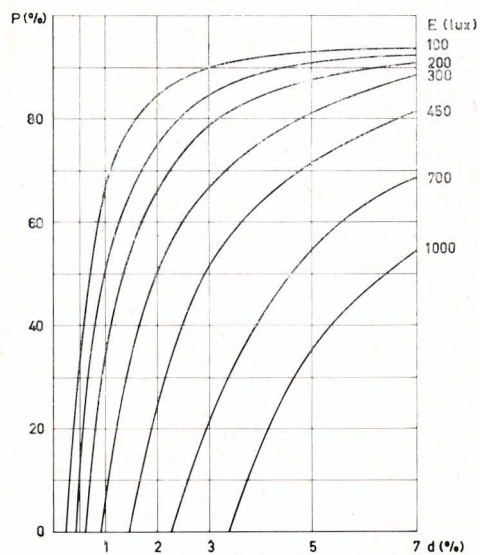


Fig. 12. Percentage (p) van de jaarlijkse werktijd-bij-dag, dat men bij gegeven daglichtfactor (d) op zekere verlichtingssterkte (E) kan rekenen [7]. De daglichtfactor is de verlichtingssterkte in procenten van de gelijktijdige verlichtingssterkte in het vrije veld, direct zonlicht buiten beschouwing gelaten.

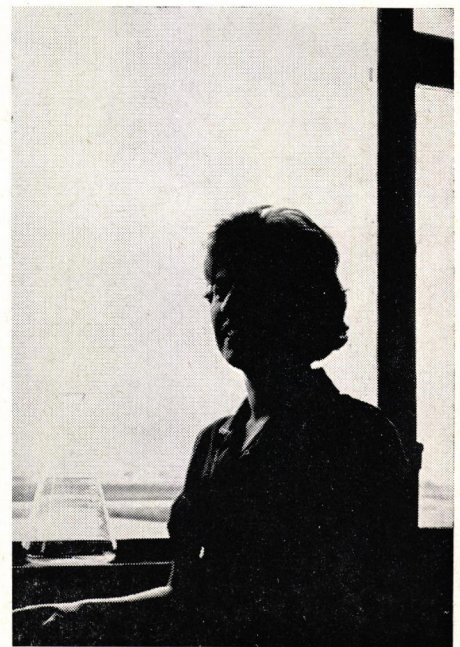


Fig. 13. Kwaliteit van dagverlichting. Uw gesprekspartner: ondoorgrondelijk.

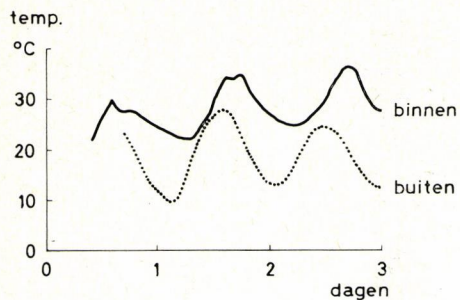


Fig. 14. Verloop van binnentemperatuur in zonnige periode [5]. Gevel op het zuiden; 67% glas; dubbele beglazing; mei.



Fig. 15. Nieuwe mogelijkheden. Aula TH Delft.

(Foto F. Keuzenkamp, Delft)

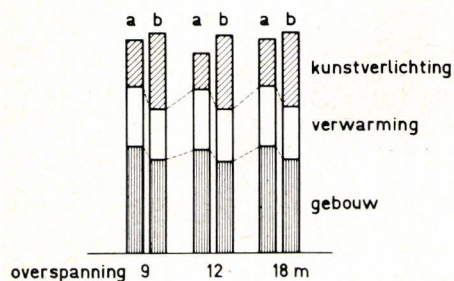


Fig. 16. Vergelijking van totale jaarlijkse exploitatiekosten van zekere laagbouw voor gebruik bij dag; verlichtingssterkte 300 lux; afschrijving in 25 jaar.

- a) dagverlichting (600 u kunstlicht p. j.)
 b) geen dagverlichting (3000 u kunstlicht p. j.) [6].

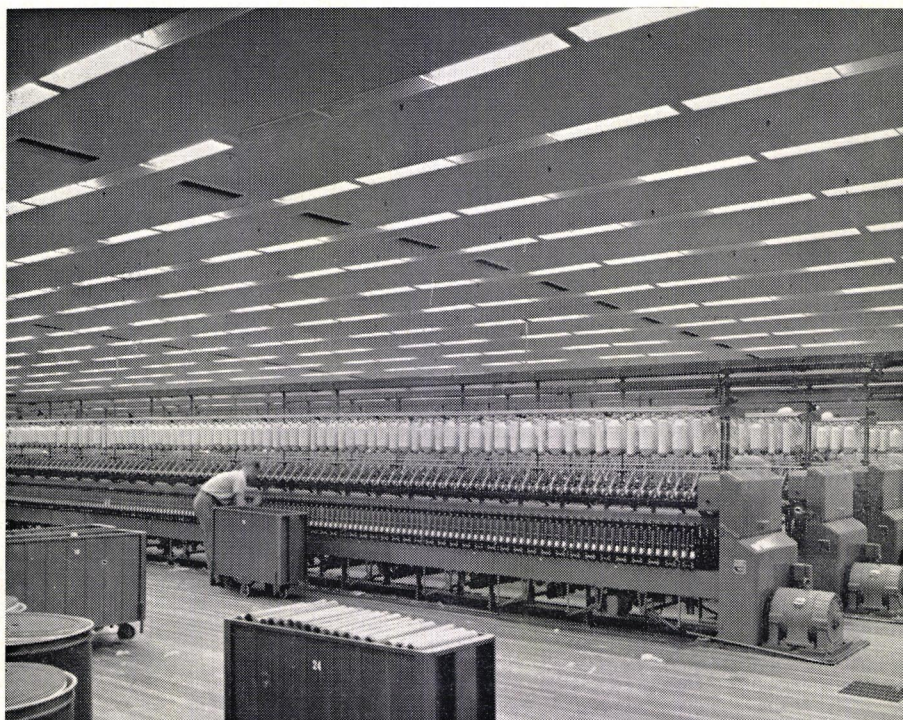


Fig. 17. Daglichtloze ruimte.

Spinnerij Gelderman, Oldenzaal.

3. Algemene kunstverlichting tijdens de daguren in werkruimten

Sedert de oudheid was het bouwen bepaald door de noodzaak van dagverlichting (fig. 11). Het daglicht was het ideaal waaraan de prestaties van de verlichtingstechniek werden getoetst. Thans is kunstlicht noodzaak en daglicht facultatief. Wij kunnen ons veroorloven, ons rekenschap te geven dat ook het daglicht zijn beperkingen heeft. Het is zelfs de vraag of wij ons kunnen veroorloven, ons daar geen rekenschap van te geven. Deze beperkingen betreffen:

- tijd en mate van beschikbaarheid (fig. 12)
- kwaliteit van de verlichting (fig. 13)
- bijverschijnselen (fig. 14)
- economische aspecten, w.o. ruimtebesteding en gebruik van bouwgrond (zie par. 3.1)
- mogelijkheden qua constructie en vormgeving bij het bouwen (fig. 15).

Wij kunnen thans — afhankelijk van de situatie — voor de daguren kiezen tussen dag- en kunstverlichting en veel varianten van een combinatie van beide, die meer en meer gebruikelijk is. Ook deze keuze kan meer verantwoord, d.i. meer op redelijke overwegingen en minder op vooroordeel, gebeuren naar mate men over gegevens beschikt.

3.1 Permanent kunstlicht overdag in combinatie met daklichten?

In diepe werkruimten kunnen vensters (lichtopeningen in de wanden nabij ooghoogten) niet voorzien in de verlichting van de ruimte als geheel.

Men is hiervoor aangewezen:

- hetzij op bovenlichten (sheds, koepels e.d.) en dus op laagbouw
- hetzij op algemene kunstverlichting

Hygiënisch aspect:

Er zijn hardnekkige opvattingen dat bij gelijke omstandigheden (b.v. het al of niet aanwezig zijn van uitzichtstroken) de ruimte met daglicht via bovenlichten uit oogpunt van hygiëne of visuele behaaglijkheid verkieslijk is boven die met uitsluitend kunstverlichting. Dit kan tot dusver niet door feiten worden bevestigd. De meest steekhoudende argumenten voor dagverlichting betreffen niet visueel comfort of fysiologische invloeden van het daglicht als zodanig maar klimatologische nevenverschijnselen.

Economisch aspect:

In het algemeen beschouwd, is bij diepe werkruimten de exploitatierekening (rente, afschrijving, onderhoud, verwarming en verlichting) in geval van kunstverlichting gunstiger, omdat men dan niet op laagbouw is aangewezen. Waar op andere gronden tot laagbouw is besloten en uitsluitend in dagploegeen wordt gewerkt kan dagverlichting in het voordeel zijn, zij het marginaal (fig. 16).

De zeer gebruikelijke combinatie van permanente kunstverlichting bij dag met bovenlichten, waarvoor uiteraard evenmin steekhoudende hygiënische of psychologische argumenten bekend zijn, is, afgezien van speciale situaties, ook economisch niet te verdedigen. Immers, ofwel de dagverlichting is gedurende de meeste daguren toereikend: dan is permanent kunstlicht overbodig; ofwel zij is het niet: dan is uitsluitend kunstverlichting de voordeligste oplossing (fig. 17).

3.2 Permanent kunstlicht in combinatie met vensters

Hopkinson [7] ontwikkelde via model-onderzoek aanwijzingen voor permanent gebruik van kunstlicht overdag in combinatie met vensters.

Zijn uitgangspunt was — terecht — dat een goede kunstverlichting voor dergelijk gebruik tot meer moet dienen dan alleen aanvullende verlichtingssterkte, nl.: het scheppen van gunstige luminantie-verhoudingen¹⁾, met inachtneming van luminanties van en nabij het venster (fig. 18). Omdat ons oog zich instelt op de gemiddelde luminantie in het gezichtsveld kan nl. een verlichtingssterkte die bij kunstlicht voldoende is, ontoereikend zijn bij daglicht. Het onderzoek leidde dan ook tot de paradoxale conclusie dat men, tot op zekere hoogte, bij combinatie *meer kunstlicht behoeft naarmate men meer daglicht toelaat*, met andere woorden dat men geld verspilt aan kunstverlichting naar mate men het venster groter kiest dan noodzakelijk is. Deze conclusie leidt tot de vraag naar de *optimale venstergrootte en -vorm* in verband met verdere dimensies.

Het venster

Hopkinson koos als criterium dat men overal in de ruimte de indruk heeft, overwegend bij daglicht te werken. Dit is slechts bereikbaar in matig diepe ruimten (tot ca. 12 m bij enkelzijdige beglazing, ca. 20 m bij dubbelzijdige) en bij vensterhoogten die minder van de gebruikelijke afwijken naar mate de diepte van het vertrek groter is (fig. 19). Men verwarre intussen Hopkinson's criterium niet met een algemene en onveranderlijke behoefte. Hierdoor zou men nodeloos het gebruik van dure bouwgrond beperken.

Een ander standpunt — dat eveneens nadere verificatie behoeft — is dat het venster als bron van daglicht niet, daarentegen ter wille van het uitzicht wel vereist is. Volgens dit standpunt kan men met kleinere vensters volstaan en heeft men ook wat de diepte van de ruimte betreft grotere vrijheid (fig. 20).

Verder onderzoek is in voorbereiding naar de functie van het venster en de waardering van diverse grootten en vormen in verschillende situaties. Een grondige her-oriëntatie is nodig, nu wij sedert kort voor een goede verlichting niet op daglicht zijn aangewezen, en dit zelfs voor een aantal situaties tekortschiet.

¹⁾ Luminantie is een fysisch begrip, verwant aan het begrip helderheid uit het dagelijkse spraakgebruik.



Fig. 18. Aanvullend kunstlicht. Betere verhoudingen.

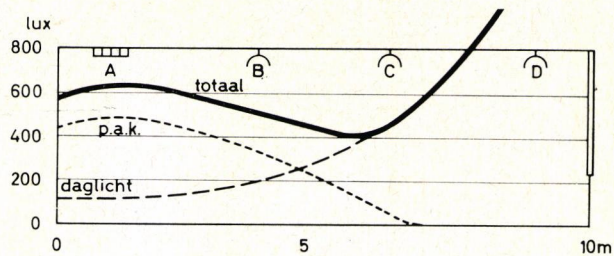


Fig. 19. „Permanent aanvullend kunstlicht” volgens Hopkinson [1, 7].

Bij dag zijn alleen A en B in gebruik.

Bij avond worden zij gedeeltelijk uitgeschakeld.

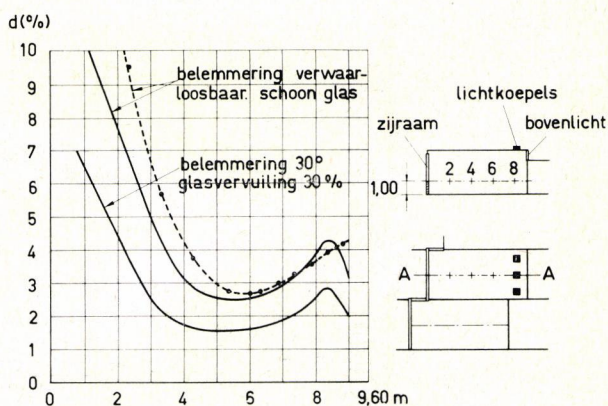


Fig. 21. Resultatencontrole daglichtberekening.

Daglichtfactor d als functie van de afstand tot het hoofdstraal.

..... meting } in doorsnede A-A
 ————— berekening } op 1 m hoogte



Fig. 20. Uitzichtstroken.

Tomado, Dordrecht.

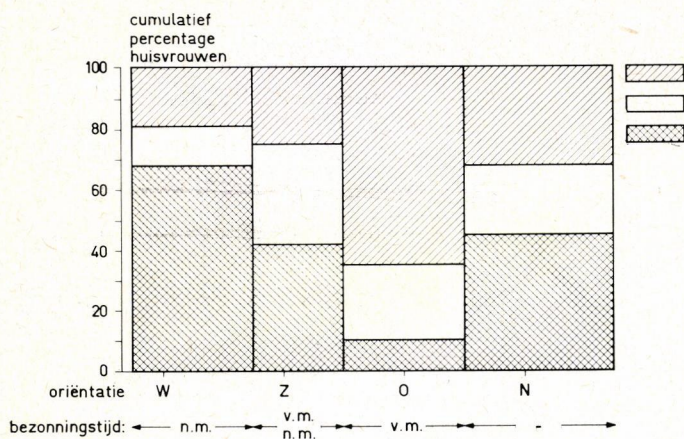


Fig. 22. Bezonningsstijd van de woonkamer [4]. Voorkeur van de huisvrouw gerelateerd aan de bestaande toestand.

Voorkeur voor v.m.
 Geen voorkeur.
 Voorkeur voor n.m.

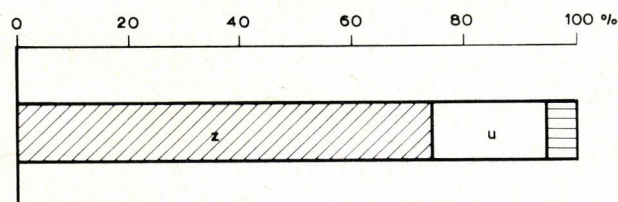


Fig. 23. Waaraan geeft U de voorkeur voor een woonkamer: een mooi uitzicht (u), of zon (z)? $n = 893$ [4].

4. Berekening van dagverlichting

Rekenmethoden en aannamen voor berekening van dagverlichting worden op hun praktische waarden getoetst door resultatencontrole in diverse situaties (fig. 21).

5. Bezonnning van woningen

Tot de schaarse gegevens over de wenselijke bezonnning van woningen leverde het Instituut voor Gezondheidstechniek een bijdrage door middel van een enquête onder leiding van Drs. Bitter [4] onder Nederlandse huisvrouwen. Enkele resultaten van deze enquête zijn:

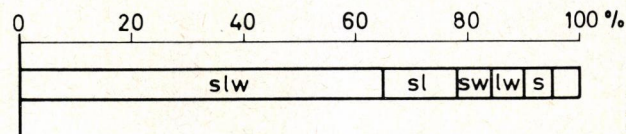


Fig. 24. „Wenst U zon in de huiskamer ter wille van de warmte (w), het licht (l) of de sfeer (s)?” [4]. Onder de motieven overweegt sfeer ($n = 893$).

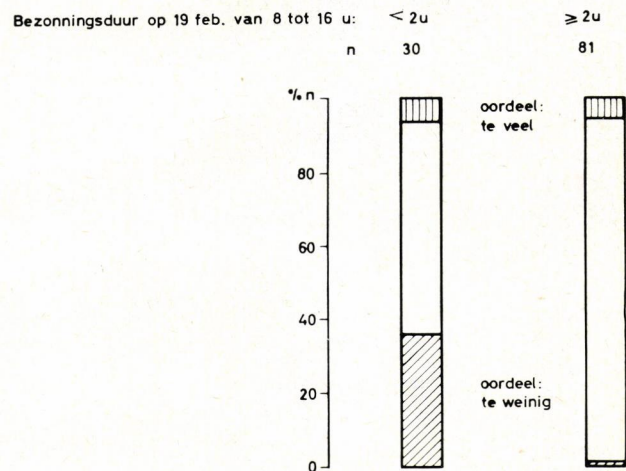


Fig. 25. Oordeel van de huisvrouwen over de bezonningsduur van woonkamers [4]. De huisvrouw is tevreden met de bezonnings situatie in die gevallen, waar blijkens meting tenminste gedurende 2 u zonlicht kan toetreden op 19 feb. tussen 8 en 16 u. Met de overige situaties is ruim een derde van de huisvrouwen niet tevreden.

- De behoeften op dit gebied zijn niet onveranderlijk, maar hangen onder andere samen met wat men gewend is (fig. 22).
- Men verkiest voor de woonkamer zon boven een mooi uitzicht (fig. 23).
- Onder de motieven waarom men zonlicht in de woning wenst overweegt de sfeer (fig. 24).
- Een bezonningsduur van meer dan 2 uur op 19 februari tussen 8 en 16 uur leidt tot algemene tevredenheid (fig. 25).

Literatuur:

- [1] Lighting and productivity in factories and offices.
British Lighting Council, 1962.
- [2] Artificial lighting in factory and office.
C.I.S.-information sheet no. 11, I.L.O. Genève, 1965.
- [3] J. van Ierland: Enquête over kantoorverlichting.
Electrotechniek **43** (1965), 18.
- [4] C. Bitter: Waardering van zonlicht in huis.
Bouw 1962, nr. 11.
- [5] Window design and solar heat gain.
Building Research Station Digest 68 (2nd series),
maart 1966
- [6] P. Manning: Daylighted or windowless design for
single-storey factories.
Light and Lighting, juli 1963, p. 188.
- [7] R. G. Hopkinson e.a.: Integrated daylight and artificial
light in interiors.
C.I.E. Wenen, 1963, p. 63-12.
- [8] H. R. Blackwell: The visual benefit of polarized light.
A.I.A. Journal nov. 1963 p. 87.
- [9] J. van den Eijk: Dagverlichting en bezonning.
Polytechnisch Tijdschrift B, februari 1962, p. 135-140.
- [10] B. Feitsma: Zonwering. Het beperken van zon-instraling
en lichthinder in werkruimten.
Bouw, mei 1964, p. 754-760.
- [11] A. G. Penny: Changes in the dimensions of incandescent
filament lamps.
- [12] C. L. Crouch and J. E. Kaufmann: Practical application
of polarization and light control for reduction of
reflected glare.
Illuminating Engineering april 1963 section I p. 277.