

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Het verband tussen de waargenomen zichtbare baanlengte  
en de aanwijzing van een transmissometer

door

Drs. A.H.C. Stalenhoef

De Bilt, januari 1967

Het verband tussen de waargenomen zichtbare baanlengte  
en de aanwijzing van een transmissometer

door

Drs. A.H.C. Stalenhoef

1. Inleiding

Sinds 10 maart 1962 wordt de zichtbare baanlengte of runway visual range (RVR) langs baan 19 op het vliegveld Schiphol bepaald met behulp van een 14-tal lichten uit de rij van de linker baanlichten. Deze 14 lichten zijn zodanig ingesteld, dat een waarnemer die zich op ongeveer 140 meter afstand van de hartlijn aan het begin en rechts van deze baan bevindt, ze ziet onder maximale intensiteit.

Met behulp van deze gerichte baanlichten kan een waarnemer zichtbare baanlengten bepalen, die liggen tussen 200 en 1500 meter, toenemend in stappen van 100 meter.

In de directe omgeving van baan 19 staan twee transmissometers opgesteld. Beide instrumenten meten, over een lichtweg van 160 meter en op een hoogte van ongeveer 2 meter boven het aardoppervlak, de extinctie-coëfficiënt van de atmosfeer.

Eén van de transmissometers staat opgesteld in de richting noord-zuid (de lichtweg waarover gemeten wordt, loopt dus ongeveer evenwijdig aan baan 19), op ongeveer 165 meter afstand van de hartlijn, links van baan 19. De afstand van de ontvanger van deze transmissometer tot aan de waarnemer van de zichtbare baanlengte is ongeveer 950 meter. De ontvanger van deze transmissometer kijkt naar het noorden.

De andere transmissometer staat dwars over de kop van baan 19, zender en ontvanger staan aan weerszijden van de baan op ongeveer 80 meter afstand van de hartlijn. De afstand van de ontvanger tot aan de waarnemer is nu ongeveer 225 meter. De ontvanger kijkt hier ongeveer naar het oosten.

De metingen van de extinctie-coëfficiënt met de langs-transmissometer zijn begonnen in december 1958, terwijl die met de dwars-transmissometer zijn begonnen op 26 december 1963. Vóór 10 maart 1962 werd de zichtbare baanlengte bepaald vanaf een waarnemingspunt op de hartlijn en aan de drempel van baan 19. Het vergelijken van de waargenomen zichtbare baanlengte met de - nagenoeg simultaan gemeten - transmissie van de langs-transmissometer voor wat betreft de waarnemingen verricht in de periode vóór 10 maart 1962, is gebeurd. Het resultaat is te vinden in [1], waar ook de reden vermeld staat waarom is overgegaan tot het waarnemen van op de waarnemer gerichte baanlichten.

Het onderhavige rapport moet worden gezien als een voortzetting van het onderzoek begonnen in [1] en heeft betrekking op de waarnemingen verricht in de periode 10-3-1962 tot aan 1-1-1966, waarbij dus vanaf 26-12-1963 bijna altijd naast een waargenomen zichtbare baanlengte, zowel een langs- als een dwarsgemeten transmissiewaarde beschikbaar is.

## 2. Doel van het onderzoek

Door het streven bij de luchtvaart naar steeds lagere landingslimieten, waarbij de zichtbare baanlengte frekwent, in stappen van kleinere waarden dan 100 meter, zal moeten worden gerapporteerd, zal het visueel waarnemen van deze zichtbare baanlengte op de wijze zoals het nu geschiedt, niet langer mogelijk zijn. Het instrumenteel meten van een extinctie-coëfficiënt, waar een zichtbare baanlengte uit wordt afgeleid, wordt dan een dringende noodzaak.

Het doel van het onderzoek is dan ook het verband tussen de waargenomen zichtbare baanlengte en de aanwijzing van een transmissometer, indien aanwezig, in een dusdanige vorm vast te leggen, dat de transmissometer operationeel gebruikt kan worden voor het bepalen van de zichtbare baanlengte.

## 3. Definitie van de zichtbare baanlengte

De zichtbare baanlengte of runway visual range (RVR) is gedefinieerd als de maximale afstand waarop de baanlichten of andere langs de landingsbaan opgestelde zichtmerken zichtbaar zijn, gezien in de richting van een start of een landing vanaf een bepaald waarnemingspunt gelegen boven de hartlijn op een hoogte, die overeenkomt met de gemiddelde ooghoogte van vliegers op het "touch-down" punt. Als gemiddelde ooghoogte van vliegers op het "touch-down" punt wordt opgegeven een hoogte van 5 meter boven de landingsbaan.

De waarnemer van de zichtbare baanlengte langs baan 19 heeft ook ongeveer een ooghoogte van 5 meter, maar ziet de op hem gerichte baanlichten onder een veel grotere intensiteit dan de vlieger, die met een ooghoogte van 5 meter naar baanlichten moet kijken, die zodanig zijn ingesteld dat ze evenwijdig aan de zogenaamde "glide path" hun maximale lichtafgifte hebben.

Onder welke intensiteit de vlieger de baanlichten zal zien, is als volgt te bepalen:

Het waarnemingspunt voor de vlieger is op een hoogte van 5 meter boven de hartlijn, op het "touch-down" punt van baan 19. Dit punt ligt ongeveer 360 meter verwijderd van de drempel van deze baan. De breedte van baan 19 is 45 meter.

Als de afstand van een bepaald baanlicht tot aan het waarnemingspunt  $z$  meter is, dan kan de blikrichting van de vlieger, als hij naar dit baanlicht kijkt, worden vastgelegd door de verticale hoek  $\alpha$  met het baanoppervlak en de horizontale hoek  $\beta$  met de richting van de baan. Immers er moet gelden:

$$\alpha = \frac{5}{z} \cdot \frac{360}{2\pi} \text{ booggraden}$$

$$\beta = \frac{45}{2z} \cdot \frac{360}{2\pi} \text{ booggraden}$$

Heeft het baanlicht de instelling  $\alpha = \alpha_0$ ,  $\beta = \beta_0$  booggraden, dan zal de vlieger dit baanlicht zien onder de hoeken  $\alpha_z$  en  $\beta_z$  met de richting waarin de maximale intensiteit wordt uitgestraald, waarbij:

$$\alpha_z = \alpha_0 - \frac{5}{z} \cdot \frac{360}{2\pi} \text{ booggraden}$$

$$\beta_z = \beta_0 - \frac{45}{2z} \cdot \frac{360}{2\pi} \text{ booggraden}$$

Eliminatie van  $z$  geeft tot resultaat:  $\beta_z - \beta_0 = 4,5 (\alpha_z - \alpha_0)$ .

Als  $\alpha_0$  en  $\beta_0$  constant zijn, geeft deze vergelijking in het  $(\alpha, \beta)$  vlak een rechte door het punt  $(\alpha_0, \beta_0)$ .

Uit de tekening, nummer 126-14, d.d. 3-10-1961 van de N.V. Luchthaven Schiphol blijkt, dat voor baanlichten op een afstand van 360 meter of meer van de drempel van baan 19, de hoeken  $\alpha_0$  en  $\beta_0$  constant zijn en respectievelijk 2,5 en 2,0 booggraden bedragen. Het verband tussen  $\beta_z$  en  $\alpha_z$  wordt dus:  $\beta_z = 4.5 \alpha_z - 9.25$  met  $\alpha_z \approx 2.5 - \frac{286.4}{z}$ .

Het verband tussen de intensiteit van het baanlicht en de verticale en horizontale hoeken, resp.  $\alpha$  en  $\beta$ , is te vinden in "Airport Lighting" van de N.V. Philips. Figuur 1 geeft deze isocandela-krommen voor het baanlicht PS10. In deze figuur zijn tevens uitgezet de punten ( $\alpha_z, \beta_z$ ) voor een aantal waarden van  $z$ . Er valt waar te nemen dat de maximale intensiteit, die de vlieger tot zijn beschikking heeft, in de orde van 8 à 9000 candela is.

#### 4. Theoretisch verband tussen zichtbare lengte en transmissometeraanwijzing

Het bovengenoemd verband is te vinden in [1] en zal hier in het kort worden weergegeven.

Voor het klassieke meteorologische dagzicht  $z_d$  geldt:  $\xi = T^{z_d/L}$ , terwijl voor het klassieke meteorologische nachtzicht  $z_N$  geldt:  $E_t = \frac{I}{z_N^2} T^{z_N/L}$  lux.

Hierbij is:

- $\xi$  de contrastgrens (of drempelwaarde van de ooggevoeligheid voor relatieve helderheidsverschillen) van de waarnemer. Voor  $\xi$  wordt aangenomen een waarde van 0.055, een waarde waarbij ongeveer 50% van een groep "normale" waarnemers een bepaald voorwerp kan zien.
- $E_t$  de verlichtingssterktegrenswaarde van de waarnemer. Voor  $E_t$  wordt aangenomen een waarde van  $5.15 \cdot 10^{-8}$  lux, een waarde waarbij ook nu ongeveer 50% van een groep "normale" waarnemers een lichtbron van 25 candela nog kan waarnemen.
- $I$  de intensiteit van de lichtbron, hier aangenomen 25 candela.
- $L$  de lichtweg, ook genoemd de basislijn, van de transmissometer.
- $T$  de aanwijzing van de transmissometer (meestal aangegeven in procenten van transmissie), waarbij het verband tussen  $T$  en  $\sigma$ , de extinctiecoëfficiënt, gegeven wordt door  $T = \exp(-\sigma L)$ .

Voor de zichtbare baanlengte  $V$  geldt:  $E = \frac{I_0}{V^2} T^{V/L}$  lux, mits de lichtbron, met intensiteit  $I_0$  candela, puntvormig is.  $E$  is evenals  $E_t$  een verlichtingssterktegrenswaarde.

De numerieke waarde, die aan  $E$  moet worden toegekend, is o.a. afhankelijk van de achtergrondhelderheid waartegen de lichtbron wordt waargenomen, de mate van waarschijnlijkheid dat deze lichtbron door een groep van "normale" waarnemers nog kan worden waargenomen en van het al of niet aanwezig zijn van één of meerdere andere lichtbronnen binnen het gezichtsveld van de waarnemer.

Een voorbeeld van het verband tussen  $E$  en de achtergrondhelderheid voor een bepaalde waarschijnlijkheid van detectie is te vinden in [2] en [3]. Ook is in [2] te vinden op welke wijze  $E$  als het ware gecorrigeerd moet worden bij aanwezigheid van één of meerdere lichtbronnen binnen het gezichtsveld van de waarnemer, waarbij de hoekmaat tussen opeenvolgende lichtbronnen in een rij van lichten mede een rol speelt bij het bepalen van de correctiefactor, de zgn. "row factor".

Wanneer niet meer voldaan wordt aan de voorwaarde van het puntvormig zijn van de lichtbron, moet de waarde van  $E$  hiervoor worden gecorrigeerd. Deze correctiefactor, de zgn. "size factor", is ook te vinden in [2].

Aangezien de waarde van E afhankelijk is van de achtergrondhelderheid en van de mate van waarschijnlijkheid dat een bepaalde lichtbron zal worden waargenomen, zijn ook de "row factor" en de "size factor" hiervan afhankelijk. Bij een constante achtergrondhelderheid en een constante waarschijnlijkheid van detectie zal bij het waarnemen van één lichtbron uit een rij van lichten, die op onderling gelijke afstanden zijn geplaatst, de waarde van E, gezien als functie van de afstand tot de lichtbron die wordt waargenomen, een minimale waarde vertonen. Voor afstanden groter dan de afstand waarbij het minimum optreedt, overweegt de invloed van de "row factor", terwijl voor afstanden kleiner dan deze afstand de "size factor" belangrijker wordt.

## 5. Methode van het onderzoek

Het onderzoek werd verricht op twee manieren:

1. Zonder kennis van het bestaan van enig theoretisch verband tussen de zichtbare baanlengte en de aanwijzing van een transmissometer. Er werden bepaalde transmissieklassen gevormd. In iedere transmissieklasse werd vervolgens berekend de gemiddelde waarde en de standaardafwijking van de waargenomen zichtbare baanlengten. Zie par. 6.
2. Met als basis de vergelijking van Allard:  $\frac{I_0}{v^2} T^{V/L} = E \text{ lux}$ , werd uit iedere waargenomen zichtbare baanlengte en nagenoeg simultaan gemeten transmissie, met aanname van  $I_0 = 20.000$  candela, de waarde van E berekend. Er werden klassen voor de logaritme van E gevormd, die 0.4 eenheden breed zijn, waarna de verdelingen werden bepaald van opgetreden waargenomen zichtbare baanlengten en opgetreden berekende waarden van E. Zie par. 7.

## 6. Resultaat van het onderzoek volgens methode 1, het vormen van transmissieklassen

### 6.1 Het bepalen van de transmissometeraanwijzing (de transmissie T) op het waarnemingstijdstip van de zichtbare baanlengte en de nauwkeurigheid van deze bepaling

De zichtbare baanlengte langs baan 19 wordt waargenomen, zodra op Schiphol het zicht op de vaste waarnemingspost minder dan 1500 meter dreigt te worden.

De waarnemer van de zichtbare baanlengte noteert bij iedere waarneming de datum en de tijd (met een nauwkeurigheid van één minuut) de waarde van de zichtbare baanlengte en bijzonderheden o.a. betreffende het weer en de bedekingsgraad.

Achteraf wordt aan de hand van de vermelde datum en tijd uit de registratiestrook van een transmissometer de waarde van T bepaald, met een nauwkeurigheid van één schaaldeel. Er wordt gewerkt met nagenoeg momentane waarden van de transmissie, daar de tijdschaal op de registratiestrook een aflezing tot op de minuut nauwkeurig nog net mogelijk maakt. Er wordt dus geen rekening gehouden met de afstand tussen de waarnemer en het instrument.

De transmissometer heeft twee meetbereiken, één waarbij 100 schaaldelen overeenkomen met een transmissie van 100% en een ander waarbij 100 schaaldelen overeenkomen met een waarde van 20%. Een nauwkeurigheid van één schaaldeel waarmee de transmissie wordt bepaald, houdt dus in dat boven 20% de afleesnauwkeurigheid 1% is, en dat beneden de 20% deze nauwkeurigheid 0,2% kan zijn.

Daar er ook licht dat niet van de zender afkomstig is, in de ontvanger van de transmissometer kan terecht komen, wordt vooral bij zeer lage transmissies de aanwijzing van de transmissometer onbetrouwbaar. Uitgaande van een mogelijke achtergrondhelderheidsaanwijzing van 0,2%, mag worden verondersteld dat een transmissie beneden 0,5% te onbetrouwbaar is geworden.

## 6.2 Het verdelen van waarnemingsresultaten over groepen en klassen

Al het waarnemingsmateriaal werd onderverdeeld in drie grote groepen, te weten de waarnemingen verricht bij:

dag : van  $\frac{3}{4}$  uur na zonsopgang tot  $\frac{3}{4}$  uur voor zonsondergang;  
nacht : van  $\frac{3}{4}$  uur na zonsondergang tot  $\frac{3}{4}$  uur voor zonsopgang;  
schemer: rest van de tijd.

Aangezien uit [1] is gebleken dat de bedekkingsgraad van de hemel op het ogenblik van waarneming van invloed kan zijn op de waargenomen zichtbare baanlengte, werd iedere groep onderverdeeld in twee klassen:

klasse 1: met  $\frac{7}{8}$ ,  $\frac{8}{8}$  bewolking of bovenlucht onzichtbaar (bevat ook alle waarnemingen met neerslag);  
klasse 2: met  $<\frac{7}{8}$  bewolking (bestaat hoofdzakelijk uit waarnemingen met bewolking  $\leq \frac{2}{8}$ ).

Door het vormen van deze groepen en klassen wordt in feite een, zij het ook zeer grove, verdeling aangebracht naar de helderheid van de achtergrond van de lichtbron op het ogenblik van waarneming.

## 6.3 Het vormen van transmissieklassen en tabellen

Bij het vormen van transmissieklassen is rekening gehouden met de onbetrouwbaarheid van transmissiewaarden beneden 0,5%, door als eerste klasse te nemen alle waarden beneden 0,5%. Vervolgens werd een indeling van transmissieklassen gevormd, die uitgedrukt in het klassieke meteorologische dag- of nachtzicht tot 400 meter een breedte hebben van ongeveer 50 meter, tussen 400 en 1000 meter van ongeveer 100 meter en boven de 1000 meter van ongeveer 200 meter. In de laatste klasse werden opgenomen alle transmissiewaarden, die een klassiek meteorologisch dag- resp. nachtzicht opleveren groter dan ongeveer 1400 meter, daar bij het onderzoek de grootste waargenomen zichtbare baanlengte 1400 meter is.

De waarnemingen van de zichtbare baanlengte sinds 10-3-1962, waarbij een transmissiewaarde van de langstransmissometer beschikbaar is, zijn opgenomen in de tabellen D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, N<sub>1</sub> en N<sub>2</sub>.

De tabellen D<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>, N<sub>1</sub> zijn gevormd uit de waarnemingen met een bedekkingsgraad van  $\frac{7}{8}$ ,  $\frac{8}{8}$  of bovenlucht onzichtbaar (in deze klasse vallen ook alle waarnemingen waarbij neerslag is opgetreden) respectievelijk voor de dag-, schemer- of nachtgroep.

De tabellen D<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> zijn gevormd uit de waarnemingen met een bedekkingsgraad  $<\frac{7}{8}$ , ook weer respectievelijk voor de dag-, schemer- of nachtgroep.

De waarnemingen met een bedekkingsgraad van  $\frac{7}{8}$ ,  $\frac{8}{8}$  of bovenlucht onzichtbaar, waarbij een transmissiewaarde van de dwarstransmissometer beschikbaar is, zijn opgenomen in de tabellen D<sub>3</sub>, S<sub>3</sub> en N<sub>3</sub>.

Deze tabellen geven de frekwentieverdeling van waargenomen zichtbare baanlengte en simultaan gemeten transmissies, immers elke getal in de tabel geeft aan hoe vaak een bepaalde waargenomen zichtbare baanlengte, wanneer deze vergeleken wordt met de nagenoeg simultaan gemeten transmissie, terecht zal komen in de gevormde transmissieklassen. In iedere tabel is voor elke transmissieklasse bepaald het gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $\bar{V}_w$ , terwijl met uitzondering van de D<sub>2</sub>, S<sub>2</sub> en N<sub>2</sub> tabellen, ook is bepaald de standaardafwijking  $S_{V_w}$  van de waargenomen zichtbare baanlengte.

## 6.4 Opmerkingen bij de tabellen

Uit de tabellen is het volgende waar te nemen:

- a) Daar de zichtbare baanlengte slechts waargenomen wordt van 200 tot 1500 meter, ontstaat er een steekproeffect. Dit is te zien aan de verdelingen van de waargenomen zichtbare baanlengte in de lagere en hogere transmissieklassen, die een sterk asymmetrisch beeld geven en aan het niet verder toenemen van  $\bar{V}_w$  met het toenemen van de transmissie.

- b) Als gevolg van dit steekproefeffect kan de waarde van  $S_{V_w}$  in de lagere en hogere transmissieklassen vaak kleiner zijn dan die in de meer naar het midden gelegen klassen.
- c) Over het geheel gezien bedraagt  $S_{V_w}$  150-200 meter. In [1] werd aan de hand van simultane waarnemingen, uitgevoerd door een aantal waarnemers, met behulp van lichtbronnen uit een rij van lichten met een onderlinge afstand van 25 meter geconstateerd dat tot ongeveer 700 à 800 meter de verschillen in ooggevoeligheid tussen verschillende waarnemers zichtverschillen kunnen veroorzaken, die maximaal 200 à 225 meter kunnen bedragen. Aangezien bij de hier uitgewerkte experimenten de onderlinge afstand van de lichten ongeveer 100 meter is en bij alle waarnemingen ongeveer 20 verschillende waarnemers betrokken zijn geweest, mag men verwachten dat de zichtverschillen een factor 2 à 3 groter zijn geweest. Zelfs dan echter is de gevonden  $S_{V_w}$  waarde nog niet te verklaren.
- d) Vergelijkt men de verdelingen in de  $D_1$ ,  $S_1$  en  $N_1$  tabellen met die in de  $D_2$ ,  $S_2$   $N_2$  tabellen, dan valt waar te nemen dat er in de laatste relatief meer waarnemingen vallen in de lagere en/of hogere transmissieklassen dan in de meer naar het midden gelegen klassen, terwijl over het geheel gezien de waarnemingen ook nog meer verspreid voorkomen dan in de eerstgenoemde tabellen.
- e) Het in d) waargenomen verschil kan worden veroorzaakt door zowel de waarnemer als de transmissiemeter. De waarnemer zal de baanlichten moeten waarnemen tegen een achtergrond, die vanwege de kleinere bedekkingsgraad een grotere helderheid kan hebben. De mist die zich vormt bij een kleinere bedekkingsgraad wordt meer beïnvloed door stralingseffecten en kan, zowel in de verticale als in de horizontale richting gezien, grote verschillen in dichtheid vertonen.
- f) Vergelijkt men de gemiddelde waarden  $\bar{V}_w$  in de tabellen  $D_1$ ,  $S_1$ ,  $N_1$  met die in de tabellen  $D_3$ ,  $S_3$ ,  $N_3$ , dan valt het op, dat vooral voor de lagere transmissieklassen in de laatste tabellen deze waarden meestal kleiner zijn dan die in de eerste.

#### 6.5 Verificatie van de vergelijking van Allard $\frac{I_0}{V^2} T^{V/L} = E$

Uit de transmissiewaarde  $T_m$ , uit het midden van iedere transmissieklasse en de berekende waarde  $\bar{V}_w$  van de klasse kan de verlichtingssterktegrenswaarde  $E$  worden berekend, als ook nog bekend is de waarde van de intensiteit  $I_0$  en die van de basislijn  $L$ .

Daar er wordt beweerd dat de zichtbare baanlengte wordt bepaald bij een 100% instelling van de baanlichten, kan worden aangenomen dat de intensiteit  $I_0$  gelijk is aan minstens 20.000 candela [1], omdat de waarnemer kijkt naar lichten die op hem gericht staan. De lengte van de basislijn van de transmissometer is 160 meter. De waarde van  $E$ , berekend uit  $\bar{V}_w$  en  $T_m$ , met  $I_0 = 20.000$  cd en  $L = 160$  meter en uitgedrukt in lux, is in de tabellen  $D_1$ ,  $D_3$ ,  $S_1$ ,  $S_3$ ,  $N_1$  en  $N_3$  te vinden in de kolom  $\log E$ .

Zelfs al wordt rekening gehouden met het steekproefeffect genoemd in 6.4 a), dan nog valt er waar te nemen dat de waarde van  $E$ , gezien als functie van  $\bar{V}_w$ , een minimum vertoont. Aangezien het verschijnsel optreedt in alle 6 tabellen, dus bij dag, schemer zowel als nacht, moet het gebonden zijn aan de bepaalde wijze waarin de totale lichtenconfiguratie waargenomen wordt.

Uit gesprekken met waarnemers en uit eigen waarneming is gebleken dat ongeveer bij 800 à 900 meter zicht niet alleen de op de waarnemer gerichte baanlichten maar ook nog andere aanwezige baanlichten zichtbaar worden.

In het begin zijn slechts de gerichte lichten te zien maar naarmate het zicht beter wordt en het bepaald moet worden op verder weg gelegen lichten, komen er hoe langer hoe meer lichtbronnen in het gezichtsveld (zie tabel 1). Er is dus sprake van een "row factor", die toeneemt in waarde naarmate het waargenomen zicht toeneemt.

Wordt rekening gehouden met het oppervlak van het venster, waardoorheen het licht van de baanlichten komt, ter grootte van 88 cm<sup>2</sup>, dan kan door een eenvoudige berekening worden bepaald onder welke hoeken  $\delta$  de opeenvolgende gerichte baanlichten worden gezien. Uit tabel 1 is te zien dat de hoek  $\delta$  varieert van ongeveer 1.78 tot ongeveer 0.24 boogminuut. Er kan dus ook sprake zijn van een "size factor", die afneemt in waarde naarmate het waargenomen zicht toeneemt.

Het optreden van een minimum in de waarde van E kan dus het gevolg zijn van het optreden van een "size" en een "row" factor. De waarde van deze factoren is afhankelijk van de helderheid van de achtergrond waartegen het licht wordt waargenomen. Het is niet onwaarschijnlijk dat deze achtergrondhelderheid een andere waarde zal hebben bij 200 meter dan bij 1400 meter zicht, wat in zekere mate veroorzaakt kan worden door de veranderlijke blikrichting van de waarnemer ten opzichte van de vaste richting van de landingsbaan (zie tabel 1), die met zijn totale baanverlichting, vooral in omstandigheden van beperkt zicht, een belangrijke bijdrage kan leveren tot de algemene helderheid in de directe omgeving van deze baan. Als gevolg hiervan zal het verband tussen E en  $\bar{V}_w$  niet gemakkelijk te bepalen zijn.

Wat echter geldt voor de waarnemer, hoeft nog niet te gelden voor de vlieger. Immers, deze zal nagenoeg geen veranderlijke blikrichting ten opzichte van de vaste richting van de landingsbaan hebben, wanneer hij op de landingsbaan invliegt. De achtergrondhelderheid zal veel minder afhankelijk zijn van het zicht. Verder zal de vlieger het zicht moeten bepalen aan de hand van de baanverlichting, waar hij op grond van het waarnemen van een rij lichten met een onderlinge afstand van 25 meter een indruk moet hebben van de zichtbare baanlengte. In zijn gezichtsveld zal bijna altijd een groot aantal lichten aanwezig zijn, zodat er altijd sprake zal zijn van een "row factor", die in de praktijk nagenoeg constant blijkt te zijn. De verlichtingssterktegrenswaarde van een vlieger zal dus in veel mindere mate afhankelijk zijn van de waargenomen zichtbare baanlengte en waarschijnlijk geen minimum vertonen.

Voor de grotere zichtwaarden in het zichtbereik van 200 tot 1500 meter is de wijze waarop de zichtbare baanlengte door de waarnemer wordt waargenomen meer in overeenstemming met die van de vlieger; daarom zal de waarde die aan E moet worden toegekend voor een zekere waarschijnlijkheid van detectie in feite moeten worden bepaald uit de steekproef waarbij alleen gebruik wordt gemaakt van de grotere zichten. Aangezien echter volgens de methode van indeling in transmissieclassen een steekproefeffect optreedt, dat vooral belangrijk is bij de grotere zichtwaarden, is deze methode niet erg geschikt voor het bepalen van deze waarde.

## 7. Resultaat van het onderzoek volgens methode 2, het vormen van klassen van logaritmische E

### 7.1 Het vormen van tabellen

Uit iedere waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$  en nagenoeg simultaan gemeten transmissie T werd middels de vergelijking  $E = \frac{I_0}{V_w} T \frac{V_w}{L}$ , waarbij werd aangenomen  $I_0 = 20.000$  candela en  $L = 160$  meter, de verlichtingssterktegrenswaarde E (uitgedrukt in lux) berekend.



Er werden klassen voor de logaritmische van E gevormd, die een breedte hebben van 0.4 eenheden, waarna de verdelingen van waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$  en berekende waarden van E werden vastgelegd voor de verschillende groepen en klassen.

De resultaten voor wat betreft de metingen met de langstransmissometer, waarbij E wordt aangegeven met  $E_p$ , zijn te vinden in de tabellen D<sub>4</sub>, D<sub>5</sub> en D<sub>6</sub> voor de daggroep, S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub> en S<sub>6</sub> voor de schemergroep en N<sub>4</sub>, N<sub>5</sub> en N<sub>6</sub> voor de nachtgroep, terwijl die van de metingen met de dwarstransmissometer, waarbij E wordt aangegeven met  $E_D$ , te vinden zijn in de tabellen D<sub>7</sub>, D<sub>8</sub> en D<sub>9</sub> voor de daggroep, S<sub>7</sub>, S<sub>8</sub> en S<sub>9</sub> voor de schemergroep en N<sub>7</sub>, N<sub>8</sub> en N<sub>9</sub> voor de nachtgroep.

- De getallen geven de indeling naar klasse, waarbij:
- 4 en 7 de klasse bedekkingsgraad  $\geq 7/8$  of bovenlucht onzichtbaar, zonder neerslag;
  - 5 en 8 de klasse bedekkingsgraad  $\geq 7/8$  of bovenlucht onzichtbaar, met neerslag;
  - 6 en 9 de klasse bedekkingsgraad  $< 7/8$  is.

Aangezien de klassen voor de logaritmische van E even breed zijn, zijn de klassen slechts aangegeven met hun bovengrens.

## 7.2 Opmerkingen bij de tabellen

- a) Vooral in de tabellen, die behoren bij de waarnemingen die verricht zijn bij een bedekkingsgraad  $\geq 7/8$  of bij bovenlucht onzichtbaar, valt het effect van de "size factor" voor de lage zichtwaarden en die van de "row factor" voor de hoge zichtwaarden waar te nemen. Zou de gemiddelde waarde van logaritmische E in de kolommen (dus voor een constante waarde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$ ) worden bepaald, dan zou de waarde van E eerst afnemen met het toenemen van  $V_w$ , om later weer toe te nemen voor de grotere zichtwaarden  $V_w$  in het bereik van 200 tot 1500 meter. Hierbij moet worden opgemerkt dat de laatste klasse van log E, dus die voor de kleinste waarden van E, hoofdzakelijk die waarnemingen bevat waarbij een transmissiewaarde van nagenoeg nul werd gemeten.
- b) In alle tabellen werd uit de kolom van de totalen een gemiddelde waarde voor logaritmische E bepaald en de standaardafwijking  $S_{\log E}$ . Deze waarden zijn te vinden in tabel 2, waar het volgende valt waar te nemen:
  - 1) De standaardafwijking  $S_{\log E}$  is, met uitzondering van die in tabel 9, altijd het grootst voor de waarnemingen die zijn verricht bij een bedekkingsgraad  $< 7/8$ , terwijl de waarde het kleinst is voor de waarnemingen met neerslag.
  - 2) Gezien in de volgorde van dag door schemer naar nacht, neemt de waarde van  $S_{\log E}$  bijna altijd toe.

Aangezien het aantal waarnemingen in iedere tabel sterk uiteenloopt (tussen 718 in D<sub>4</sub> en 37 in S<sub>8</sub>) is het misschien niet toelaatbaar veel betekenis hieraan te hechten. Voor zover het effect reëel is, zou het als volgt verklaard kunnen worden:

Gezien in de volgorde van dag door schemer naar nacht, neemt de natuurlijke helderheid af; de helderheid veroorzaakt door de baanverlichting echter zal niet noemenswaardig veranderen. Het gezamenlijk effect van de "size"- en "row factor" dat gekoppeld is aan de baanverlichting, zal dus in dezelfde volgorde gezien relatief toenemen. Daar door dit effect E, gezien als functie van  $V_w$  een extreem vertoont, zal bij het toenemen van dit effect ook de waarde van dit extreem toenemen, d.w.z. de verdeling wordt a.h.w. meer uit elkaar getrokken, de spreiding en dus ook de waarde van  $S_{\log E}$  wordt groter.

Dat de waarde van  $S_{\log E}$  het kleinst is voor de klassen met neerslag en het grootst voor de klassen met een bedekkingsgraad  $< 7/8$ , moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan het meer homogeen zijn van de atmosfeer bij neerslag of bij mist met neerslag dan bij uitsluitend mist, vooral wanneer deze mist zich voordoet bij een nagenoeg onbewolkte hemel.

- 3) De waarde van  $\overline{\log E}$ , bepaald uit de combinatie  $V_w$  en de dwarstransmissie, levert altijd de grootste waarde voor  $\overline{E}$  op in de verschillende groepen voor de klasse van waarnemingen die zijn verricht bij een bedekkingsgraad  $< 7/8$ . (Zie tabel  $D_9$ ,  $S_9$  en  $N_9$ ). Dit wil zeggen dat de waarnemers, gemiddeld genomen, onder deze omstandigheden slechter zien.

Hetzelfde is te vinden uit de combinatie  $V_w$  en de langstransmissie voor wat betreft de daggroep. Zie tabel  $D_6$ . De waarden voor  $\log E$  voor de schemer- en de nachtgroep, zie tabel  $S_6$  en  $N_6$ , leveren daarentegen juist de kleinste waarden voor  $\overline{E}$  op.

Aangezien alle waargenomen zichtbare baanlengten  $V_w$ , die gebruikt zijn voor het bepalen van de waarde van  $\log E$  in tabel  $S_9$  en  $N_9$  ook voorkomen respectievelijk in de tabellen  $S_6$  en  $N_6$ , moet de afwijking die optreedt in het gedrag van  $\log E$ , bepaald uit de tabellen  $S_6$  en  $S_9$ ,  $N_6$  en  $N_9$ , waarschijnlijk hoofdzakelijk worden toegeschreven aan de waarden van de transmissie. Bij deze waarnemingen werd naast een lage waarde van de langstransmissie meestal gelijktijdig een hoge waarde van de dwars-transmissie gemeten, zodat meestal  $E_p < E_D$  is.

Het omgekeerde, een hoge waarde van de langstransmissie met een lage waarde van de dwarstransmissie, komt ook voor maar toch in mindere mate voor deze waarnemingen, die zijn verricht bij een bedekkingsgraad  $< 7/8$ .

## 8. Homogeniteit van de mist

Door slechts die waarnemingen te gebruiken waarbij naast een waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$  ook nog beschikbaar zijn de waarden van de nagenoeg simultaan gemeten langs- en dwarstransmissie, kan de mate van homogeniteit van de mist bij deze waarnemingen worden onderzocht. Hierbij is geen rekening gehouden met het transport van mist.

Uit deze waarnemingen werd berekend  $E_p$ , uit een combinatie van  $V_w$  en de simultaan gemeten langstransmissie, en  $E_D$ , uit een combinatie van dezelfde  $V_w$  en de simultaan gemeten dwarstransmissie. Door zowel voor  $E_p$  als  $E_D$  klassen te vormen die logaritmisch gezien 0.4 eenheden breed zijn, kan de verdeling van berekende  $E_p$  en simultaan berekende  $E_D$  worden vastgelegd.

Er werd geen onderverdeling naar bedekkingsgraad gemaakt. Alle waarnemingen van de daggroep waarbij een langs- en dwarstransmissie werd gemeten, zijn te vinden in tabel  $D_{10}$ , die van de schemergroep in  $S_{10}$  en die van de nachtgroep in  $N_{10}$ .

Ook nu weer zijn alleen de bovengrenzen van de klassen aangegeven. In alle tabellen worden de waarnemingen met nagenoeg gelijke simultane aanwijzingen van de langs- en dwarstransmissometer gevonden in de hoofddiagonaal van links boven naar rechts onder. De waarnemingen die links van deze hoofddiagonaal voorkomen, waarbij dus  $E_p < E_D$  is geweest, zijn de gevallen waarbij de langstransmissie  $T_p$  kleiner is geweest dan de dwarstransmissie  $T_D$ . De waarnemingen die rechts van deze hoofddiagonaal voorkomen, waarbij dus  $E_p > E_D$  is, zijn de gevallen met  $T_p > T_D$ .

Uit alle tabellen blijkt dat  $E_p < E_D$  meer voorkomt dan  $E_p > E_D$ ; er wordt dus vaker een hogere waarde voor  $T_D$  gemeten dan voor  $T_p$ . Dat  $T_D > T_p$  vaker voorkomt, duidt er vermoedelijk op dat de dichtheid van de mist boven de landingsbaan kleiner is dan die boven een grasoppervlak.

Uit alle tabellen is te zien dat vaak op het ogenblik van de waarneming van een zichtbare baanlengte tegenover een kleine  $E_p$ -waarde een grote  $E_D$ -waarde wordt gevonden of omgekeerd, d.w.z. vaak een kleine  $T_p$  tegenover een grote  $T_D$  of omgekeerd.

Een bepaalde waarde van de zichtbare baanlengte, X meter, wordt bepaald door de gemiddelde dichtheid van de atmosfeer over de afstand X. Bij eenzelfde gemiddelde dichtheid over de afstand X kan de verdeling van de dichtheid over deze afstand nog wel verschillend zijn en aangezien de waarnemer de zichtbare baanlengte bepaalt over afstanden die groter zijn dan de basislijn, kan de gemeten gemiddelde dichtheid van de mist over 160 meter sterk afwijken van die waarover de zichtbare baanlengte wordt bepaald.

Wordt dus aan de kop van de baan een hoge waarde van de transmissie gemeten, dan zal ergens anders - in dit geval juist in de richting waarin de waarnemer kijkt - een lage waarde gemeten moeten worden om in het gemiddelde een transmissie te geven, die beter een maat is voor de gemiddelde transmissie over de werkelijke afstand waarover de waarnemer het zicht bepaalt.

#### 9. Het bepalen van de numerieke waarde van de verlichtingssterktegrenswaarde E

In de vergelijking van Allard wordt aangenomen dat de atmosfeer homogeen is. Immers, de parameter  $\sigma$  wordt door T vervangen, waarbij het verband tussen T en  $\sigma$  gegeven wordt door  $T = \exp(-\sigma L)$ .

De numerieke waarde die aan E moet worden toegekend, zal daarom het beste kunnen worden bepaald door middel van de verdeling langs de hoofddiagonaal in de tabellen  $D_{10}$ ,  $S_{10}$  en  $N_{10}$ . Deze waarnemingen worden immers verricht bij nagenoeg gelijke transmissometeraanwijzingen op twee plaatsen, die ongeveer 1000 meter van elkaar liggen in de directe omgeving van baan 19.

De spreiding, die hoewel in mindere mate, toch nog blijft bestaan in de verdeling, moet dan hoofdzakelijk worden toegeschreven aan de volgende factoren:

- 1) verschillen in ooggevoeligheid tussen de waarnemers;
- 2) verschillen in achtergrondhelderheid op het ogenblik van waarneming (er zijn geen klassen gevormd);
- 3) invloed van de "row"- en "size factor";
- 4) verschil in plaats van opstelling van de waarnemer en het instrument.

In overeenstemming met de overal toegepaste methode een drempelwaarde voor de ooggevoeligheid te nemen die een waarschijnlijkheid van 50% geeft (d.w.z. dat 50% van een aantal "normale" waarnemers een bepaald voorwerp of een bepaalde lichtbron kan zien) is uit de tabellen  $D_{10}$ ,  $S_{10}$  en  $N_{10}$  voor de verdeling langs de hoofddiagonaal (in de kolom  $E_p = E_D$ ) de waarde bepaald, die in 50% van de gevallen wordt overschreden door een kleinere waarde. Deze waarden zijn te vinden in tabel 3, waarin ook zijn opgenomen de waarden die voor eenzelfde percentage van waarschijnlijkheid zijn bepaald uit de verdelingen die gelden voor een vlieger  $\lceil 3 \rceil$ , bij een baanlichtinstelling (lightsetting) 5 of 2, 3, 4.

Bij de berekening van E uit  $V_w$  en T wordt aangenomen  $I_0 = 20.000$  candela, d.w.z. de baanlichten zijn voortdurend ingesteld op baanlichtinstelling 5, een instelling waarbij de lichtafgifte 100% is geweest. Bij een baanlichtinstelling 4, 3 of 2 is de lichtafgifte respectievelijk 30, 10 of 3%.

De waarde van E in tabel 3 geeft voor de dag een waarde, die voor light-setting 5 nagenoeg overeenkomt met die van de vlieger. De nachtwaarde echter komt nagenoeg overeen met de waarde die bij de vlieger onder "lightsetting" 2, 3, 4 gevonden wordt. De nachtwaarde voor "lightsetting" 5 bij de vlieger geeft een drempelwaarde, die van dezelfde orde van grootte is als de dagwaarde. Door 's nachts te intensief licht te gebruiken, treedt verblinding op en het resultaat is een minder goed zien.

Ook de waarnemer zal 's nachts bij te intensief licht worden verblind; aan de gevonden drempelwaarde is dit echter niet te zien. Dit zal er een aanwijzing voor kunnen zijn dat de waarnemingen van de zichtbare baanlengte niet steeds worden verricht bij een maximale instelling van de baanlichten, althans zeker niet 's nachts.

## 10. Conclusie

De zichtbare baanlengte langs een landingsbaan in de orde van een paar honderd meter kan slechts bij een nagenoeg homogene verdeling van de mist (of neerslag) met voldoende betrouwbaarheid uit de aanwijzing van een transmissometer die in de nabijheid van de drempel van deze baan is opgesteld, worden afgeleid, wanneer naast de gemeten transmissie er ook nog een aanwijzing is van de achtergrondhelderheid in de richting van de baan.

Om ook in niet-homogene situaties een voldoende betrouwbare zichtbare baanlengte te waarborgen, zal de aanwijzing van meerdere transmissometers op meerdere plaatsen langs de baan noodzakelijk zijn.

Wanneer in situaties waar de zichtbare baanlengte vereist wordt de instelling van de baanlichten wordt gewijzigd, is het bovendien noodzakelijk dat er van deze instelling een aanwijzing is.

In afwachting van nieuwe waarnemingen, waar naast de waargenomen zichtbare baanlengte en simultaan gemeten transmissie ook nog gegevens beschikbaar zullen zijn van de achtergrondhelderheid in de richting van de baan en de instelling van de baanlichten, voor eventuele correctie, worden de volgende verlichtingssterktegrenswaarden aangenomen voor de omrekening van gemeten transmissie naar zichtbare baanlengte:

Dag	:	$E = 3 \cdot 10^{-4}$	lux
Schemer	:	$E = 6 \cdot 10^{-5}$	lux
Nacht	:	$E = 5 \cdot 10^{-7}$	lux

Rekening houdend met de definitie van de zichtbare baanlengte, zal een vlieger met zijn ooghoogte op 5 meter boven het "touch down punt" van de landingsbaan de evenwijdig aan de "glide path" gerichte baanlichten nooit onder maximale intensiteit waarnemen. Hij zal bij een baanlichtinstelling van 100% hooguit een intensiteit van 10.000 candela tot zijn beschikking hebben.

De bovengenoemde verlichtingssterktegrenswaarden zullen dus in combinatie met  $I_0 = 10.000$  candela gebruikt moeten worden om - bij een 100% instelling van de baanlichten, met gebruikmaking van de vergelijking van Allard - uit de gemeten transmissie een zichtbare baanlengte af te leiden.

In de figuren 2 t/m 4 wordt het verband tussen de zichtbare baanlengte V en de transmissie T gegeven, waarbij figuur 2 geldt voor een baanlichtinstelling van 100%, d.w.z. een effectieve  $I_0 = 10.000$  candela, figuur 3 voor een instelling van 30%, effectieve  $I_0 = 3.000$  candela en figuur 4 voor een instelling van 10%, effectieve  $I_0 = 1.000$  candela. Hierbij is voor de dag en schemer rekening gehouden met het feit, dat voor grote transmissiewaarden de vergelijking van Allard zichtbare baanlengten geeft die te klein zijn, omdat voor grote transmissiewaarden andere voorwerpen dan de baanlichten vanwege het contrast met hun achtergrond, op grotere afstanden dan dan die berekend volgens de Allard-vergelijking, zichtbaar kunnen zijn.

Voor deze grote transmissiewaarden wordt derhalve in plaats van de Allard-vergelijking de contrastvergelijking  $T^{V/L} = \mathcal{E}$ , met  $\mathcal{E} = 0.055$ , gebruikt om de zichtbare baanlengte te bepalen [1].

In figuur 5 is het verband tussen de zichtbare baanlengte V en de transmissie T gegeven voor transmissiewaarden kleiner of gelijk aan 20%, dit in verband met het meetbereik van de transmissometer, waarbij 100 schaaldelen overeenkomen met 20% transmissie.

#### Literatuur

1. Commissie meteorologische voorlichting voor straalvliegtuigen, bijlage E, interim-rapport september 1963.
2. J.B. de Boer, Visibility of approach and runway lights, Philips Research Reports 6, 224-239, June 1951.
3. W.K. Middleton, Vision through the atmosphere.
4. D.R. Harris, Instrumental determination of runway visual range, U.S. Weather Bureau, Washington D.C., Feb. 1958.
5. W.R. Smith, Visibility estimates by transmissometer measurements, Department of Transport, Meteorological Branch, Canada, Cir.3439, Ins-97, 16-2-1961.

TABEL 1

Zichtbare baanlengte V (afstand tussen de waarnemer en de gerichte baanlichten) (in meters)	Blikrichting van de waarnemer t.o.v. de ligging van baan 19 (in booggraden)	De hoek $\delta$ waaronder de baanlichten worden waargenomen (in boogminuten)	Aantal lichtbronnen binnen een hoek $\gamma$ met blikrichting van de waarnemer				
			Alleen de gerichte baanlichten		Alle lichten uit de linker rij baanlichten		
			$\gamma = 1$ booggr.	$\gamma = 5$ booggr.	$\gamma = 1$ booggr.	$\gamma = 5$ booggr.	
204	60.6	1.78					
307	35.4	1.18					1
410	25.7	0.89					2
493	21.1	0.74		1			3
612	16.9	0.59		1			5
708	14.5	0.51		1		1	7
805	12.8	0.45		2		2	9
903	11.4	0.40		2		2	11
1001	10.2	0.36		3		3	13
1100	9.3	0.33		3		4	15
1199	8.5	0.30		4		4	17
1298	7.9	0.28		5		6	20
1397	7.3	0.26		5		6	22
1496	6.8	0.24		6		7	25

TABEL 2

Gemiddelde waarden van  $\log E$  en standaardafwijking  $S_{\log E}$   
voor de verschillende groepen en klassen, uitgedrukt in lux

DAG				SCHEMER				NACHT			
Tabel	Aantal	$\overline{\log E}$	$S_{\log E}$	Tabel	Aantal	$\overline{\log E}$	$S_{\log E}$	Tabel	Aantal	$\overline{\log E}$	$S_{\log E}$
D <sub>4</sub>	718	-3.85	1.05	S <sub>4</sub>	205	-4.74	1.37	N <sub>4</sub>	459	-6.16	1.73
D <sub>5</sub>	254	-3.89	0.87	S <sub>5</sub>	61	-4.45	1.33	N <sub>5</sub>	97	-6.35	1.26
D <sub>6</sub>	167	-3.52	1.51	S <sub>6</sub>	79	-4.69	1.90	N <sub>6</sub>	224	-6.57	2.71
D <sub>7</sub>	436	-3.87	1.01	S <sub>7</sub>	166	-4.49	1.24	N <sub>7</sub>	334	-6.25	1.55
D <sub>8</sub>	176	-3.88	0.77	S <sub>8</sub>	37	-4.98	1.16	N <sub>8</sub>	50	-6.24	1.30
D <sub>9</sub>	92	-3.14	1.23	S <sub>9</sub>	42	-3.52	1.20	N <sub>9</sub>	152	-5.89	2.39

TABEL 3

Waarden van logaritmische E, die in 50% van de gevallen worden  
overschreden door nog kleinere waarden, uitgedrukt in lux

DAG		SCHEMER		NACHT	
Volgens hoofddiagonaal tabel D <sub>10</sub>	-3.49	Volgens hoofddiagonaal tabel S <sub>10</sub>	-4.20	Volgens hoofddiagonaal tabel N <sub>10</sub>	-6.29
Vlieger (lightsetting 5)	-3.12			Vlieger (lightsetting 5)	-3.64
Vlieger (lightsetting 2,3,4)	-3.39			Vlieger (lightsetting 2,3,4)	-6.19

TABEL D1

DAG (Neerslag + 7/8, 8/8 bewolking en bovenlucht onzichtbaar), langstransmissie

Transmissie- klassen %	Bovengrens van de klassen in meteorologisch dagzicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte in meters														Tot.	$\bar{V}_w$ (m)	$Sv_w$ (m)	$T_m$ %	$\log E$ (lux)		
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400								
≤ 0.5	88	31	10	4	1												248	84				
> 0.5-≤ 5.5	160	22	43	42	16	2	1	2									356	116	3.0		-4.19	
> 5.5-≤ 10.5	206	3	7	21	40	26	11	4									514	128	8.0		-4.65	
> 10.5-≤ 16.5	258	1	6	13	16	16	10	1	1								623	140	13.5		-4.67	
> 16.5-≤ 21.5	302		4	2	9	9	12	1		1							684	153	19.0		-4.45	
> 21.5-≤ 27.5	360			3	2	7	11	4	2	2							780	154	24.5		-4.46	
> 27.5-≤ 31.5	401		1	3	6	13	7	6	3	1							745	162	29.5		-3.91	
> 31.5-≤ 39.5	499			3	3	8	19	19	5	4							829	140	35.5		-3.87	
> 39.5-≤ 46.5	606			2	3	1	18	8	13	7	3	1					905	173	43.0		-3.69	
> 46.5-≤ 52.5	719			1	1	4	5	21	18	13	9	3	1				989	167	49.5		-3.58	
> 52.5-≤ 56.5	812		1	3		3	2	4	13	5	10	3	2				1035	224	54.5		-3.44	
> 56.5-≤ 60.5	924				1	3	4	8	10	15	4	1					1094	154	58.5		-3.37	
> 60.5-≤ 63.5	1022						2	3	5	9	8	4					1197	140	62.0		-3.41	
> 63.5-≤ 68.5	1223				1		1		3	10	20	30	24				1266	121	66.0		-3.33	
> 68.5-≤ 72.5	1440			1			1	1	2	3	6	25	17				1274	160	70.5		-3.12	
> 72.5							1	1	1	4	11	15	22				1284	134				
Totaal		56	62	78	84	72	71	96	71	72	63	85	89	71	970							

$\bar{V}_w$  = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$

$Sv_w$  = standaardafwijking van  $V_w$

$T_m$  = transmissiewaarde van het midden van de transmissieklasse

$E$  = verlichtingssterktegrenswaarde, berekend uit  $\bar{V}_w$  en  $T_m$



TABEL D<sub>2</sub>

DAG (<7/8 bewolking), langstransmissie

Transmissie- klassen %	Bovengrens van de klassen in meteorologisch daglicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte ( $V_w$ ) in meters													Tot.	$\bar{V}_w$ (m)		
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400				
≤0.5	88	1	1		1												3	333
>0.5-≤5.5	160	6	7	7	5			1						2			28	425
>5.5-≤10.5	206	1	4	3	1	1	1	1	2								13	577
>10.5-≤16.5	258				1	1									1		3	833
>16.5-≤21.5	302				1	1	1										3	633
>21.5-≤27.5	360					1											1	600
>27.5-≤31.5	401	1	1											1			3	567
>31.5-≤39.5	499			1	1	1	1		1								4	675
>39.5-≤46.5	606				1	1	1	1		1					1		5	920
>46.5-≤52.5	719					1											1	600
>52.5-≤56.5	812							3	1								4	925
>56.5-≤60.5	924				1	3	2	3	1	1	1	1	2				14	821
>60.5-≤63.5	1022						1	2					2	1			6	1000
>63.5-≤68.5	1223				1		1	1	3	5	1	6	3	3			24	1083
>68.5-≤72.5	1440				1	1				2	3	3	4	5	3		20	1145
>72.5									2	3	3	10	10	7			35	1226
Totaal																		167

$\bar{V}_w$  = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$ .

TABEL D3

**DAG** (Neerslag + 7/8, 8/8 bewolking en bovenlucht onzichtbaar), **dwarstransmissie**

Transmissie- klassen %	Bovengrens van de klassen in meteorologisch dagzicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte $V_w$ in meters													Tot.	$\bar{V}_w$ (m)	$SV_w$ (m)	$T_m$ %	log E (lux)			
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400								
≤0.5	88	4																4	200	0		
>0.5-≤5.5	160	29	28	17	4	1	1											80	304	105	3.0	-3.56
>5.5-≤10.5	206	1	5	25	26	14	8	3	1									83	507	136	8.0	-4.59
>10.5-≤16.5	258		1	7	17	10	7	3	1	1	1							48	585	174	13.5	-4.42
>16.5-≤21.5	302				3	9	10	6	3									32	709	165	19.0	-4.60
>21.5-≤27.5	360		2	1	4	13	13	3	3									39	741	130	24.5	-4.27
>27.5-≤31.5	401				1	5	9	4	1	1	1							22	827	139	29.5	-4.27
>31.5-≤39.5	499				1		3	17	18	3	2							44	855	106	35.5	-3.97
>39.5-≤46.5	606					1		5	12	9	5	4	3					39	990	159	43.0	-3.95
>46.5-≤52.5	719						1		5	6	6	7	6	5	2			38	1055	200	49.5	-3.76
>52.5-≤56.5	812								3	5	4	1	3					16	1075	139	54.5	-3.54
>56.5-≤60.5	924						1			3	9	6	12	1	3			35	1109	162	58.5	-3.41
>60.5-≤63.5	1022							1	1	4	6	3	7	2	2			24	1158	159	62.0	-3.33
>63.5-≤68.5	1223					1			1	4	9	7	17	10	10			49	1222	161	66.0	-3.25
68.5-≤72.5	1440								1		2	8	5	13	11			31	1265	162	70.5	-3.11
>72.5											2	2	2	2	11			29	1279	150		
Totaal			34	34	51	53	42	48	63	55	49	45	45	53	41			613				

$\bar{V}_w$  = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$

$SV_w$  = standaardafwijking van  $V_w$

$T_m$  = transmissiewaarde van het midden van de transmissieklasse

$E$  = verlichtingssterktegrenswaarde, berekend uit  $\bar{V}_w$  en  $T_m$

TABEL D 4

DAG, langstransmissie

(7/8, 8/8 bewolking + bovenlucht onzichtbaar)

log Ep	Vw														Totaal
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal	
>-2.0	4														4
-2.4	11	1	1	3	2	1		1							20
-2.8	13	2	4	5	3	4	3	2	2	4	6	5	3		56
-3.2	12	6	2	3	3	1	4	6	8	10	13	13	13		94
-3.6	6	23	11	3	5	7	12	15	14	12	16	38	22		184
-4.0	2	14	7	5	7	12	15	7	13	9	12	9	6		118
-4.4		2	12	10	4	6	9	6	7	4	7	5	1		73
-4.8		3	10	9	6	6	3	2		3	2		1		45
-5.2		4	4	10	7	9	10	4	3	3		1			55
-5.6			2	5	5	4	3		1						20
-6.0			1	2	10	6	4			1					24
-6.4			1	1	1	2	1	1		1					8
-6.8				2			1		1						4
-7.2			1			1					1				3
-7.6							1								1
-8.0							1								1
<-8.0		4	1		1		2								8
Totaal	52	55	57	58	54	59	69	44	49	47	57	71	46		718

TABEL D<sub>5</sub>

DAG, langstransmissie

(Neerslag)

Log E <sub>P</sub>	V <sub>w</sub>															Totaal
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400			
>-2.0	1	1		1											3	
-2.4	1				1		2								4	
-2.8	1				1		1		1	1				1	7	
-3.2							3	2	5	2	4	7	5		28	
-3.6	1	5	1	2	2	1	7	10	8	5	13	9	13		77	
-4.0			5		1	2	3	1	6	7	6	2	5		38	
-4.4			11	1	3	2	1	9	1	1	2				32	
-4.8			4	8	1	1	5	4	1						24	
-5.2		1		13	2	2	5				1				24	
-5.6					4			1	1						6	
-6.0					2	2	2				1				7	
-6.4						2									2	
-6.8					1										1	
-7.2																
-7.6										1					1	
-8.0																
<-8.0																
totaal	4	7	21	25	18	12	30	27	23	16	28	18	25		254	

TABEL D<sub>6</sub>

DAG, langstransmissie

( < 7/8 bewolking )

log Ep	V <sub>w</sub>																	Totaal
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal				
> -2.0	3	1	1	2	1			1									9	
-2.4	1		1		3	2		1			1						9	
-2.8		3			2	2	6	3	7	4	6	3					36	
-3.2	4	1			1	1		4	5	3	11	8	7				45	
-3.6		2		1	1	1	1		1	1	6	8	6				28	
-4.0	1	1	3	1	1												7	
-4.4		1								1							2	
-4.8		3	4						1								8	
-5.2			1	1	1		1						1				5	
-5.6				1													1	
-6.0											1						1	
-6.4				1	1												2	
-6.8			1			1	1										3	
-7.2					1												1	
-7.6																		
-8.0				2					1								3	
< -8.0		1		1			1	1			2		1				7	
Totaal	9	13	12	11	10	10	7	9	10	16	9	27	19	15			167	

TABEL D<sub>7</sub>

DAQ, dwersttransmissie

(7/8, 8/8 bewolking + bovenlucht onzichtbaar)

log B <sub>D</sub>	V <sub>w</sub>														Totaal	
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400			
>-2.0	1															1
-2.4	7	1	1	1	1		1		1		1		4	2		12
-2.8	9	1	1	1	1		1		1	1	1	4	2	2		25
-3.2	12	6	3	3	1				2	2	2	6	11	10	13	72
-3.6	2	9	6	3	3	2	3	4	4	7	8	6	12	12	12	86
-4.0	1	10	8	12	3	3	6	10	11	2	2	7	7	2	7	85
-4.4		2	8	3	7	9	6	6	4	3	2	2	2	2	3	50
-4.8			3	10	3	5	4	4	2	2	2	2	3	5	5	41
-5.2		1	2	4	4	6	4	4	2	1	1			1		25
-5.6					2	6	3	3	2	1	1	1	1			16
-6.0						1	4	2	1	1	1					9
-6.4								1	1							2
-6.8							3	1								4
-7.2																
-7.6								1	1						1	3
-8.0									1		1			1		3
<-8.0	1									1		1				2
Totaal	33	30	32	37	29	39	39	32	30	32	30	32	30	44	29	436

TABEL D8

DAQ, dwersttransmissie  
(Neerslag)

V <sub>w</sub> lag B <sub>D</sub>	V <sub>w</sub>														Totaal
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400		
>-2.0	1				1				1						2
-2.4					1			1		1					3
-2.8										1		1			2
-3.2		3						3	4	6	3	3			24
-3.6		1	3					1	2	3	4	6	6		32
-4.0				8	3	4	2	7	3	2	3	3	4		40
-4.4				5	2	1	3	4	9	4	2	3			33
-4.8				2	9	4	3	4	3						25
-5.2				1	1			3			1	1			7
-5.6						1		1		1					4
-6.0					1							1			2
-6.4															
-6.8						1									2
-7.2															
-7.6															
-8.0															
<-8.0															
Totaal	1	4	19	16	13	9	24	23	18	13	15	9	12		176

TABEL D<sub>9</sub>

DAG, dwarstransmissie

( < 7/8 bevolking )

log E <sub>D</sub>	V <sub>w</sub>														Totaal
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal	
>-2.0	3	2	2	3	2						1			13	
-2.4	4	1	1	1	2	2		2	1	1			2	15	
-2.8	1	1	1	1		1	4	1	4	4	1			14	
-3.2	1	1	1			3	4	3	4	3	5	1		18	
-3.6	1		1	1		2				4				8	
-4.0			1	2			1	1					2	7	
-4.4		2					1	1		1			1	5	
-4.8			1	1	1		1			1			1	6	
-5.2				1									1	2	
-5.6											1			1	
-6.0															
-6.4															
-6.8															
-7.2															
-7.6						1								1	
-8.0															
<-8.0	1									1				2	
Totaal	8	9	6	9	5	3	3	5	8	5	16	7	8	92	



TABEL D<sub>10</sub>

DAG (alle waarnemingen)

log E <sub>D</sub> log E <sub>P</sub>	DAG (alle waarnemingen)																Totaal	E <sub>P</sub> < E <sub>D</sub>	E <sub>P</sub> = E <sub>D</sub>	E <sub>P</sub> > E <sub>D</sub>								
	>-2.0	-2.4	-2.8	-3.2	-3.6	-4.0	-4.4	-4.8	-5.2	-5.6	-6.0	-6.4	-6.8	-7.2	-7.6	-8.0					-8.4	-8.8	-9.2	-9.6	-10.0	<-10.0		
>-2.0	4	1	2	2		1																	10			4	6	
-2.4		5	1		1	1	1	1		1	1		1										12			5	7	
-2.8		9	12	12	3	2	1	1		1						1						42	9			12	21	
-3.2	4	4	11	39	16	14	4	3					1	1	1							97	19			39	39	
-3.6	1	3	6	43	58	28	10	11	3	4	1	1	1	1	1							170	53			58	59	
-4.0	1	2	2	4	27	30	16	9	7	3	1	1	1	1	1	1						105	36			30	39	
-4.4		1	1	8	5	19	32	8	4	2	1					1						82	34			32	16	
-4.8	1	1	2	1	3	11	11	9	7				2									48	30			9	9	
-5.2		1	1	2	7	13	6	16	6	2	4	1										59	46			6	7	
-5.6				2	1	5	1	5	2	5	1											22	16			5	1	
-6.0		1	1			5	3	2	4	3	1											20	19			1		
-6.4	1					2	2	3	1													10	10					1
-6.8		1			1	1	1	1						1								6	5			5		
-7.2					1	1	1	2														4	4			4		
-7.6						2																2	2			2		
-8.0	1			1			1	1														4	4			4		
-8.4																1						1	1			1		
-8.8																												
-9.2																												
-9.6			1																			1	1					
-10.0																												
<-10.0	2	1	2		1											1						9	7			2		
Totaal	16	30	41	114	126	132	88	72	34	21	11	2	6	4	3	1	1				704	296			203	205		

TABEL S<sub>1</sub>

SCHERMER (Neerslag + 7/8, 8/8 bewolking en bovenlucht onzichtbaar), langstransmissie

Transmissie- klassen %	Bovengrens van de klassen in meteorologisch nacht- zicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte $V_w$ in meters												Tot.	$\bar{V}_w$ (m)	$S_{V_w}$ (m)	$T_m$ %	log E (lux)			
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300						1400		
≤ 0.5	220	8	3	3	1												15	280	102	1.0	-4.62
> 0.5-≤ 1.5	272	7	2	2	2	1											14	314	141	2.5	-4.91
> 1.5-≤ 3.5	330	2	12	19	7	3	1										44	400	106	5.5	-5.22
> 3.5-≤ 7.5	415		3	5	9	6	3	1									27	519	139	10.0	-5.26
> 7.5-≤ 12.5	503		1	1	3	3	7	2	1								18	633	150	15.5	-5.20
> 12.5-≤ 18.5	604			1	1	2	6	4	4	1							19	742	150	21.5	-5.55
> 18.5-≤ 24.5	707				1		4	2	4	2	3						11	936	220	27.5	-5.30
> 24.5-≤ 30.5	818						2	1	3		2	1					9	1022	179	33.0	-4.99
> 30.5-≤ 35.5	920						1	4	3	3	3	3					17	1071	161	37.5	-4.32
> 35.5-≤ 39.5	1011							1	1	2	1	1	1				8	988	203	43.5	-3.98
> 39.5-≤ 47.5	1223								3		4	5	3	3			19	1142	220	57.0	-3.67
> 47.5-≤ 53.5	1419							1		1	5	2	5	2			17	1159	200	64.5	-3.12
> 53.5-≤ 60.5									1		6	1	4	5			17	1224	168		
> 60.5-≤ 68.5										1	1	1	7	4			20	1115			
> 68.5											1	1	3	5			11	1226			
Totaal																	226				

$\bar{V}_w$  = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$

$S_{V_w}$  = standaardafwijking van  $V_w$

$T_m$  = transmissiewaarde van het midden van de transmissieklasse

E = verlichtingssterktegrenswaarde, berekend uit  $\bar{V}_w$  en  $T_m$

TABEL S<sub>2</sub>

SCHIEMER (<7/8 bevolking), langstransmissie

Transmissie- klassen %	Bovengrens van de klassen in meteorologisch nacht- zicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte V <sub>w</sub> in meters											Tot.	V <sub>w</sub> (m)				
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200			1300	1400		
≤0.5	220	2	1				1										4	375
>0.5-≤1.5	272	1	2	1	1												5	360
>1.5-≤3.5	330		1	1													2	500
>3.5-≤7.5	415	1	1	2	1	3	3	2	1								15	693
>7.5-≤12.5	503			1	1	1	1		1								4	800
>12.5-≤18.5	604					1											1	700
>18.5-≤24.5	707				1		1		1								3	800
>24.5-≤30.5	818									1							1	1100
>30.5-≤35.5	920																	
>35.5-≤39.5	1011														1		1	500
>39.5-≤47.5	1223									1	2					2	6	1100
>47.5-≤53.5	1419											1	1	1		1	3	1200
>53.5-≤60.5									1	2	2	1	2	1	5		11	1264
>60.5-≤68.5											1	3	4	2	10		10	1270
>68.5			1	1				2	3	1	1	1	4		13		13	1092
Totaal		3	5	3	4	5	5	5	5	9	7	9	13		77		77	

V<sub>w</sub> = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte V<sub>w</sub>

TABEL S<sub>3</sub>SCHEMER (Neerslag + 7/8, 8/8 bewolking en bovenlucht onzichtbaar), dwarstransmissie

Transmissie- klassen %	Bovengrens van de klassen in meteorologisch nacht- zicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte $V_w$ in meters													Tot.	$\bar{V}_w$ (m)	$S_{V_w}$ (m)	$T_m$ %	log E (lux)		
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400							
$\leq 0.5$	220	6	1	1													8	263	119	1.0	-4.25
$> 0.5 - \leq 1.5$	272	8	7	6													21	290	83	2.5	-4.86
$> 1.5 - \leq 3.5$	330	3	7	10	4	4											28	396	121	5.5	-5.16
$> 3.5 - \leq 7.5$	415	2	9	9	6	2	1	1									12	513	138	10.0	-4.88
$> 7.5 - \leq 12.5$	503	1	6	2	2	2		1									13	583	159	15.5	-5.13
$> 12.5 - \leq 18.5$	604	2	2	5	4	2											7	731	126	21.5	-4.92
$> 18.5 - \leq 24.5$	707			2	1	2	1										10	814	242	27.5	-4.49
$> 24.5 - \leq 30.5$	818	1		1	2	3	2	1									8	840	212	33.0	-4.89
$> 30.5 - \leq 35.5$	920			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			8	1050	245	37.5	-4.27
$> 35.5 - \leq 39.5$	1011				1	3	2	1									17	975	128	43.5	-4.40
$> 39.5 - \leq 47.5$	1223				1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1		6	1141	238	50.5	-3.78
$> 47.5 - \leq 53.5$	1419				1			1									21	1083	234	57.0	-3.62
$> 53.5 - \leq 60.5$							1										9	1167	149	64.5	-3.37
$> 60.5 - \leq 68.5$																	4	1244	143		
$> 68.5$																	4	1325	96		
Totaal		17	17	27	22	14	14	14	12	15	8	15	9	17	15	202					

 $\bar{V}_w$  = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$  $S_{V_w}$  = standaardafwijking van  $V_w$  $T_m$  = transmissiewaarde van het midden van de transmissieklasseE = verlichtingssterktegrenswaarde, berekend uit  $\bar{V}_w$  en  $T_m$

TABEL S 4

SCHEMER, langstransmissie

(7/8, 8/8 bewolking + bovenlucht onzichtbaar)

log E <sub>P</sub>	V <sub>w</sub>																	Totaal
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400				Totaal	
> -2.4	1	1	1	1	1	1	1										5	
-2.8	2						1				1						4	
-3.2	6								1	1		1	3				11	
-3.6	3	3	1	1	1	1	1	1		5		6	5				26	
-4.0	3	5			1		3	3		3	1	2	1				20	
-4.4	2	1	1	1			3	5	1	3	3	4	4				27	
-4.8	1	5	1	1	1				2	2	2	2	1				16	
-5.2	1	5	3	1	1	2	3	2	2	1	2	3	2				27	
-5.6			5	3	1	6	1	1		2	3	1	1				24	
-6.0			1	4	4	1	3	2			1	2					18	
-6.4			1	1	1	1	1	1			1	1					6	
-6.8				1	1	1			1								3	
-7.2				1	1	1	1	1									4	
-7.6						1							1				2	
-8.0				1	1												2	
< -8.0	2	2	2	1	1	1	1	1									10	
Totaal	16	15	22	19	10	16	12	18	5	18	14	22	18				205	

TABEL S<sub>5</sub>

SCHERM, langstransmissie

(Neerslag)

V <sub>w</sub> log E <sub>p</sub>	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal
> -2.4				1	1	1	1							3
-2.8	1				1		1							3
-3.2		1	1					1						3
-3.6		3					1	1	1	3	1	1		10
-4.0		2								2	1	3		8
-4.4			1	1										2
-4.8			5	1	3		1	1					1	12
-5.2			1	1		2		1						5
-5.6			1	1										2
-6.0					1							1		2
-6.4						1	1			2				4
-6.8				1	1	1	1	1						5
-7.2					1									1
-7.6														
-8.0			1											1
< -8.0														
Totaal	1	6	10	6	8	3	5	2	5	7	1	5	2	61

TABEL S<sub>6</sub>

SCHEMER, langstransmissie

( < 7/8 bewolking )

V <sub>w</sub> log E <sub>p</sub>	Totaal													
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	
> -2.4	1			1					1					3
-2.8				1					1	2	1	1		6
-3.2	1	1								2			3	7
-3.6	1						1	1	1	2	4	4	2	16
-4.0					1			1		1	2	1	2	8
-4.4			1									1	4	6
-4.8		2					1						2	5
-5.2			1	1		1								3
-5.6				1	1								1	3
-6.0			1							1				2
-6.4					1	1			1					3
-6.8						1								1
-7.2					1	1		1						3
-7.6						1	1							2
-8.0														
< -8.0	1	1			1		3	2	1	1			1	11
Totaal	3	5	3	4	5	5	6	5	5	9	7	9	13	79

TABEL S<sub>7</sub>

SCHEMER, dwerstransmissie

(7/8, 8/8 bewolking + bovenlucht onzichtbaar)

Log E <sub>D</sub>	V <sub>w</sub>																Totaal
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal			
>-2.4	1	1													2		
-2.8	4					1				1					6		
-3.2	5					1	1			3			2		12		
-3.6	2	3	1			1	1			4	5	2			20		
-4.0	3	3	2	2	2	1	2	4		2		4	3		28		
-4.4	4	2	2	2		1	1	1	2		1	2	3		19		
-4.8	2	3	3	6		1	1	3	1		1	1	1		20		
-5.2	1	6	1	1	1	1	1	1		2	1	4	3		21		
-5.6			2	3	1	2	1	1	1						11		
-6.0			2	3	2	2	2								11		
-6.4				1				2				1			4		
-6.8			2			1									3		
-7.2					1										1		
-7.6							1					1			2		
-8.0			1	1	2										3		
<-8.0	1		1					1							3		
Totaal	16	14	21	19	9	9	12	9	15	4	11	9	14	13	166		



TABEL S8

SCHMER, dwarstransmissie  
(Neerslag)

V <sub>w</sub> Log E <sub>D</sub>	Totaal													
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	
>-2.4														1
-2.8														3
-3.2	1													4
-3.6								1	2					4
-4.0		2									1	1		4
-4.4			1				1			1				4
-4.8		1	3				2	1						7
-5.2						1		1					1	3
-5.6			2	2		1								5
-6.0				1					1			1		3
-6.4					2									2
-6.8					2	1								3
-7.2					1									1
-7.6														
-8.0								1						1
<-8.0														
Totaal	1	3	6	3	5	2	4	4	4	4	3	2		37

TABEL S<sub>10</sub>

SCHERMER (alle waarnemingen)

$\log E_p$	$\log E_D$	>-2.0	-2.4	-2.8	-3.2	-3.6	-4.0	-4.4	-4.8	-5.2	-5.6	-6.0	-6.4	-6.8	-7.2	-7.6	-8.0	-8.4	-8.8	-9.2	-9.6	-10.0	<-10.0	Totaal	$E_p < E_D$	$E_p = E_D$	$E_p > E_D$
>	-2.0	1			1									1										4			4
	-2.4				1																			1			1
	-2.8	2	3	2	1		1											1						10	3		5
	-3.2		3	3	4				1															12	3	3	6
	-3.6		2	7	7	9	1	3	1	1														31	9	7	15
	-4.0		1	8	8	9	4	2	1													1		26	9	9	8
	-4.4		1	1	2	6	10	2												1				23	10	10	3
	-4.8		1	1	1	1	2	1	5	7	2		2		1									23	6	5	12
	-5.2		1	1	4	3	4	6	4	1	1	1		2					1					27	18	4	5
	-5.6	1		2	2	2	2	4	6	7	3													27	17	7	3
	-6.0				3	3	3	2	4	3	3	1												16	12	3	1
	-6.4			1	1	1	2	2	2	1	3						1							9	8	1	1
	-6.8			1	1	1	1	1	1	2				1										6	5	1	
	-7.2		1	1	1					1	1	1	1	1	1									7	6	1	
	-7.6								1		1													2	2		
	-8.0																1							2		1	1
	-8.4																							1	1		
	-8.8									1														1	1		
	-9.2													1										2	2		
	-9.6				1																			1	1		
	-10.0																							10	10		
Totaal		2	5	13	19	34	36	24	30	24	17	15	5	6	2	1	3	1	2	1		1	1	241	122	54	65



TABEL N<sub>1</sub>

NACHT (Neerslag + 7/8, 8/8 bewolking en bovenlucht onzichtbaar), langstransmissie

Transmissie- klassen %	Boven grens van de klassen in meteorologisch nacht- zicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte $V_w$ in meters												Tot.	$\bar{V}_w$ (m)	$S_{V_w}$ (m)	$T_m$ %	log E (lux)									
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300						1400								
≤0.5	220	26	15	4	7	1	2												57	337	214						
>0.5-≤1.5	272	6	18	15	12	4	1												57	402	155	1.0	-5.93				
>1.5-≤3.5	330			15	37	16	5	3	1	2									79	543	129	2.5	-6.61				
>3.5-≤7.5	415			1	14	44	26	20	12	3	3	1	1	1								126	706	170	5.5	-6.96	
>7.5-≤12.5	503	1		2	2	11	15	13	10	2	3	1	1	1									60	852	185	10.0	-6.88
>12.5-≤18.5	604							5	8	4	9	2	1	1									29	997	148	15.5	-6.75
>18.5-≤24.5	707						1	2	5	7	7	3	3	1									29	1048	166	21.5	-6.12
>24.5-≤30.5	818							3	2	3	7	8	4	2									29	1120	168	27.5	-5.72
>30.5-≤35.5	920							1		3	1	4	6	5									20	1225	168	33.0	-5.57
>35.5-≤39.5	1011							1		1	4	2	4	4									16	1213	171	37.5	-5.10
>39.5-≤47.5	1223							1	1	1	2	2	7	13									27	1282	167	43.5	-4.81
>47.5-≤53.5	1419								1		1	4	1	6									13	1269	155	50.5	-4.26
>53.5								2		3	1	5	3	8									22	1217	195		
Totaal		32	34	35	72	67	45	54	43	37	39	34	30	42									564				

$\bar{V}_w$  = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$

$S_{V_w}$  = standaardafwijking van  $V_w$

$T_m$  = transmissiewaarde van het midden van de transmissieklasse

E = verlichtingssterktegrenswaarde, berekend uit  $\bar{V}_w$  en  $T_m$

TABEL N<sub>2</sub>

NACHT (<7/8 bewolking), langstransmissie

Transmissie- klassen %	Bovengrens van de klassen in meteorologisch nacht- zicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte V <sub>w</sub> in meters													Tot. V <sub>w</sub> (m)
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	
≤0.5	220	15	20	8	5	5	4	3	3	3	1	1	1	64	428
>0.5-≤1.5	272	5	3	6	4	1	3	3	1	1	1	2	2	31	600
>1.5-≤3.5	330	1	6	5	5	3	2	2	2	2	2	2	2	28	539
>3.5-≤7.5	415	1		4	2	5	2	2	5	1	1	1	1	23	713
>7.5-≤12.5	503	1		3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	14	700
>12.5-≤18.5	604			4	1	2	1	1	1	1	1	1	1	10	730
>18.5-≤24.5	707	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	8	887
>24.5-≤30.5	818						1	1	1	2	1	1	1	6	1133
>30.5-≤35.5	920										3			3	1200
>35.5-≤39.5	1011	1					1						1	3	833
>39.5-≤47.5	1223				1	2	1			1	1	1	1	4	1075
>47.5-≤53.5	1419	3	2	2	2	1	2	4	1	1	2	1	2	21	795
>53.5															
Totaal		25	33	27	23	20	14	15	21	11	9	12	3	11	224

V<sub>w</sub> = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte V<sub>w</sub>

TABEL N<sub>3</sub>

NACHT (Neerslag + 7/8, 8/8 bewolking en bovenlucht onzichtbaar), dwarstransmissie

Transmissie- klassen %	Bovengrens van de klassen in meteorologisch nacht- zicht uitgedrukt (meters)	Waargenomen zichtbare baanlengte $V_w$ in meters												Tot.	$\bar{V}_w$ (m)	$S_{V_w}$ (m)	$T_m$ %	log E (lux)	
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300						1400
≤ 0.5	220	10	4	3	1	1									19	289	120	1.0	-5.64
> 0.5 - ≤ 1.5	272	3	6	5	8										22	382	110	2.5	-6.70
> 1.5 - ≤ 3.5	330			11	36	10	7	6	1						71	551	125	5.5	-6.53
> 3.5 - ≤ 7.5	415		1	5	42	21	11	5							85	660	105	10.0	-6.61
> 7.5 - ≤ 12.5	503				5	5	13	8	3	2					36	814	133	15.5	-6.33
> 12.5 - ≤ 18.5	604					1	6	8	6	3	1				25	928	121	21.5	-6.27
> 18.5 - ≤ 24.5	707						2	6	8	3	2	3	4		28	1079	191	27.5	-5.83
> 24.5 - ≤ 30.5	818							3	3	8	3	4	3		24	1146	156	33.0	-5.69
> 30.5 - ≤ 35.5	920								1	4	4	4	5		14	1257	145	37.5	-4.99
> 35.5 - ≤ 39.5	1011									1	5	3	2		12	1183	127	43.5	-4.69
> 39.5 - ≤ 47.5	1223										1	7	5	7	22	1241	206	50.5	-4.19
> 47.5 - ≤ 53.5	1419											1	2	3	12	1242	90		
															16	1275	129		
Totaal		13	10	20	50	59	34	38	31	24	29	26	23	29	386				

$\bar{V}_w$  = gemiddelde van de waargenomen zichtbare baanlengte  $V_w$

$S_{V_w}$  = standaardafwijking van  $V_w$

$T_m$  = transmissiewaarde van het midden van de transmissieklasse

E = verlichtingssterktegrenswaarde, berekend uit  $\bar{V}_w$  en  $T_m$

TABEL N 4

NACHT, langstransmissie

(7/8, 8/8 bewolking + bovenlucht onzichtbaar)

V <sub>w</sub> log E <sub>p</sub>	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal
	>-3.2	6	1					2		1	1			
-3.6	10						1	1	2		1		1	16
-4.0	14						2	1		1	2	1	2	23
-4.4		1					2		2	2	4	1	2	14
-4.8		14	2	2		1	2	2	3	3	1	2	4	36
-5.2		9	6	4			1	1		2	3	5	8	39
-5.6			5	4	2	1	1	4	1	5	4	3	4	34
-6.0		7	8	10	5	5			3	2	7	4	4	55
-6.4			5	7	15	3	4	5	2	2	1	2	3	49
-6.8				14	14	4	7	3	1	3	2	2		50
-7.2			1	6	6	3	3	4	2	3				28
-7.6				2	1	4	3	1	1	3		2	1	18
-8.0			1	1	5	5	6	4	2	1	1			26
-8.4				1	1	1	1		3	1				7
-8.8					1		5	4	1					11
-9.2					2	3	1		1					7
-9.6				1		1	1	4			1		1	9
-10.0							1			1			1	3
<-10.0	2	2	2		1	2	1	1	2	4	3	2	1	23
Totaal	32	34	30	52	53	32	44	35	27	34	30	24	32	459

TABEL N<sub>5</sub>

NACHT, langstransmissie

(Neerslag)

$V_w$ $\log E_P$	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal
>-3.2														1
-3.6											1			3
-4.0											1	1		2
-4.4												2		7
-4.8			3	1								1	2	3
-5.2			2						1					9
-5.6				1			2		1	1		1	3	15
-6.0				4	2	2	2		2	1		2		5
-6.4				3	1			1						17
-6.8				1	7	3	1	1	1				2	11
-7.2				2	4	1	1	1		1		1		13
-7.6						7	2		2	1	1			3
-8.0							2	1						2
-8.4								1		1				3
-8.8								2	1					2
-9.2								1	1					3
-9.6														2
-10.0									1					1
<-10.0														
Totaal		5	12	14	13	10	8	10	5	4	6	10		97



TABEL N<sup>o</sup> 6

NACHT, langstransmissie

( < 7/8 bewolking )

V <sub>w</sub> log E <sub>p</sub>	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal
	>-3.2	10	4	1	3	3	2	2	4	1	1			
-3.6	3	1	3						1		1		1	10
-4.0	4	4	1	4			1				1		1	16
-4.4	1	1										2		4
-4.8	2	3						1		1			3	10
-5.2	9	4	1	1	1	1		2	1		1		1	21
-5.6			1	3			1	1		2	3			11
-6.0	2	1	2	1			1						1	8
-6.4			1				1	1	1	1		1		6
-6.8			4	3	3		2				1		1	14
-7.2			1	1	1			1						4
-7.6				2	1	1	1							5
-8.0			3	1	1	1			1	1				8
-8.4													1	1
-8.8				1	1		1	2		1				6
-9.2						2	1				1			4
-9.6				2				3						5
-10.0						2								2
<-10.0	8	10	4	2	5	5	4	6	6	2	4		2	58
Totaal	25	33	27	23	20	14	15	21	11	9	12	3	11	224

TABEL N<sub>7</sub>NACHT, dwerstransmissie

(7/8, 8/8 bewolking + bovenlucht onzichtbaar)

V <sub>w</sub> log E <sub>D</sub>	Totaal													
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal
> -3.2	3			1					2					6
-3.6										1				1
-4.0	2						1		1	1	3	1		9
-4.4							1		1	7	1	3		13
-4.8		4	3				1	1	3	2	1	2		17
-5.2		3	4	2	2		2	4	3	4	6	3	5	38
-5.6			6	2	4	4	4	4	3	7		2	2	36
-6.0		1	1	9	9	1	2	1		2		3	2	31
-6.4			2	8	14	2	3	5	5		3	4	3	49
-6.8			1	14	9	7	4	1	1	1	2		2	42
-7.2				4	3	1	3	2	3	1		3	1	21
-7.6				2	4	6	1	1						14
-8.0			1	2	2	3	4	1	1	2		1	1	17
-8.4					1	3	1	1			1		3	10
-8.8							2	2						4
-9.2						1	3	1	1					6
-9.6				1				1		1				3
-10.0														
< -10.0	8	2	2	1		3		1						17
Totaal	13	10	20	44	50	28	32	26	19	26	23	18	25	334

TABEL N<sup>o</sup> 8

NACHT, dvarstransmissie  
(Neerslag)

VW log E <sub>D</sub>	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal
	>-3.2								1					
-3.6										1				1
-4.0												1		1
-4.4										1	2	1		4
-4.8									1					1
-5.2										1	1	1		3
-5.6											1			1
-6.0				3						1	1			5
-6.4				1	1			1					1	4
-6.8				2	8	1	2		1					14
-7.2						2	1							3
-7.6						2	2	1	1					6
-8.0							1	3						4
-8.4														
-8.8									2					2
-9.2														
-9.6														
-10.0														
<-10.0														
Totaal				6	9	5	6	5	5	2	3	5	4	50

TABEL N<sup>o</sup> 9

NACHT, dwardstransmissie

( 7/8 bewolking)

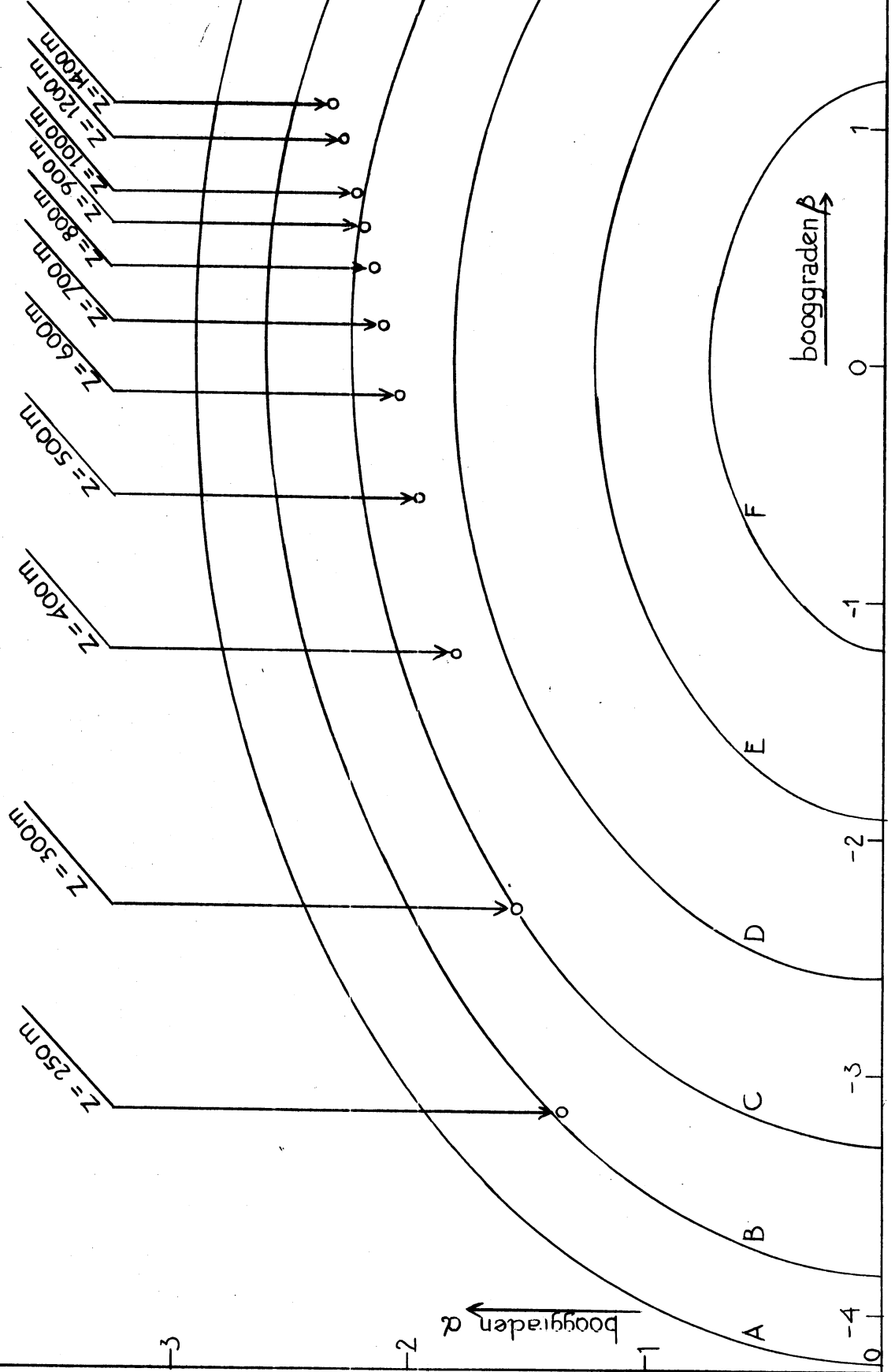
Log E <sub>D</sub>	V <sub>w</sub>																	Totaal
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	Totaal				
>-3.2	3	1	2	3	2	1	3	2	2	1			1	19				
-3.6	6	1		1				2	2		2			14				
-4.0	3							1	1	2	2	1	1	11				
-4.4				2				2			1		1	6				
-4.8		3	4			1					1		3	12				
-5.2		3	5	3	1				1					13				
-5.6			2		1	1		1		1				5				
-6.0		6		2	1		2							11				
-6.4			1	1		1	1							4				
-6.8			1	2	3	2	1							9				
-7.2			2	2			2							6				
-7.6				2		1	1	1						5				
-8.0			2		3				1	1	1			7				
-8.4					1									1				
-8.8									2	2	1			3				
-9.2					1			1						2				
-9.6								2				1		3				
-10.0																		
<-10.0	6	6	1			1		4	1				2	21				
Totaal	18	20	20	17	12	9	10	13	8	7	8	1	9	152.				

TABEL N<sup>o</sup> 10

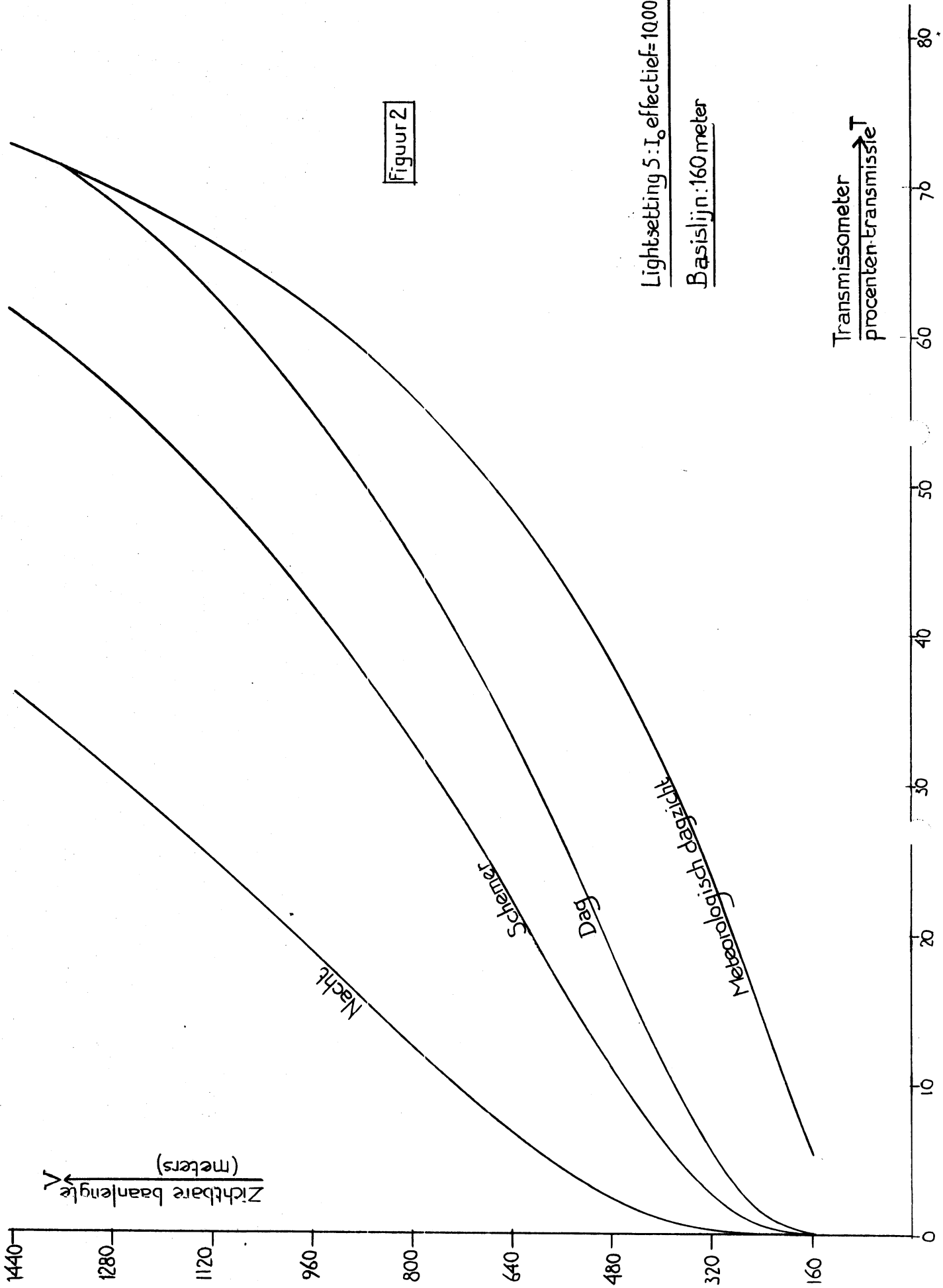
NACHT (alle waarnemingen)

log E <sub>D</sub>	log E <sub>P</sub>																			Totaal	E <sub>P</sub> < E <sub>D</sub>	E <sub>P</sub> = E <sub>D</sub>	E <sub>P</sub> > E <sub>D</sub>				
	>-2.0	-2.4	-2.8	-3.2	-3.6	-4.0	-4.4	-4.8	-5.2	-5.6	-6.0	-6.4	-6.8	-7.2	-7.6	-8.0	-8.4	-8.8	-9.2					-9.6	-10.0	<-10.0	
>-2.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			1	9
-2.4																										1	9
-2.8		1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			1	5
-3.2				3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	1		2	16
-3.6			1	2	1	4	1	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	20	4		4	12
-4.0	1			2	1	4	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			8	4
-4.4							8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			2	22
-4.8					1	1	1	6	12	3	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	30	2		6	22
-5.2				1	2	1	2	3	9	7	8	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	38	6		9	23
-5.6				1	1	1	1	3	10	5	4	5	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	39	16		5	18
-6.0				1	1	3	2	3	3	13	10	4	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	48	13		13	22
-6.4				1	1	1	2	3	4	2	4	15	7	3	1	1	1	1	1	1	1	1	47	17		15	15
-6.8			1	1	1	2	1	2	1	3	4	7	10	4	1	1	2	1	1	1	1	1	59	29		20	10
-7.2					1	1	2	2	2	4	3	1	8	6	3	2	1	1	1	1	1	1	34	21		6	7
-7.6	1						1	1	1	1	2	7	3	6	1	1	1	1	1	1	1	1	26	16		6	4
-8.0					1	1	1	6	2	1	5	1	5	1	2	6	2	2	2	2	2	1	29	18		6	5
-8.4			1					1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	8		2	1
-8.8				1	1	1	1	1	2	2	3	2	1	3	1	3	2	1	2	1	1	1	16	13		2	1
-9.2			1		1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	11	11		11	15
-9.6				1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10		10	10
-10.0					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5		5	5
<-10.0	3	1	3	2	3	3	1	4	3	1	2	4	3	2	2	2	2	2	1	2	1	2	58	42		16	16
Totaal	5	3	9	9	16	21	23	30	53	41	47	57	65	30	25	28	11	9	8	6	6	534	232	120	182	38	

- A = 2500 cd.
- B = 4000 cd.
- C = 6000 cd.
- D = 10000 cd.
- E = 16.000 cd.
- F = 20000 cd.



Figuur 1

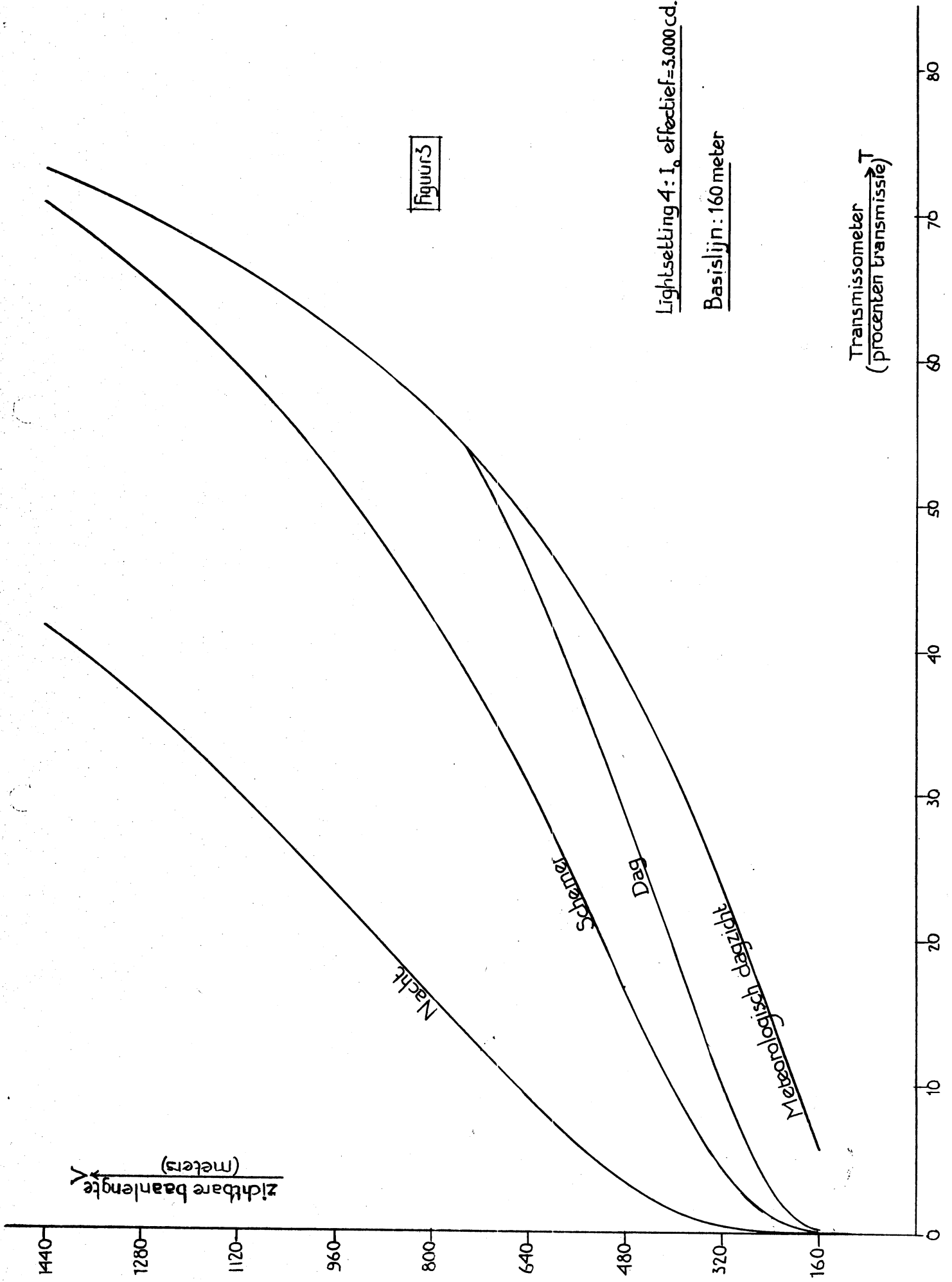


Figuur 2

Lightsetting 5:  $I_0$  effectief = 10000cd.

Basislijn: 160 meter

Transmissometer  
procenten-Transmissie  $T$



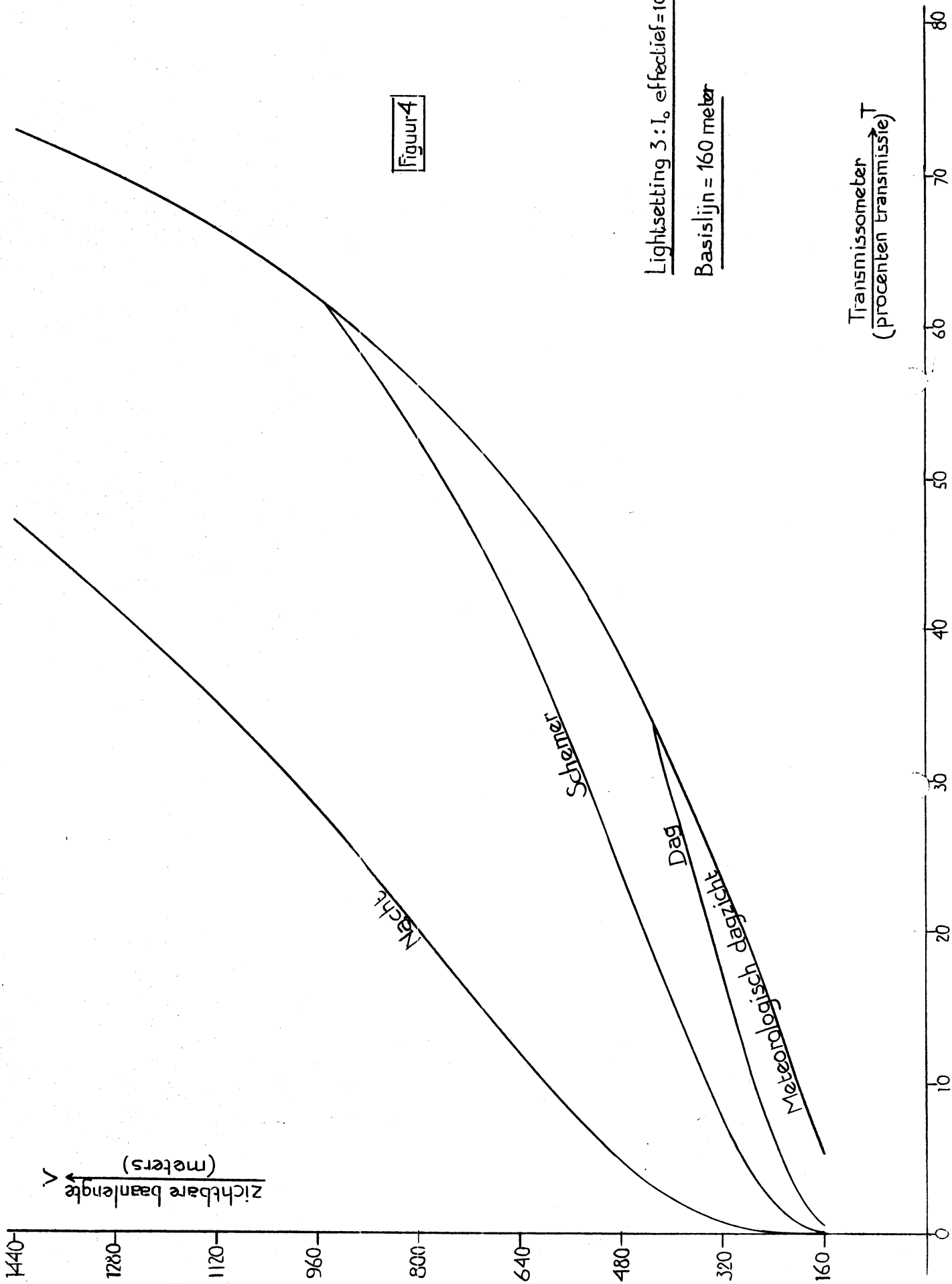
Figuur 3

Lightsetting 4:  $I_0$  effectief = 3.000 cd.

Basislijn: 160 meter

Transmissometer  
(procenten transmissie)





Figuur 5

