

OPENBARE VERLICHTING EN ONGEVALLenkANS

Voordracht NSVV-congresdag "Openbare verlichting - Economie en veiligheid", RAI-Congrescentrum, Amsterdam, 23 april 1982

Artikel Elektrotechniek 60 (1982) 9: 443 t/m 448

R-82-26

Dr.ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1982

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

SAMENVATTING

Zonder wegverlichting is verkeer bij duisternis niet mogelijk. Wegverlichting is dus een verkeersmaatregel. Men neemt meestal aan dat de verlichting door middel van de eigen dimlichten voldoende is voor het kunnen deelnemen aan het verkeer, voor zover het over het autoverkeer gaat. Er is echter meestal bij duisternis een aanzienlijk hogere ongevallenkans dan overdag. Betere verlichting is dus als een verkeersveiligheidsmaatregel te beschouwen. Hiervoor komt in de eerste plaats de openbare verlichting in aanmerking.

De doeltreffendheid van openbare verlichting als maatregel tegen ongevallen bij duisternis wordt gewoonlijk onderzocht aan de hand van ongevallenanalyses. Het meest gangbare type daarbij is de voor- en nastudie waarbij de ongevallen in de vóór-periode (zonder verlichting) worden vergeleken met die in de ná-periode (met goede verlichting). Op basis van een groot aantal van dergelijke studies mag men concluderen dat goede openbare verlichting leidt tot een reductie van 25 à 35% in de nachtelijke letselongevallen.

Hiermee kan echter niet de doelmatigheid van de openbare verlichting worden bepaald, noch worden bepaald wat het optimale lichtniveau is. In een grote studie in Engeland is een aanzet hiertoe gegeven. Dit was geen voor- en nastudie, maar een studie waarbij de dag/nachtverhoudingen in ongevallen van straten met verschillende verlichting worden vergeleken. Gemiddeld gesproken bleek dat een toename van de wegdek-luminantie samen ging met een relatieve daling van het nachtaandeel in de letselongevallen. Aangezien geen gegevens over het verkeer zijn verzameld, blijft het moeilijk om deze resultaten te interpreteren. Ongevallenstudies zijn behept met vele problemen van methodologische en van praktische aard. In alle gevallen zijn de eventuele resultaten moeilijk te generaliseren. Een oplossing is mogelijk te vinden in een analytische benadering, waarbij de vraag en aanbod betreffende visuele informatie worden vergeleken, en waarbij de vraag wordt bestudeerd aan de hand van de verkeerstaak van de bestuurders/verkeersdeelnemers.

PUBLIC LIGHTING AND ACCIDENTS

SUMMARY

Traffic at night is not possible without traffic lighting. Usually one assumes that low-beam head lighting is adequate for cars to take part in traffic. However, the night-time accident rates are considerable higher than the corresponding day-time rates. Improving the lighting, e.g. by public lighting is a road safety measure.

The effectiveness of public lighting as an accident countermeasure is usually assessed by means of before-and-after accident studies. One may conclude that good public lighting results in a reduction of some 25% to 35% of the night-time injury accidents.

It is not feasible to assess the efficiency of lighting, nor the minimum level for it to be effective in this way. A large study in the U.K. indicated that in general an increase of the average road-surface luminance corresponded with a decrease of the night-time injury accidents relative to the day-time accidents. Traffic data are missing. It is therefore difficult to interpret these results.

Accident studies suffer often from problems of methodological and of practical nature; the results are difficult to generalise. One may expect that an analytical approach, in which the supply and the demand of visual information are compared, will yield more useful results.

1. INLEIDING

Het verkeer op de openbare weg is alleen mogelijk wanneer de verkeersdeelnemers een bepaalde, minimale, hoeveelheid visuele informatie hebben over de omgeving. Zonder dergelijke visuele informatie is het momenteel gebruikelijke verkeer onmogelijk. Wat die informatie behelst, en op welke wijze die informatie dient te worden verschaft, is elders in detail besproken (De Boer (ed), 1967; Schreuder, 1978).

Men zou kunnen stellen dat het wegverkeer zoals het momenteel gangbaar is, ingesteld is op het verkrijgen van visuele informatie. Daarbij is de dagsituatie vooropgesteld.

Duisternis wordt beschouwd als een bijzondere toestand voor het wegverkeer, dit in vergelijking tot de daglichtsituatie. Aangezien het wegverkeer gebaseerd is op het hebben van visuele informatie, is een alternatieve verlichting noodzakelijk; immers bij het ontbreken van licht is het verkrijgen van visuele informatie niet mogelijk.

Op deze manier beschouwd is "kunstlicht" dus een verkeersvoorziening. Immers zonder kunstlicht is het wegverkeer onmogelijk, net zo goed als zonder wegen of zonder voertuigen.

De volgende belangrijke vraag is aan welke eisen dat kunstlicht moet voldoen. Bij de beantwoording ervan gaan we uit van de gedachte dat we globaal kunnen schatten welke informatie gewenst wordt om nog van een redelijke verkeersafwikkeling te kunnen spreken. Deze gedachte is gebaseerd op de volgende redenering: Aangezien het verkeer bepaald wordt (grotendeels tenminste) door visuele factoren, is verkeer zonder licht niet mogelijk. Anderzijds mag men verwachten dat het verkeer optimaal zal verlopen bij zeer goede lichtomstandigheden (bijv. vol daglicht). En het is te verwachten dat er een tussenvorm bestaat waarbij "redelijk" licht een "redelijk" verkeer mogelijk maakt. We zullen dit verlichtingstype aanduiden met basisverlichting.

Gedurende de laatste tientallen jaren heeft zich een geleidelijke ontwikkeling voorgedaan wat betreft de uitmonstering van de voertuigen. Dit heeft (op basis van trial and error, en praktijkervaring en opinie) geleid tot een algemeen aanvaarde opvatting over wat die basisverlich-

ting zou moeten zijn. We doelen hier op het dimlicht. Het is niet gebruikelijk om het dimlicht als zodanig te beschouwen. Men beschouwt het dimlicht meestal als "kruisingslicht", d.w.z. het verlichtingssysteem dat door auto's wordt meegevoerd en bedoeld is om een bepaalde zichtbaarheid te waarborgen tijdens de ontmoeting met andere auto's (Schreuder, 1976).

De eerste vraag die we nu moeten beantwoorden is de volgende: onder welke omstandigheden kan men, ook gezien vanuit het gezichtspunt van de verkeersveiligheid, volstaan met deze basisverlichting? Of anders geformuleerd, onder welke omstandigheden is er voor het verkeer meer nodig dan de meegevoerde dimlichten, of, nog anders, wat zijn de criteria voor de noodzaak van aanwezigheid van openbare verlichting - want dat is de enige aanvullende verlichting die in aanmerking komt. Over de beantwoording van deze vraag gaat de volgende paragraaf.

Daarop volgt natuurlijk de volgende vraag: stel dat openbare verlichting uit het oogpunt van verkeersveiligheid noodzakelijk is, hoe zou die dan moeten zijn? Aan welke (minimale) eisen dient de openbare verlichting dan te voldoen? In een volgende paragraaf zullen we op deze vraag ingaan; het zal blijken dat er momenteel nog geen goed antwoord kan worden gegeven.

2. ONGEVALLANALYSES

We hebben hierboven beschreven dat het dimlicht als een soort basisverlichting beschouwd moet worden, een verkeersmaatregel dus die noodzakelijk is om het verkeer ook 's nachts te laten plaatsvinden. Openbare verlichting is echter een verkeersveiligheidsmaatregel. De openbare verlichting heeft voorts nog andere functies. Voor het beoordelen van een maatregel (zoals bijvoorbeeld het aanbrengen van openbare verlichting van een bepaald kwaliteitsniveau) moeten zowel de kosten van die maatregel als de baten ervan beschouwd worden. De baten kunnen, voor zover het de verkeersveiligheid betreft, worden uitgedrukt in de reductie van het aantal ongevallen. Men beperkt zich daarbij als regel tot verkeersdoden. In sommige landen is de registratie van ongevallen echter voldoende goed om ook de letselongevallen voor verdere (statistische) verwerking te kunnen gebruiken.

Er zijn verschillende methoden in gebruik bij ongevallenanalyses. De meest gangbare is de zgn. "voor- en na-studie". Hierbij worden de ongevallen van de vóórperiode (bijvoorbeeld zonder verlichting) vergeleken met die van de náperiode (bijvoorbeeld met openbare verlichting van een bepaalde kwaliteit). Zonder meer zijn voor- en nastudies slechts van beperkt belang; immers er zijn steeds vele factoren werkzaam die, onafhankelijk van de verlichting, de ongevallen in aantal en/of ernst doen toenemen of afnemen. Zulke factoren kunnen zijn: strenge winters, verkeersmaatregelen, snelheidslimieten, benzineprijzen enz. Men noemt de gevolgen van die factoren wel "trends".

Bij de studies over de relatie tussen ongevallen en verlichting wordt veelal de "statistic" k gebruikt, die is gedefinieerd als

$$k = (A/B) / (a/b)$$

waarin:

A = het aantal ongevallen bij nacht na de installatie van openbare verlichting

B = het aantal ongevallen bij nacht vóór de installatie van openbare verlichting

a = het aantal ongevallen bij dag na de installatie van openbare verlichting

b = het aantal ongevallen bij dag vóór de installatie van openbare verlichting.

De gedachte is dat de algemene trends in de verkeersontwikkeling, waarmee bij voor/nastudies steeds rekening moet worden gehouden, voldoende in rekening worden gebracht door de dag/nachtverhoudingen voor en na te vergelijken. Hieraan kleven twee bezwaren: het is bekend dat bij de trendmatige veranderingen van het verkeer ook de verdeling van het verkeersaanbod over het etmaal verandert, en dat bovendien met weersinvloeden (strengere winters enz.) rekening moet worden gehouden. Dit kan, door bij de voor- en na-studie een "controlegroep" te gebruiken (d.w.z. een weggedeelte waarbij de voor- en naperiode wat betreft de verlichting niet verschillen) gekenmerkt door $k' = (A'/B')(a'/b')$.

Wanneer de dag/nacht-verhouding alle trends voldoende zouden beschrijven, zou $k' = 1$ zijn. Voorts moet men er rekening mee houden dat men bij het aanbrengen van openbare verlichting niet alleen een reductie van de nachtelijke ongevallen mag verwachten op basis van de verbeterde waarnemingscondities: lichtmasten zijn obstakels, zodat men mag verwachten dat er, zowel 's nachts als overdag, ongevallen bijkomen als gevolg van botsingen met lichtmasten (Flury, 1977).

Tenslotte zijn voor verantwoorde voor- en na-studies grote steekproeven nodig (zie o.a. Schreuder, 1978a, 1980).

In de loop van de laatste 25 jaar is er een aanzienlijk aantal onderzoeken uitgevoerd om de baten van openbare verlichting te kunnen bepalen. De meest recente van de vele verzamelingen van gegevens is die welke door de OECD is uitgebracht (OECD, 1980). Een nog uitgebreidere studie is in bewerking bij de Commission Internationale de l'Eclairage CIE (zie CIE, 1982; zie ook Schreuder, 1982; Brühning & Weisbrodt, 1981 en Fisher, 1977). Vrijwel steeds betrof het voor- en nastudies, waarbij een weg of weggedeelte met goede openbare verlichting in de naperiode werd vergeleken met hetzelfde weggedeelte zonder openbare verlichting (of met zeer slechte verlichting) in de voorperiode. De betreffende weggedeelten werden steeds verlicht omdat dit om andere redenen dan de proefneming nodig werd gevonden; deze weg-

gedeelten waren dus niet "random" gekozen, zoals eigenlijk zou moeten om van een gecontroleerd experiment te kunnen spreken. Voorts is er vrijwel nooit aangegeven wat "goede" verlichting precies betekent, en zijn nooit vergelijkingen op controlewegen gerapporteerd. De hieronder gepresenteerde gegevens dienen dan ook met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd. De studies die geciteerd zijn, dienen als voorbeeld van de soort van resultaten die men meestal tegenkomt in de literatuur. Ze zijn hier uiterst beknopt weergegeven; er is een studie in voorbereiding waarin meer details zijn vermeld.

A. Straatverlichting binnen de bebouwde kom

- Een Engelse studie gaf de volgende ongevallenratio's (uitgedrukt in de dag/nacht-verhouding):

- * daglicht 1,0 (definitie!)
- * goede openbare verlichting 1,3
- * normale openbare verlichting 1,6
- * slechte openbare verlichting 1,8
- * geen openbare verlichting 2,0

- In een aantal andere studies wordt aangegeven dat na aanbrengen van goede openbare verlichting het aantal nachtelijke ongevallen met 20% tot 40% was afgenomen.

- Uit een studie in Hamburg uitgevoerd bleek dat bij een verdubbeling (van ca. 0,4 naar ca. 0,8 cd/m²) van de wegdekkluminantie het aantal nachtelijke ongevallen met 10% afnam, terwijl in dezelfde periode op wegen waarbij de verlichting niet veranderd was, het aantal nachtelijke ongevallen met ca. 1% was afgenomen.

- In de winter 1973/1974 is in Engeland de straatverlichting globaal gehalveerd. Dit resulteerde in een toename van 12% van de ongevallen bij duisternis met doden en gewonden, vergeleken met de winter 1972/1973. In 1973/1974 was echter het verkeer met 10% afgenomen, en het aantal dagongevallen was met 6% afgenomen.

- Tenslotte noemen we nog een studie over bijna alle grote steden in Denemarken. Daar werd geconcludeerd dat "een theoretische berekening aangaf dat de geconstateerde toename van ongevallen bij duisternis voor het hele land zou neerkomen op 700 ongevallen met letsel. Het is

zeer waarschijnlijk te achten dat het extra gevaar dat in 1974 is geconstateerd, veroorzaakt is door de vermindering van de straatverlichting, maar ook andere oorzaken zoals weersomstandigheden konden wellicht een hoofdoorzaak zijn".

B. Wegverlichting buiten de bebouwde kom

- In Frankrijk bleek dat op 85 onverlichte rurale kruispunten met uit-eenlopend verkeer 40-50% van de ongevallen 's nachts plaatsvinden, op 82 verlichte kruispunten daarentegen slechts 30%.

- In Zweden zijn vrijwel identieke resultaten gevonden.

- Een Nederlandse studie over autosnelwegen (Beukers, 1971) wees uit dat een rechtstreekse vergelijking van de ongevallenquotiënten op verlichte (120 km) en onverlichte (ca. 900 km) autosnelwegen geen invloed van de verlichting deed blijken. Maar bij een vergelijking van de dag/nacht-verhoudingen bleek dat de verlichte autosnelweg 's nachts 18% minder ongevallen hadden dan de onverlichte wegen. Dit correspondeert met een reductie van 7,5% in het totale aantal ongevallen (voor het gehele etmaal).

Deze vergelijking moet echter met voorzichtigheid worden gehanteerd, omdat de verlichte wegen een ander karakter hebben dan de onverlichte wegen.

- Tan (1974) vermeldt de resultaten van een studie op RW 16, die tweemaal 21 maanden besloeg. Het gaat om een vóór- en ná-studie (geen-wel verlichting) op een autosnelweg waar ca. 60.000 voertuigen per dag passeren. De volgende resultaten zijn gevonden:

aantal ongevallen	vóór	ná	verandering
totaal	279	234	- 16%
duisternis	120	78	- 35%
daglicht	159	156	- 2%

De afname van het aantal ongevallen komt dus kennelijk vrijwel geheel op rekening van de afname van het aantal nachtongevallen.

- Uit een grote studie in de VS betreffende een groot aantal rurale

kruispunten bleek dat na het aanbrengen van openbare verlichting het aantal nachtongevallen terugging van 1,89 tot 0,91 (uitgedrukt in ongevallen per miljoen voertuigen die de kruising bereden). De nacht/dag-verhouding voor de verlichte kruisingen is 0,659; voor onverlichte kruisingen 1,196. Dit levert een verhouding op van 0,45 voor de nacht/dag-verhoudingen op verlichte tegenover onverlichte kruisingen (Walker & Roberts, 1976). Er is geconcludeerd dat bij meer dan 3.500 voertuigen per dag (ADT) verlichting leidt tot een significante reductie in de ongevallen.

- De genoemde rapporten van OECD (1980) en CIE (zie Fisher, 1977) geven bovendien overzichten van een groot aantal kleinere studies. De resultaten zijn overgenomen en weergegeven in de Tabellen 1, 2 en 3.

3. DE RELATIES TUSSEN ONGEVALLEN EN VERLICHTINGSNIVEAU

In de voorafgaande paragraaf is nagegaan hoe de ongevallen wat betreft frequentie en mogelijk wat betreft ernst afhangen van het feit of de weg voorzien is van een installatie voor openbare verlichting. Zoals daar is gebleken, mag gerekend worden op een forse daling in het aantal letselongevallen dat bij duisternis gebeurt. Men mag dan ook concluderen dat openbare verlichting een effectieve (doeltreffende) verkeersveiligheidsmaatregel is. De vraag naar de efficiency laten we hier rusten; dat is een onderwerp voor de doelmatigheidsanalyse (zie bijvoorbeeld Flury, 1981).

Een andere vraag betreft het lichtniveau dat nodig is opdat de bedoelde doeltreffendheid ook in feite wordt bereikt. We zullen hier kort twee belangrijke onderzoekingen dienaangaande bespreken.

Als eerste vermelden we een recent onderzoek uit Engeland. Men heeft hierbij als uitgangspunt gebruikt een zeer gedetailleerde meting van de verlichting. Voor alle wegvakken betrokken in het onderzoek werd gemeten: de gemiddelde luminantie, de gemiddelde horizontale en verticale verlichtingssterkte, de algemene en de langsongelijkmatigheid, de helderheid van de omgeving en de verblinding. Van dezelfde wegvakken zijn de ongevallen verzameld. Omdat geen verkeersgegevens beschikbaar waren, is als maat voor de veiligheid gekozen voor de verhouding tussen nacht- en dagongevallen. De opzet is globaal beschreven door Marsden (1976). De metingen zijn beschreven door Green & Hargroves (1979); de eerste resultaten zijn gepresenteerd door Cobb et al (1979), terwijl de resultaten in detail zijn besproken in Scott (1980) en Hargroves & Scott (1979).

Een uitgebreide en gedetailleerde variantie-analyse leverde globaal het volgende resultaat op:

- Er is een duidelijke relatie tussen de gemiddelde luminantie en de nacht/dag-verhouding. Deze relatie, te zamen met de variantiebreedte, is gegeven in Afbeelding 1.
- Ofschoon er een zekere relatie gevonden is tussen de verlichtingssterkten en de luminantie van de omgeving, en de ongevallen, zegt dit verder niet veel omdat er een sterke relatie is tussen al die verlichtingsmaten (zoals natuurlijk te verwachten is).
- Er is geen relatie tussen de ongelijkmatigheden en de verblindingsmaten, en de ongevallen.

Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting, en er is dan ook begrijpelijk veel aandacht aan besteed.

Een nadere uitsplitsing naar ongevallen waarbij voetgangers waren betrokken en ongevallen waarbij geen voetgangers waren betrokken, leverde echter resultaten op die niet zo goed met de voorspellingen overeenkwamen. Het volgende bleek:

- Er was geen enkele relatie te vinden tussen ongevallen met voetgangers en de fotometrische gegevens. Dit is niet in overeenstemming met de verwachting: immers er wordt vaak gesteld dat juist voetgangers voordeel hebben bij goede verlichting.

- Bij de ongevallen zonder voetgangers kwam de duidelijke algemene relatie met de luminantie, zoals die ook was gevonden voor alle typen ongevallen, weer terug. Er bleek echter ook een nauwe relatie te bestaan tussen de ongevallen en de ongelijkmatigheid, maar dan in een geheel onverwachte zin: de situatie werd "gevaarlijker" (grotere nacht/dag-verhouding R) wanneer de gelijkmatigheid "beter" werd (hogere gelijkmatigheid U_0). De volgende betrekking is gevonden (zie ook Afbeelding 2):

$$R = 0,5 \exp (1,49 U_0 - 0,75 \bar{L})$$

De onderzoekers weten kennelijk geen raad met dit resultaat. In het eindrapport (Scott, 1980) dat grotendeels gaat over de relatie tussen ongevallen en de gemiddelde luminantie \bar{L} staat vermeld (blz. 12): "The positive slope with increasing overall uniformity U_0 is unexpected. The negative slope with increasing \bar{L} is consistent with most other analyses in this study". Het is niet uit te maken wat hier nu precies aan de hand is. Het feit dat er niets is opgegeven over het verkeer, noch over de criteria van de wegbeheerders om verlichting met een bepaalde kwaliteit aan te brengen, maakt een nader inzicht vrijwel onmogelijk. Ook in andere opzichten is er wel kritiek uit te oefenen op dit onderzoek, ofschoon het, in het algemeen gesproken, technisch goed is opgezet en uitgevoerd.

Zo is het onderzoek beperkt tot een kleine groep straten (middelmatig belangrijke stadsstraten, met één rijbaan en een snelheidslimiet van 30 mph). Voorts waren er zoals gezegd geen gegevens beschikbaar over

de intensiteit en de samenstelling van het verkeer. Dit betekent dat alle eventuele interacties tussen verkeerskenmerken, wegkenmerken, verlichting en ongevallen hetzij in de restspreiding terecht komen, hetgeen leidt tot een geringer scheidend vermogen van het onderzoek, of leiden tot systematische afwijkingen. Dit laatste is uiteraard ernstiger, omdat deze afwijkingen de eindconclusies op een niet te isoleren manier kunnen beïnvloeden. Aan de andere kant zijn de fotometrische gegevens met grote nauwkeurigheid bepaald; dit heeft er echter weer toe geleid dat - wegens de grote kosten - het aantal wegvakken waarover voldoende gegevens beschikbaar waren, gering was. Dit resulteert in een toch weer tamelijk grote spreiding. Het lijkt erop dat in dit opzicht niet het optimale design is gekozen. Op dit punt komen we nog terug.

Het tweede onderzoek dat we hier bespreken is uitgevoerd in Philadelphia door het Franklin Institute. Het theoretische belang is gelegen in het feit dat in dit onderzoek voor de eerste maal naar de "vraag"-kant is gekeken, en niet zoals in alle andere onderzoekingen, alleen naar de "aanbod"-kant. Het praktisch bruikbare resultaat is echter gering omdat het onderzoek behept was met een aantal tekortkomingen. Het onderzoek is beschreven door Gallagher et al (1975, 1975a) en Gallagher & Meguire (1974, 1975); zie ook Gallagher et al (1972, 1974).

De opzet was als volgt: op een normaal stuk straat werd de verlichting gevariëerd: voorts werden er (ongevaarlijke) obstakels op de straat geplaatst. De reactie van de passerende automobilisten werd geregistreerd. Als maat werd gebruikt de TTT (time to target); daarmee werd met de invloed van de snelheid rekening gehouden. De TTT hangt af van het lichtniveau. Deze afhankelijkheid is echter gering, en blijkt alleen bij zeer lage lichtniveaus (zie Afbeelding 3).

Uit de afbeelding blijkt dat alleen onder ca. 10 lux enige afname te zien is; maar ook blijkt dat de spreiding tussen bestuurders veel groter is: de standaardafwijking bedraagt gemiddeld ca. 2 seconden.

Op basis van deze resultaten is wel eens gesuggereerd dat er geen relatie tussen het lichtniveau en de zichtbaarheid zou bestaan. Deze suggestie is niet gefundeerd, aangezien er immers geen enkele reden is om aan te nemen dat de TTT, onder deze omstandigheden bepaald, een maat is voor de zichtafstand.

Voorts zijn de lokale wegdeklluminantie en de luminantie van het object

bepaald. Daarmee is de door Blackwell voorgestelde Visibility Index (VI) te bepalen (zie CIE, 1981 en Gallagher & Meguire, 1974; Gallagher et al, 1977). Het blijkt dat er een duidelijke relatie bestaat tussen VI en de gemiddelde waarde van TTT. Ook hier is de spreiding tussen individuele verkeersdeelnemers erg groot (zie Afbeelding 4 en 5).

Het gebruik van de TTT is dus kennelijk niet erg geschikt om als maat voor de zichtbaarheid te worden gebruikt. De door o.a. De Boer (1951) en Economopoulos (1977, 1978) gebruikte zichtbaarheidsafstand VD is waarschijnlijk kritischer. Daar staat tegenover dat TTT tot de "vraag"-kant behoort, en de VD tot de "aanbod"-kant.

Het onderzoek van het Franklin Instituut omvatte ook een ongevallenstudie. Daarbij werd bij een aantal installaties een relatie gezocht tussen variabelen van licht en zichtbaarheid (verlichtingssterkte en de gelijkmatigheid daarin, de luminantie, en de Visibility Index VI).

Er werd een correlatie gevonden tussen de ongevallen en de VI, meer speciaal met de 15%-waarde van de VI. Dit was in overeenstemming met de verwachting. Ook werd echter een relatie gevonden tussen de ongevallen en de 15%-waarde van de verlichtingssterkte - de ongelijkmatigheid dus. De relatie verliep echter tegen de verwachting in, namelijk een toenemend aantal ongevallen bij toenemende 15%-waarde. Op basis hiervan werd vermoed dat noch de verlichtingssterkte noch de gelijkmatigheid daarvan een redelijke maat is voor de kwaliteit van de verlichtingsinstallatie (Janoff et al, 1977, blz. 42). Van belang bleek te zijn het type en de locatie van de betreffende weggedeelten (stadscentrum of niet; dichtheid van de bebouwing). Wanneer dit in rekening wordt gebracht, kan de volgende relatie worden gegeven:

$$N = 1,52 + 2,67 (\text{Loc}) + 0,0000855 (\text{D}) + 1,26 (\text{HFC15}) - 0,415 (\text{VI.15})$$

waarin:

N = aantal ongevallen

Loc = stadscentrum of niet*

D = bebouwingsdichtheid *

HFC15 = 15%-waarde van verlichtingssterkte (in fc)

VI.15 = 15%-waarde van zichtbaarheid*

*We laten hier korthedshalve onbesproken wat deze grootheden precies betekenen.

Deze studie is om een aantal redenen van groot belang. Ten eerste gaat het om een grote, goed opgezette en goed uitgevoerde studie. Het betrof ca. 1000 ongevallen. Ten tweede is een zeer gedetailleerde ongevallen-analyse gemaakt, die bovendien op accurate en moderne wijze statistisch is uitgevoerd. Ten derde wordt ook hier aandacht besteed aan de "vraag"-aspecten. Ten vierde zijn economische en kosten/baten-effecten mee beschouwd. Een tekortkoming is dat er geen verkeersgegevens beschikbaar zijn (zie ook Janoff et al, 1977a).

4. DISCUSSIE

Het wegverkeer van de momenteel gebruikelijke soort is gebaseerd op het verkrijgen en verwerken van visuele informatie. Bij duisternis is daar kunstlicht voor nodig; dit kunstlicht - in de vorm van een "basisverlichting" dient dan ook in de eerste plaats als een verkeersmaatregel te worden beschouwd.

Openbare verlichting die een grotere waarneembaarheid kan waarborgen kan als een verkeersveiligheidsmaatregel worden beschouwd.

Uit voor- en nastudies waarbij situaties met zeer slechte of geheel afwezige openbare verlichting zijn vergeleken met situaties met "goede" verlichting, blijkt dat openbare verlichting als een doeltreffende maatregel ten behoeve van de verkeersveiligheid kan worden beschouwd. Men mag rekenen op een reductie van 25 à 35% in de nachtelijke letsel-ongevallen. Of de maatregel doelmatig is hangt allereerst af van het verkeersaanbod en dan meer speciaal van de onderlinge verhouding van het aanbod overdag en bij duisternis.

Op basis van de kennis omtrent het visuele systeem mag men verwachten dat de doeltreffendheid van de openbare verlichting als verkeersveiligheidsmaatregel zal toenemen met toenemende verlichtingskwaliteit, meer in het bijzonder met toenemend lichtniveau (luminantie). Wanneer de relatie tussen lichtniveau en verkeersonveiligheid precies bekend zou zijn, zou het mogelijk moeten zijn om op basis van een aanname omtrent het toelaatbare (of toegelaten) niveau van nachtelijke verkeersonveiligheid het bijbehorende verlichtingsniveau te kiezen. Dit minimaal noodzakelijke verlichtingsniveau kan dus niet rechtstreeks uit proefnemingen worden afgeleid: een beleidsbeslissing is daarbij essentieel.

Om de relatie tussen lichtniveau en ongevallen met voor de praktijk voldoende nauwkeurigheid te bepalen, is een grote steekproef wat betreft de ongevallen nodig. De onderzoeken die op dit gebied zijn uitgevoerd hebben daarom geen bevredigend antwoord opgeleverd.

Het is te overwegen om een analoge proef te doen, maar dan de steekproef wat betreft de lengte van de wegvakken en dus van de ongevallen veel groter te maken. Om de omvang binnen grenzen te houden, moet dan de bepaling van de fotometrische karakteristieken uiteraard veel minder omvangrijk (en dus noodgedwongen ook veel minder nauwkeurig)

plaatsvinden. Het is te verwachten dat er een optimum te vinden is wat betreft de nauwkeurigheid van de resultaten door aan de ene kant winst te boeken door een grotere steekproef en aan de andere kant verlies te accepteren door minder nauwkeurig te meten. Een bijkomstig voordeel is dat wanneer men een eenvoudige meting (of zelfs een schatting) van het lichtniveau accepteert, men ook kan accepteren dat er via schattingen bepaalde verkeerskenmerken worden gebruikt, waarmee een principiële bezwaar tegen de hierboven beschreven onderzoeken wordt ondervangen. Dit alles heeft te maken met het "aanbod" - dit wil zeggen met de hoeveelheid visuele informatie die door de verlichting geleverd kan worden. Zonder de "vraag" - dat wil zeggen de hoeveelheid visuele informatie die voor een adequate verkeersdeelname noodzakelijk is - mee te beschouwen, blijft het moeilijk om tot een hanteerbare aanbeveling te komen.

Meer recent is er, vooral in Nederland, veel aandacht besteed aan de mogelijkheden om de voor veilig verkeer noodzakelijke visuele informatie te bepalen.

Men vat dit onderzoek vaak samen in de term: "analyse van de rijtaak". Een aantal resultaten van proefnemingen, overigens met een nogal voorlopig karakter, zijn gegeven door Padmos & Walraven (1982).

5. CONCLUSIES

1. Op basis van een groot aantal studies mag worden verwacht dat ten gevolge van de installatie van openbare verlichting een reductie te verkrijgen is van 25 à 35% van de nachtelijke letselgevallen. Deze reductie geldt voor wegen van aanzienlijk belang zowel binnen als buiten de bebouwde kom. Deze conclusie lijkt, als algemeen getal, gerechtvaardigd, ofschoon de meeste afzonderlijke studies enige - soms aanzienlijke - methodologische tekortkomingen vertonen. Bovendien lijkt het gerechtvaardigd om dit getal te gebruiken bij de beoordeling of een bepaald wegtype al dan niet van een openbare verlichting moet worden voorzien.
2. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat een toenemend luminantieniveau samengaat met een (relatieve) afname van de nachtelijke ongevallen. Gezien de onzekerheid in deze relatie lijkt het niet gerechtvaardigd om op basis hiervan uit te maken welk lichtniveau gewenst is voor verschillende wegtypen.
3. De onzekerheid in de relatie tussen lichtniveau en ongevallen kan worden verkleind door de "steekproef" aan ongevallen aanzienlijk te vergroten. De suggestie is geleverd om daartoe gebruik te maken van schattingen (in plaats van metingen) van het lichtniveau.
4. De interpretatie van de resultaten van dergelijke studies blijft moeilijk zolang geen of weinig gegevens beschikbaar zijn over het verkeer en over de infrastructuur.
5. Te verwachten is dat een nadere studie over de "analyse van de rijtaak" van nut zal zijn bij het kiezen van het lichtniveau dat als minimum geldt voor een bepaald wegtype, vooral wanneer die studie gericht wordt op aspecten van de visuele waarneming.

TABELLEN EN AFBEELDINGEN

Tabel 1. Invloed van verlichting op nachtongevallen: wegen voor gemengd verkeer binnen de bebouwde kom (naar OECD, 1980).

Tabel 2. Invloed van verlichting op nachtongevallen: wegen voor gemengd verkeer buiten de bebouwde kom (naar OECD, 1980).

Tabel 3. Invloed van verlichting op nachtongevallen: autosnelwegen (naar OECD, 1980).

Afbeelding 1. Relatie tussen de nacht/dagverhouding van ongevallen en de gemiddelde wegdeklluminantie. (Bron: Scott, 1980).

Afbeelding 2. Relaties tussen nacht/dagverhouding van ongevallen (zonder voetgangersongevallen) en de gemiddelde luminantie \bar{L} en de gelijkmatigheid U_o . (Bron: Scott, 1980).

Afbeelding 3. Relatie tussen time-to-target en lichtniveau voor 50% TTT en 15% TTT. (Bron: Gallagher et al, 1974).

Afbeelding 4. Relatie tussen TTT en zichtbaarheidsindex VI. (Bron: Gallagher et al, 1975a).

Afbeelding 5. Relatie tussen TTT en zichtbaarheidsindex VI voor pres-tatieniveaus overeenkomend met gemiddelde (50%), met 15% en met 5%. (Bron: Gallagher et al, 1975a).

Land		Afname %	Statistisch significant
Engeland	1	45	+
	2	23	+
	3	30	+
	4	60	-
	5	16	-
	6	34	-
	7	17	-
	8	13	-
Zwitserland		36	+
Zweden		45	?
Australië	1	57	+
	2	21	+
	3	29	+
U.S.A.	1	65	?
	2	48	?
	3	22	?
	4	44	?

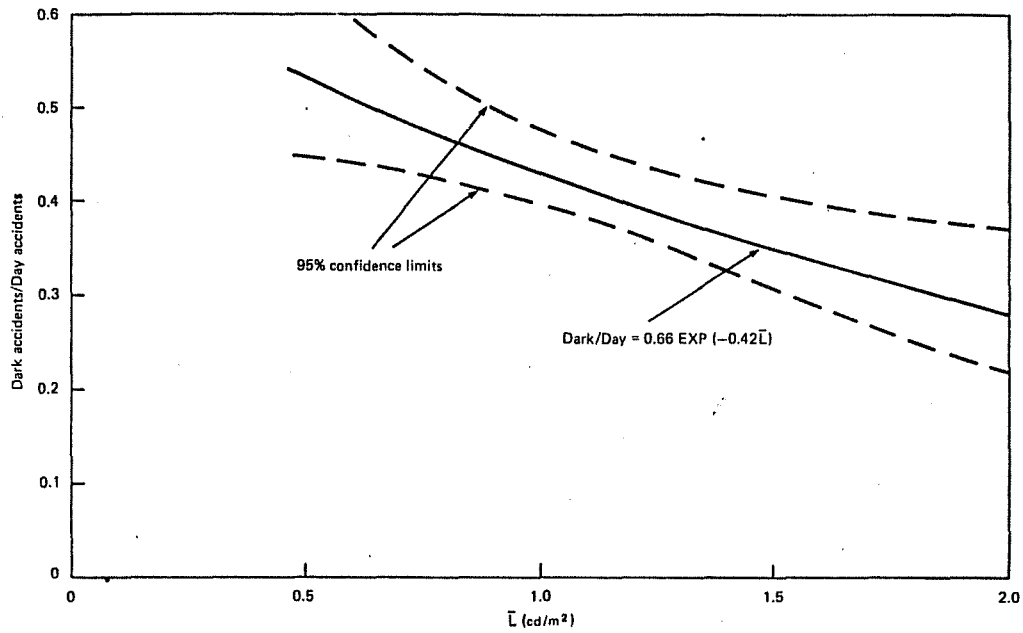
Tabel 1. Invloed van verlichting op nachtongevallen: wegen voor gemengd verkeer binnen de bebouwde kom (naar OECD, 1980).

Land		Afname %	Statistisch significant
Engeland	1	48	-
	2	76	+
	3	38	+
	4	toename 48	-
	5	toename 65	-
	6	53	-
	7	61	-
Zweden		46	+

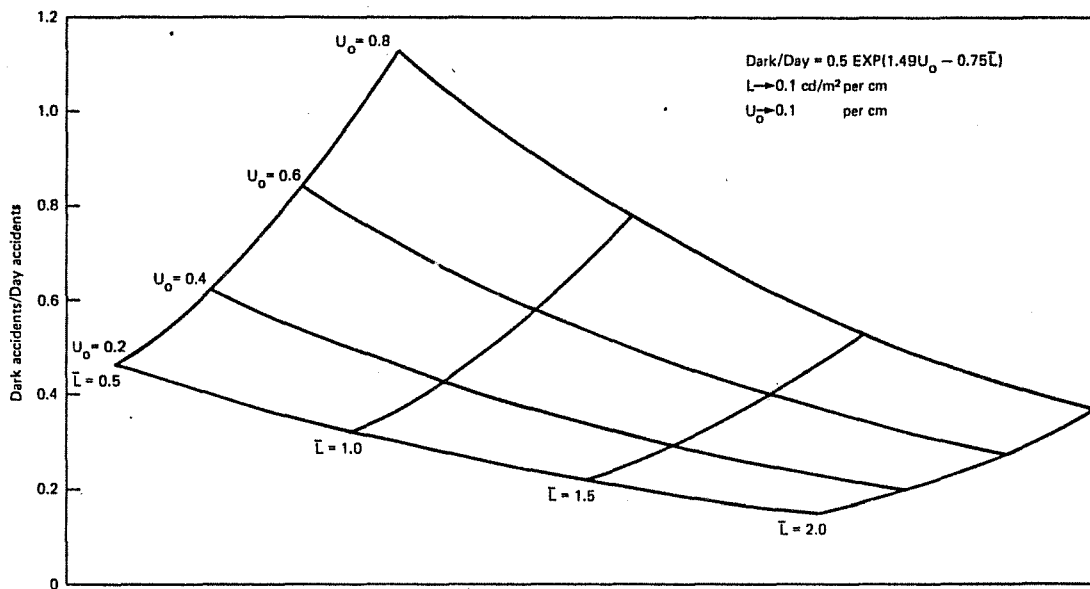
Tabel 2. Invloed van verlichting op nachtongevallen: wegen voor gemengd verkeer buiten de bebouwde kom (naar OECD, 1980).

Land		Afname %	Statistisch significant
Engeland	1	27	-
	2	56	-
	3	55	-
	4	48	-
Japan	1	38	+
	2	54	+
	3	44	+
U.S.A.	1	52	+
	2	62	-
	3	62	+
	4	62	+

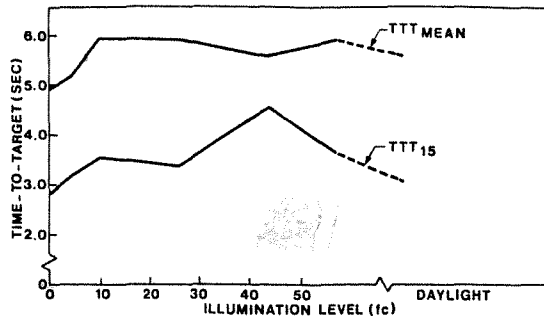
Tabel 3. Invloed van verlichting op nachtongevallen: autosnelwegen
(naar OECD, 1980).



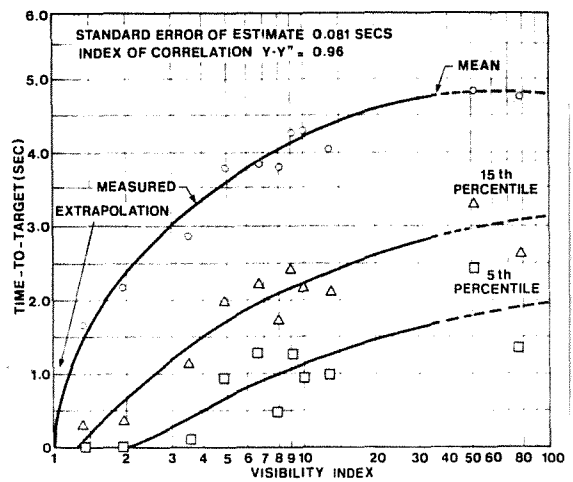
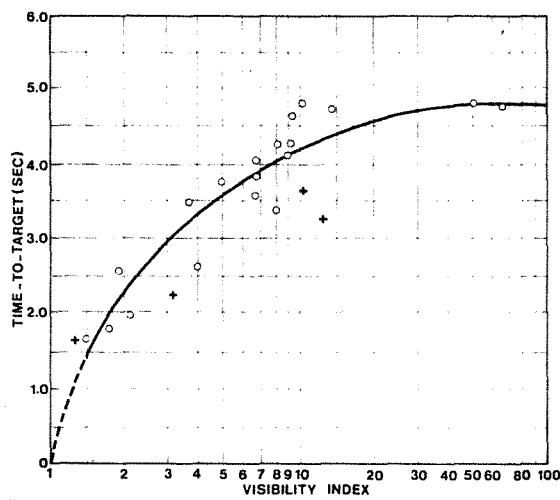
Afbeelding 1. Relatie tussen de nacht/dagverhouding van ongevallen en de gemiddelde wegdeklluminantie. (Bron: Scott, 1980).



Afbeelding 2. Relaties tussen nacht/dagverhouding van ongevallen (zonder voetgangersongevallen) en de gemiddelde luminantie \bar{L} en de gelijkmatigheid U_0 . (Bron: Scott, 1980).



Afbeelding 3. Relatie tussen time-to-target en lichtniveau voor 50% TTT en 15% TTT. (Bron: Gallagher et al, 1974).



Afbeelding 4. Relatie tussen TTT en zichtbaarheidsindex VI. (Bron: Gallagher et al, 1975a).

Afbeelding 5. Relatie tussen TTT en zichtbaarheidsindex VI voor prestatieniveaus overeenkomend met gemiddelde (50%), met 15% en met 5%. (Bron: Gallagher et al, 1975a).

LITERATUUR

ANON (1974). Wegontwerp en wegverlichting tegen de achtergrond van de verkeersveiligheid. Pre-adviezen congresdag 6 december 1974. Het Nederlandsche Wegcongres, Den Haag, 1974.

Beukers, B. (1971). The environment and road traffic. CIE, Barcelona, 1971.

Boer, J.B. de (1951). Fundamental experiments of visibility and admissible glare in road lighting. CIE, Stockholm, 1951.

Boer, J.B. de (ed.) (1967). Public lighting. Centrex, Eindhoven, 1967.

Brühning, E. & Weiszbrodt, G. (1981). Wirksamkeit von Massnahmen gegen Nachtunfälle. Strassenverkehrstechnik 25 (1981) 1-7.

CIE (1977). Measures of road lighting effectiveness; Transactions 3rd International Symposium, Karlsruhe, July 5-6, 1977. Lichttechnische Gesellschaft e.V., Berlin, 1978.

CIE (1980). Proceedings 19th Session CIE, Kyoto, 1979. Publication No. 50. CIE, Paris, 1980.

CIE (1981). An analytic model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance. Publication No. 19/2. CIE, Paris, 1981.

CIE (1982). Road lighting and accidents. Publication No. 8/2. CIE, Paris (in voorbereiding).

Cobb, J.; Hargroves, R.A.; Marsden, A.M. & Scott, P.P. (1979). Road lighting and accidents. In: CIE (1980).

Economopoulos, I.A. (1977). Relationship between lighting parameters and visual performance in road lighting. In: CIE (1977).

Economopoulos, I.A. (1978). Photometric parameters and visual performance in road lighting. Dissertatie. T.H. Eindhoven, 1978.

Fisher, A.J. (1977). Road lighting as an accident countermeasure. In: CIE (1977).

Flury, F.C. (1977). Lichtmasten en openbare verlichting; Kosten in relatie tot verkeersveiligheid; Een beslissingsmodel. R-77-25. SWOV, Voorburg, 1977.

Flury, F.C. (1981). Cost/effectiveness aspects of road lighting. R-81-8. SWOV, Voorburg, 1981. Ook: Licht-Forschung 3 (1981) 37-41.

Gallagher, V.P. & Meguire, P.G. (1974). Contrast requirements of urban driving; Interim report. Report No. FHWA-RD-74-76. Franklin Institute, Philadelphia, 1974.

Gallagher, V.P. & Meguire, P.G. (1975). Contrast requirements of urban driving. Special report 156. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1975.

Gallagher, V.P.; Janoff, M.S.; Blubaugh, J.G. & Vetere, P.L. (1972). Interaction between fixed and vehicular illumination systems. Interim report on Phase II. Report No. FHWA-RD-72-73. Franklin Institute, Philadelphia, 1972.

Gallagher, V.P.; Janoff, M.S. & Faber, E. (1974). Interaction between fixed and vehicular illumination systems on city streets. Journal of IES 4 (1974) 3-10.

Gallagher, V.P.; Koth, B.W. & Freedman, M. (1975). The specification of street lighting needs. Report No. FHWA-RD-76-17. Franklin Institute, Philadelphia, 1975.

Gallagher, V.P.; Koth, B.W. & Freedman, M. (1975a). The specification of street lighting needs. Executive summary. Report No. FIRL-C3660. Franklin Institute, Philadelphia, 1975.

4-275

Gallagher, V.P.; Schwab, R.N. & Janoff, M.S. (1977). Implementing a roadway lighting system based on the visibility index concept. In: CIE (1977).

Green, J. & Hargroves, R.A. (1979). A mobile laboratory for dynamic road lighting measurements. *Lighting Res. Technol.* 11 (1979) 197-203.

Hargroves, R.A. & Scott, P.P. (1979). Measurements of road lighting and accidents; The results. *Public Lighting* 44 (1979) 213-221.

Janoff, M.S.; Koth, B.W.; McCunney, W.; Freedman, M.; Duerk, C. & Berkovitz, M. (1977). Effectiveness of urban arterial lighting. Final report No. 7737. Franklin Institute, Philadelphia, 1977.

Janoff, M.S.; Koth, B.W.; McCunney, W.; Berkovitz, M. & Freedman, M. (1977a). The relation between visibility and traffic accidents. *Lighting Des. Appl.* 7 (1977) p. 25.

Marsden, A.M. (1976). Road lighting; Visibility and accident reduction. *Public Lighting* 41 (1976) 106-111.

OECD (1980). Improving road safety at night. OECD, Paris, 1980.

Padmos, P. & Walraven, J. (1982). Wegverlichting buiten de bebouwde kom: Welke visuele informatie heeft de automobilist nodig? Voordracht NSVV-congresdag "Openbare verlichting - Economie en veiligheid". Amsterdam, 23 april 1982.

Schreuder, D.A. (1967). Theoretical basis of road-lighting design. Chapter 3 in: De Boer (ed), 1967.

Schreuder, D.A. (1976). Voertuigverlichting binnen de bebouwde kom. R-76-7. SWOV, Voorburg, 1976.

Schreuder, D.A. (1978). The relation between lighting parameters and transportation performance. R-78-6. SWOV, Voorburg, 1978. Ook in: CIE (1977).

Schreuder, D.A. (1978a). Verlichting en energieverbruik: Eisen te stellen aan de verkeersverlichting. R-78-20. SWOV, Voorburg, 1978. Ook Electrotechniek 56 (1978) 897-903.

Schreuder, D.A. (1979). The lighting of residential yards. R-79-49. SWOV, Voorburg, 1979. Ook: Paper 59 in: CIE (1980).

Schreuder, D.A. (1980). Verlichting voor het verkeer. R-80-4. SWOV, Voorburg, 1980.

Schreuder, D.A. (1981). De verlichting van tunnelingangen; Een probleem-analyse omtrent de verlichting overdag van lange tunnels. R-81-26. SWOV, Voorburg, 1981.

Schreuder, D.A. (1982). De relatie tussen verkeersongevallen en openbare verlichting. SWOV, Leidschendam (in voorbereiding).

Scott, P.P. (1980). The relationship between road lighting quality and accident frequency. Lab. Report L.R.929. TRRL, Crowthorne, 1980.

Tan, T.H. (1974). Wegverlichting in de praktijk. In: Anon (1974).

Walker, F.W. & Roberts, S.E. (1976). Influence of lighting on accident frequency at highway intersections. Transportation Research Record No. 562. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.