



Lichthindermeting
Tennisclub Lienden,
Papestraat 5 in Lienden,
d.d. 5 september 2023

Zaaknummer:

ODRA23AV0699

Locatie:

Papestraat 5
4033 ER Lienden

Projectcode:

LIC-23-12

Aan

█ – OD Rivierenland (ODR)

Kopie aan

Archief meten en advies

Datum

4 oktober 2023

Auteur

█ █

Goedgekeurd door:

█

Coördinator meten en advies

Autorisatie:

█

Manager Uitvoering

Datum : 4 oktober 2023

Paraaf :

Datum : 4 oktober 2023

Paraaf :

Omgevingsdienst Regio Arnhem

Eusebiusbuitensingel 75

6828 HZ Arnhem

Postbus 3066

6802 DB Arnhem

T 026 – 377 16 00

E postbus@odra.nl

www.odregioarnhem.nl

KvK 57137528

IBAN █

BTW NL 8524.52.998.B.01

INHOUD

Samenvatting	3
1. Inleiding	4
1.1 Algemeen	4
1.2 Omschrijving van situatie	4
2. Opzet en uitvoering van het onderzoek	5
2.1 Toetsingskader	5
2.2 Meetprogramma	9
3. Meetresultaten	11
4. Toetsing van de meetresultaten aan de Richtlijn	11
5. Conclusie	12

BIJLAGEN:

- Bijlage 1: Apparatuur
Bijlage 2: Meetgegevens lichtsterktemetingen
Bijlage 3: Berekening schijnbaar oppervlak (A_p)

Samenvatting

Team meten en advies van de Omgevingsdienst Regio Arnhem (hierna ODRA) heeft op 5 september 2023 lichthindermetingen uitgevoerd aan de baanverlichting van Tennisclub Lienden aan de Papestraat in Lienden. Omwonenden aan De Voorzorg en Het Eindtoe ondervinden lichthinder van enkele armaturen.

Om de lichthinder te kunnen beoordelen heeft de vergunningverlener milieu van de Omgevingsdienst Rivierenland (hierna ODR) om een lichthindermeting gevraagd. De meetwaarden zijn getoetst aan de grenswaarden die volgens de Richtlijn Lichthinder van de NSVV gelden voor sportveldverlichting.

De baanverlichting is aangelegd in 2016. De meetwaarden zijn daarom getoetst aan de toen geldende grenswaarden die volgens de Richtlijn Lichthinder (versie 2014) van de NSVV. Vanaf 2020 gelden volgens de Richtlijn Lichthinder strengere grenswaarden voor sportveldverlichting (met name voor wat betreft lichtsterkte). Wanneer getoetst wordt aan deze strengere grenswaarden, dan blijkt dat 3 armaturen een overschrijding van de grenswaarde voor lichtsterkte volgens deze nieuwste Richtlijn laten zien.

Volgens een aanbeveling uit de Richtlijn Lichthinder is het is aan het bevoegd gezag om naar redelijkheid en billijkheid (in afweging van kosten versus klachten) te verlangen dat aan de grenswaarden volgens de nieuwste Richtlijn wordt voldaan.

Één en ander zal door middel van een maatwerkbesluit moeten worden geregeld.

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Team meten en advies van de ODRA heeft op 5 september 2023 lichthindermetingen uitgevoerd aan de baanverlichting van Tennisclub Lienden aan de Papestraat in Lienden (hierna: TC Lienden).

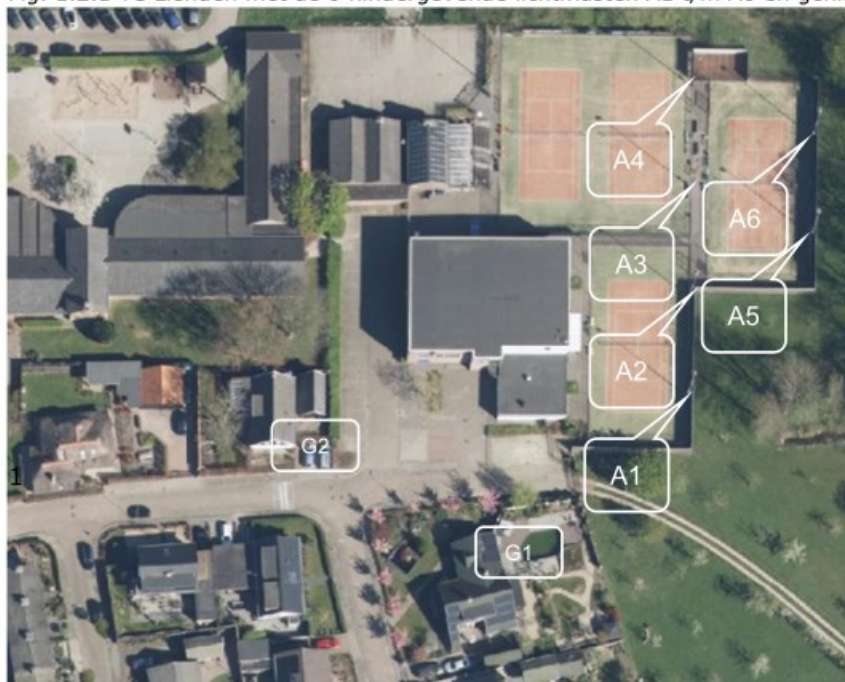
Om de lichthinder te kunnen beoordelen heeft de vergunningverlener milieu van de ODR om een lichthindermeting gevraagd. De meetwaarden worden getoetst aan de grenswaarden die volgens de Richtlijn Lichthinder van de NSVV gelden voor sportveldverlichting.

1.2 Omschrijving van situatie

De lichthinder richt zich op de baanverlichting van tennisvereniging TC Lienden. Omwonenden ondervinden lichthinder van deze sportveldverlichting.

In figuur 1.2.1 is een situatieoverzicht weergegeven. Hierin zijn de lichtmasten die richting de woonbebouwing uitstralen gecodeerd (A1 t/m A6). Op elk van de lichtmasten is 1 armatuur bevestigd. Afhankelijk van de hinderpositie zijn één of meerdere armaturen zichtbaar. Zo zijn vanaf de achterzijde van de woning aan De Voorzorg (G1) alle 6 armaturen zichtbaar. Vanaf de woning aan Het Eindtoe (G2) is alleen armatuur A1 zichtbaar. Opgemerkt wordt dat er ook openbare verlichting aanwezig is. Deze is bij dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. Onze inschatting is dat de lichtuitstraling hiervan niet wezenlijk bijdraagt aan lichthinder op de hinderposities G1 en G2.

Fig. 1.2.1 TC Lienden met de 6 hindergevende lichtmasten A1 t/m A6 en gehinderde-positie G1 en G2.



In figuur 1.2.2 en 1.2.3 zijn foto's weergegeven van de situatie zoals die zich op 5 september 2023 voordeed, gezien vanuit de gehinderde positie G1 en G2.
Op de foto vanuit gehinderde-positie G1 is tussen A3 en A4 een straatlantaarn zichtbaar.
De foto vanuit gehinderde-positie G2 is bewogen, waardoor armatuur A1 als verticale streep is afgebeeld.

Figuur 1.2.2. Foto vanuit gehinderde-positie G1.



Figuur 1.2.3 Foto vanuit gehinderde-positie G2.



2. Opzet en uitvoering van het onderzoek

2.1 Toetsingskader

Lichthinder is in het Activiteitenbesluit geregeld in artikel 2.1, lid 1 en lid 2 onder h:

Artikel 2.1

- 1 *Degene die een inrichting drijft en weet of redelijkerwijs had kunnen weten dat door het in werking zijn dan wel het al dan niet tijdelijk buiten werking stellen van de inrichting nadelige gevolgen voor het milieu ontstaan of kunnen ontstaan, die niet of onvoldoende worden voorkomen of beperkt door naleving van de bij of krachtens dit besluit gestelde regels, voorkomt die gevolgen of beperkt die voor zover voorkomen niet mogelijk is en voor zover dit redelijkerwijs van hem kan worden gevergd.*
- 2 *Onder het voorkomen of beperken van het ontstaan van nadelige gevolgen voor het milieu als bedoeld in het eerste lid wordt verstaan:*
(...)
h. *het voorkomen dan wel voor zover dat niet mogelijk is het tot een aanvaardbaar niveau beperken van lichthinder;*

De Richtlijn Lichthinder door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (hierna: de Richtlijn) wordt als uitgangspunt gehanteerd voor het meten en beoordelen van de mate van lichthinder.

De huidige baanverlichting van TC Lienden is aangelegd in 2016. De resultaten van de lichthindermetingen worden daarom getoetst aan de destijds geldende versie van de Richtlijn (2014-versie). In 2021 zijn echter strengere grenswaarden voor lichtemissie door verlichtingsarmaturen van kracht geworden volgens de 2020-versie van de Richtlijn. Deze nieuwe Richtlijn wordt doorgaans toegepast voor veldverlichting die is aangelegd of vervangen na november 2021. Volgens de aanbeveling in de Richtlijn (2020-versie) blijft de 2014-versie *'gelden als een minimaal wettelijk kader tot het bevoegd gezag naar redelijkheid en billijkheid (in afweging van kosten versus klachten) haar bestaande vergunning aanpast.'* De resultaten van de metingen zullen daarom ook worden getoetst aan de grenswaarden volgens de 2020-versie van de Richtlijn.

Richtlijn 2014-versie:

Voor lichthinder door buitensportverlichting (hoofdstuk 7.2 van de Richtlijn), gelden de algemene grenswaarden voor lichtsterkte en verticale verlichtingssterkte volgens tabel 7.1 van de Richtlijn.

De gehinderden bevinden zich in een gebied dat voldoet aan de beschrijving voor ecologiezone **E2** (Landelijk gebied).

In de zone E2 gelden de rood omkaderde grenswaarden uit tabel 7.1 van de Richtlijn:

Omgevingszone					
Te hanteren parameter	Tijdsperiode (uur)	E1 Natuurgebied	E2 Landelijk gebied	E3 Stedelijk gebied	E4 Stadscentrum/ Industriegebied
Verlichtingssterkte E_v (lx) op de gevel	dag en avond 07:00-23:00	2 lx	5 lx	10 lx	25 lx
	nacht 23:00-07:00	1 lx	1 lx	2 lx	5 lx
Lichtsterkte I (cd) van elk armatuur	dag en avond 07:00-23:00	2500 cd	7500 cd	10000 cd	25000 cd
	nacht 23:00-07:00	0 cd	500 cd	1000 cd	2500 cd

Tabel 7.1: Grenswaarden voor de lichtemissie ter plaatse van een vensteropening in een gevel van een omwonende en de lichtemissie van een verlichtingsinstallatie ter voorkoming van lichthinder

Omdat de buitensportverlichting na 23:00 uur uitgeschakeld dient te zijn, zijn alleen de grenswaarden voor dag en avond van toepassing.



Richtlijn 2020-versie:

Verticale verlichtingssterkte

Voor wat betreft de verticale verlichtingssterkte (E_v) gelden in de zone E2 gelden de rood omkaderde grenswaarden uit tabel 7.1 van de Richtlijn. Deze grenswaarde is dus onveranderd ten opzichte van de 2014-versie van de Richtlijn.

Omgevingszone						
Te hanteren parameter	Tijdperiode (uur)	E0 Duisternis- gebied	E1 Natuur- gebied	E2 Landelijk gebied	E3 Stedelijk gebied	E4 Stadscentrum/ Industriegebied
Verlichtings- sterkte E_v in lx op relevant geveldeel c.q. vensteropening	Dag en avond 07:00-23:00	n.v.t.	2	5	10	25
	Nacht 23:00-07:00	n.v.t.	0,1	1	2	5

Tabel 7.1: Grenswaarden voor de maximale verlichtingssterkte ter voorkoming van lichthinder van omwonenden



Lichtsterkte

Voor wat betreft de grenswaarde voor de lichtsterkte (I) is het schijnbaar oppervlak (A_p) van de lichtbron en de afstand tussen de lichtbron en de gehinderde-positie (d) van belang. Het schijnbaar oppervlak van elk zichtbaar armatuur (oppervlak gezien vanuit de meetpositie) is opgemeten en vallen allen in de categorie $0,03 < A_p < 0,13$ of $0,13 < A_p < 0,5 \text{ m}^2$. De grenswaarde wordt vervolgens berekend door de afstand (d) te vermenigvuldigen met respectievelijk 6,50 of 13, waarbij onder- en bovengrenswaarden van toepassing zijn. Omdat de afstand (d) in de in alle gevallen gering is, is voor alle lichtmasten de ondergrenswaarde van 2.500 Cd van toepassing.

Licht-technische parameter	E-zone	Tijdsperiode		Armatuurgroepen in A_p in m ²					
				$0 < A_p \leq 0,002$	$0,002 < A_p \leq 0,01$	$0,01 < A_p \leq 0,03$	$0,03 < A_p \leq 0,13$	$0,13 < A_p \leq 0,5$	$A_p > 0,5$
Maximale lichtsterkte armatuur (I in cd)	E0	Dag en avond		0	0	0	0	0	0
		Nacht		0	0	0	0	0	0
	E1	Dag en avond	Ondergrens	$500 < 0,38d$	$500 < 0,82d$	$500 < 1,69d$	$500 < 3,25d$	$500 < 6,63d$	2500
			Bovengrens	< 2500	< 2500	< 2500	< 2500	< 2500	
	Nacht		0	0	0	0	0	0	
		E2	Dag en avond	Ondergrens	$2500 < 0,74d$	$2500 < 1,69d$	$2500 < 3,25d$	$2500 < 6,50d$	$2500 < 13d$
			Bovengrens	< 7500	< 7500	< 7500	< 7500	< 7500	
	Nacht		500	500	500	500	500	500	
		E3	Dag en avond	Ondergrens	$2500 < 1,12d$	$2500 < 2,47d$	$2500 < 4,94d$	$2500 < 9,75d$	$2500 < 19,50d$
			Bovengrens	< 10000	< 10000	< 10000	< 10000	< 10000	
	Nacht	Ondergrens	$600 < 0,38d$	$600 < 0,82d$	$600 < 1,69d$	$600 < 3,25d$	$600 < 6,63d$	1000	
		Bovengrens	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000		
E4	Dag en avond	Ondergrens	$5000 < 1,82d$	$5000 < 4,03d$	$5000 < 8,19d$	$5000 < 16,90d$	$5000 < 33,80d$	25000	
		Bovengrens	< 25000	< 25000	< 25000	< 25000	< 25000		
Nacht	Ondergrens	$1000 < 0,38d$	$1000 < 0,82d$	$1000 < 1,69d$	$1000 < 3,25d$	$1000 < 6,63d$	2500		
	Bovengrens	< 2500	< 2500	< 2500	< 2500	< 2500			
Opmerking 1	d is de afstand tussen de omwonende en de armatuur in meters.								
Opmerking 2	A_p is de schijnbare oppervlakte van de armatuur, gezien vanuit de omwonende.								
Opmerking 3	Een lichtsterkte van 0 candela kan alleen worden gerealiseerd bij een volledige cut-off buiten de ontworpen richtingen.								
Opmerking 4	Voor meer informatie, zie bijlage 15.								

Tabel 7.2: Grenswaarden voor de maximale lichtsterkte van armaturen of delen van samengestelde armaturen in de richting van omwonenden ter voorkoming van lichthinder



De aanbeveling over het toepassen van de grenswaarden volgens de 2014- of 2020-versie is als volgt beschreven in de 2020-versie:

Aanbeveling

In Tabel 7.2 zijn in de kolom $Ap > 0,5$ de grenswaarden opgenomen zoals die voor lichtsterkte sedert 1998 worden geadviseerd door de NSVV. Deze grenswaarden werden ook opgenomen in de CIE 150-2003, de EN 12193 en de EN 12464-2. Op basis van de voortschrijdende inzichten van de CIE 150-2017 zijn ook nieuwe grenswaarden in tabel 7.2 opgenomen voor verschillende afstanden en kleinere schijnbare oppervlaktes van de armatuur. De in de CIE150-2017 opgenomen grenswaarden werden aangepast voor de Nederlandse omstandigheden en voorzien van minimale en maximale limieten (zie hiervoor Bijlage 16). Deze in de tabel 7.2 opgenomen grenswaarden vormen daardoor een verbetering van de beschrijving van lichthinder na een praktijkervaring van 20 jaar. Voor de kolom $Ap > 0,5$, die niet is opgenomen in de CIE 150-2017, blijven de oude grenswaarden gehandhaafd.

In samenhang met de beoordelingsposities waar de grenswaarden gelden, de bepaling van het schijnbare oppervlak, de nieuwe definities van clusters en de minimale meethoek van lichthinder in bijlage 14 zal voor handhaving van deze richtlijn een overgangssituatie optreden voor bestaande installaties.

De toepassing van de EN normen blijft daarvoor gelden als een minimaal wettelijk kader tot het bevoegd gezag naar redelijkheid en billijkheid (in afweging van kosten versus klachten) haar bestaande vergunning aanpast.

Voor nieuwe installaties en bestaande installaties die voorzien worden van een groter aantal en/of nieuwe types armaturen, is vanaf 1 november 2021 tabel 7.2 definitief. Tot deze datum is het aan de opdrachtgever om tabel 7.1, zoals opgenomen in de vorige druk, toe te passen.

2.2 Meetprogramma

De lichthindermetingen zijn uitgevoerd op 5 september 2023 tussen 22:00 uur en 23:00 uur vanaf de achterzijde van de woning aan De Voorzorg (venster slaapkamer begane grond), G1 en ter hoogte van het zijvenster (begane grond) van een woning aan Het Eindtoe, G2. De zonging die dag onder om 20:15 uur. Het KNMI meldt voor de betreffende streek, tijdens de lichtmetingen, een meteorologisch zicht van 45.000 meter.

Woning De Voorzorg (G1)

Bij de woning aan De Voorzorg richten de metingen zich voor wat betreft de lichtsterkte (I) op de zichtbare armaturen A1 tot en met A6 (zie situatieoverzicht figuur 1.2.1). Deze lichtmasten zijn zichtbaar vanaf de achterzijde van de woning en schijnen richting de woning. Op elke lichtmast is 1 armatuur aanwezig. Van elk armatuur is naast de lichtsterkte ook het schijnbaar oppervlak (Ap) bepaald en is de afstand tot de woning (d) gemeten.

De meting van de verticale verlichtingssterkte (E_v) omvat het totaal aan opvallend licht op het venster van de slaapkamer. Dit is inclusief de bijdrage van een straatlantaarn (zie figuur 1.2.2). Onze inschatting is dat deze bijdrage gering is in verhouding tot de baanverlichting.

Woning Het Eindtoe (G2)

Bij de woning aan Het Eindtoe richten de metingen zich voor wat betreft de lichtsterkte (I) op armatuur A1. Deze lichtmast is vanaf het zijvenster van de woonkamer zichtbaar en schijnt richting de woning. Van deze armatuur is naast de lichtsterkte ook het schijnbaar oppervlak (A_p) bepaald en is de afstand tot de woning (d) gemeten. Overige armaturen zijn vanaf deze hinderpositie niet zichtbaar. Aan de achterzijde wordt in de wintermaanden ook lichthinder ondervonden. Echter doordat de bomen nog volop in het blad zaten, was er aan de achterzijde ten tijde van de metingen geen sprake van hinder.

De meting van de verticale verlichtingssterkte (E_v) omvat het totaal aan opvallend licht op het zijvenster van de woonkamer. Dit is inclusief de bijdrage van een straatlantaarn (zie figuur 1.2.3). Onze inschatting is dat deze bijdrage gering is in verhouding tot de baanverlichting.

De meting van de verticale verlichtingssterkte is uitgevoerd met een Mobilux USB Luxmeter van Czibula en Grundmann in combinatie met een BegrenzOr.

De metingen van de lichtsterkte zijn uitgevoerd met dezelfde Luxmeter in combinatie met de Bronselector.

Om de lichtsterkte (I) te kunnen berekenen dient de rechtstandige afstand van de bronselector / luxmeter tot lichtbron bekend te zijn. Deze afstanden zijn opgemeten met een laser afstandsmeter.

Het schijnbaar oppervlak wordt vastgesteld met een HINO-camera met een gecertificeerde ruimtehoek. Van het armatuur wordt vanaf de omwonende-positie een opname gemaakt en wordt de afstand tot het armatuur opgemeten. Met behulp van een fotobewerkingsprogramma wordt het aantal pixels geteld. Uit deze gegevens kan het schijnbaar oppervlak als volgt worden berekend:

$$A_p = n \cdot d^2 \cdot \Omega_{pixel}$$

waarbij:

- A_p schijnbare oppervlakte (m^2)
- n aantal pixels van het lichtgevende deel van de armatuur
- d de afstand tot de armatuur (m)
- Ω_{pixel} ruimtehoek van één pixel van de camera-lens-combinatie

Voor een beschrijving van de gebruikte apparatuur, zie bijlage 1.

De gegevens met betrekking tot het vaststellen van het schijnbaar oppervlak zijn opgenomen in bijlage 3.



3. Meetresultaten

In tabel 3.1 zijn de resultaten weergegeven van de meting van **lichtsterkte (I)** en de **verticale verlichtingssterkte (Ev)** van de lichtmasten A1 tot en met A6, vanuit beide hinderposities G1 en G2.

Tabel 3.1. Gemeten verticale verlichtingssterkte en lichtsterkte vanuit positie G1 en G2.

lichtmast	positie	verticale verlichtingssterkte Ev (lux)	lichtsterkte I [cd]
A1	G1	2,9	3.600
A2			2.300
A3			3.600
A4			1.300
A5			4.000
A6			1.900
A1	G2	1,2	2.800

Overige meetgegevens en berekeningen zijn opgenomen in bijlage 2.

4. Toetsing van de meetresultaten aan de Richtlijn

In tabel 4.1 worden de meetresultaten voor lichtsterkte (I) en verticale verlichtingssterkte (Ev) getoetst aan de grenswaarden volgens de Richtlijn, versie 2014 en de Richtlijn, versie 2020.

De groen gemarkeerde cellen geven aan dat aan desbetreffende Richtlijn wordt voldaan. De rood gemarkeerde cellen betekenen een overschrijding van de betreffende grenswaarde.

lichtmast / armatuur	positie	Richtlijn, versie november 2014		Richtlijn, versie maart 2020	
		overschrijding lichtsterkte I	overschrijding verticale verlichtingssterkte Ev	overschrijding lichtsterkte I	overschrijding verticale verlichtingssterkte Ev
A1	G1	nee	nee	ja (140%)	nee
A2		nee		nee	
A3		nee		ja (140%)	
A4		nee		nee	
A5		nee		ja (160%)	
A6		nee		nee	
A1	G2	nee		ja (110%)	

5. Conclusie

Uit de resultaten van de lichthindermetingen, uitgevoerd aan de uit 2016 aangelegde baanverlichting van TC Lienden blijkt, dat

- de grenswaarden voor lichtsterkte en verticale verlichtingssterkte volgens de Richtlijn Lichthinder, versie 2014, ter plaatse van de gehinderden, niet worden overschreden.
- de grenswaarde voor lichtsterkte volgens de nieuwste Richtlijn Lichthinder, versie 2020, door 3 armaturen wordt overschreden.

Doordat de baanverlichting is aangelegd in 2016 kan worden gesteld dat volgens de aanbeveling volgens de Richtlijn, versie 2020, aan het minimaal wettelijk kader wordt voldaan. Het bevoegd gezag kan wel naar redelijkheid en billijkheid (in afweging van kosten versus klachten) verlangen dat aan de grenswaarden volgens de nieuwste Richtlijn wordt voldaan.



Bijlage 1: Apparatuur

Luxmeter	Czibula en Grundmann, type Mobilux USB, identificatienummer: PG/MM-466 (certificaat d.d. 18-04-2023);
BegrenzOr	Lichtconsult;
Bronselector	Lichtconsult;
HINO-camera	NIKON D3500 met 300mm zoomlens Serienr: 6356270 N1718 Certificaat: Lichtconsult d.d. 10-05-2022.
Afstandsmeter	Lichtconsult; identificatienummer: PG/MM464 Certificaat: Lichtconsult d.d. 07-04-2023.



Bijlage 2: Meetgegevens lichtsterktemetingen

De lichthindermetingen zijn uitgevoerd op 5 september 2023 tussen 22.00 uur en 23:00 uur. De zon ging die dag onder om 20:15 uur. Het KNMI meldt voor deze streek en het genoemde tijdstip, een meteorologisch zicht van 45.000 meter. De correctiefactor om de gemeten waarden te corrigeren naar het normzicht van 11.400 meter bedraagt 0,98 tot 0,99.

Lichtsterkte I:

In onderstaande tabel zijn de gemeten lichtsterkten, de gemeten afstanden en de hieruit berekende grenswaarden voor lichtsterkte en berekende lichtsterkte per bron weergegeven.

Bron	hinder positie	afstand (d) lichtbron <-> meetcel [m]	correctiefactor normzicht (c)	gemeten luxwaarde (E) [lux]	berekende lichtsterkte (I) [Cd] $I=c.E.d^2$
A1	G1	47	0,99	1,65	3.600
A2		60	0,99	0,65	2.300
A3		80	0,98	0,57	3.600
A4		95	0,98	0,15	1.300
A5		85	0,98	0,56	4.000
A6		97	0,98	0,21	1.900
A1	G2	73	0,99	0,54	2.800



Bijlage 3: Berekening schijnbaar oppervlak (A_p)

Meting #	A1-G1	A2-G1	A3-G1	A4-G1	A5-G1	A6-G1	A1-G2	Toelichting
$\Omega_{pixel} \text{ (sr)}$	1,8025E-10	1,8025E-10	1,8025E-10	1,8025E-10	1,8025E-10	1,8025E-10	1,8025E-10	Lees de gemiddelde ruimtehoek af van het certificaat bij de HINO Camera.
d	47,0 m	60,0 m	80,0 m	95,0 m	85,0 m	97,0 m	73,0 m	Vul hier de afstand in tussen armatuur en camera (hinderbron <-> gehinderde).
n	468.720	201.450	141.708	56.927	103.092	59.410	146.601	Tel het aantal pixels in een fotobewerkingsprogramma en vul deze in. Zie eventueel de toelichting op pagina 100 in de Richtlijn Lichthinder.
A_p	0,19 m ²	0,13 m ²	0,16 m ²	0,09 m ²	0,13 m ²	0,10 m ²	0,14 m ²	Lees hier de schijnbare oppervlakte (m ²) af.

$$A_p = n \cdot d^2 \cdot \Omega_{pixel}$$

waarbij

A_p schijnbare oppervlakte (m²)

n aantal pixels van het lichtgevende deel van de armatuur

d de afstand tot de armatuur (m)

Ω_{pixel} ruimtehoek van één pixel van de camera-lens-combinatie