

Bijlage 12a**Lichthinderonderzoek Agriport A7, deelgebied B**

datum 6 februari 2018
vestiging Arnhem
uw kenmerk -
ons kenmerk M.2017.1498.00.N001
2e lezer/secretaris KS|BR

project Lichthinder Agriport A7, deelgebied B
betreft Lichthinderonderzoek
versie 002
contactpersoon ing. J.D. (Jasper) Pondman
e-mail/telefoon jpo@dgmr.nl/088 346 78 17

Lichthinderonderzoek Agriport A7, deelgebied B**1. Inleiding**

Om de potentiële effecten van de verlichting voor een uitbreiding van het bestaande bedrijventerrein Venster-West te kunnen beoordelen, is een lichthinderonderzoek uitgevoerd. Het uitbreidingsgebied voor het bestaande bedrijventerrein Venster-West is weergegeven in figuur A. Dit gebied is in eerdere procedures aangeduid als 'deelgebied B'. Momenteel is nog niet bepaald hoe groot de uitbreiding zal zijn. Het deelgebied is circa 150 ha groot en de uitbreiding kan maximaal deze omvang hebben. Daarom is in deze studie van deze omvang uitgegaan. De uitbreiding in het 'deelgebied B' is in de figuur rood gearceerd. De uitbreiding krijgt in de toekomst de bestemming datacenter met de daarbij behorende voorzieningen.



figuur A: uitbreidingsgebied bestaande bedrijventerrein Venster-West ('deelgebied B')

In 2008 is een lichthinderonderzoek uitgevoerd om de lichthinder in de omgeving van Agriport A7 in beeld te brengen voor de gehele locatie. Daarbij is destijds gebruikgemaakt van een rekenmodel van adviesbureau Witteveen en Bos. Met dit model is het mogelijk de verlichtingssterkte op maaiveldniveau voor een (on)bewolkte hemel in beeld te brengen. Inmiddels is het IPO-licht model ontwikkeld. Deze software maakt het mogelijk om de verwachte hemelhelderheid in de omgeving van ruimtelijke ontwikkelingen te voorspellen.

Om de mogelijke lichthindereffecten als gevolg van de uitbreiding in beeld te brengen, zijn de volgende stappen gezet:

- Invoer van het bestaande gedeelte in IPO-licht conform de uitgangspunten van het onderzoek uit 2008.
- Toevoeging van het uitbreidingsgebied 'deelgebied B'.

Hiermee is geëvalueerd of door een toename van verlichting in deelgebied B, in samenhang met de worstcase lichtemissie van de gehele locatie, sprake is van een significante toename van de verlichtingssterkte op de grens van het meest nabijgelegen natuurgebied. Dit betreft het IJsselmeer. Daarna zijn de potentiële effecten voor omwonenden en natuur in de omgeving van het plan in beeld gebracht. Daarvoor zijn de volgende stappen gezet:

- Invoer van de referentiesituatie in IPO-licht. De bestaande lichtemissie van woonkernen en bestaande bedrijventerreinen zijn in het model ingevoerd.
- Toevoeging van het uitbreidingsgebied 'deelgebied B'.

In deze notitie is allereerst de rekenmethode met IPO-licht toegelicht. Vervolgens zijn de uitgangspunten vanuit het onderzoek uit 2008 beschreven en de uitgangspunten voor de uitbreiding met deelgebied B. Dit betreft de situatie waarbij assimilatieverlichting is toegepast, zoals rond en in de winter gebruikelijk is. Daardoor geeft de glastuinbouw een lichtemissie. Deze emissie is ingeperkt door minimaal 95% afscherming te realiseren. De resultaten zijn vergeleken met de situatie uit 2008. Deze resultaten zijn weergegeven als figuren met contouren. Deze figuren zijn voor de leesbaarheid aan het einde van deze notitie toegevoegd. Vervolgens is de referentiesituatie die het overige deel van het jaar optreedt in beeld gebracht. Dit is de situatie waarbij geen assimilatieverlichting is toegepast. Deze referentiesituatie is aangevuld met een worstcase-inschatting van de verlichting die in deelgebied B voor de beoogde functie wordt toegepast. De resultaten zijn beschreven en figuren met contouren zijn in de bijlage opgenomen.

2. Rekenmethode

De hemelhelderheid is bepaald met het IPO-licht model, versie 1.20 (verder IPO-licht). Deze software is in opdracht van het Interprovinciaal Overleg van en voor provincies ontwikkeld. IPO-licht biedt de mogelijkheid om effecten van lichtbronnen op grote afstand te bepalen. Hiermee is het een instrument voor beleidsmakers. IPO-licht is in staat zowel hemelhelderheid als horizonvervuiling¹ in beeld te brengen.

IPO-licht bevat vuistregelmethodieken voor het bepalen van de hemelhelderheid. Het programma berekent de hemelhelderheid recht boven de waarnemer, dus onder een hoek van 90°. Het is niet mogelijk om onder andere hoeken te rekenen. IPO-licht bepaalt de hemelhelderheid zowel bij bewolkte als bij onbewolkte hemel.

Voor meer informatie over de rekenmethodes in IPO-licht verwijzen we naar het rapport IPO Instrument Lichthinder DGMR - KEMA - Soto le Stelle - Vuistregelmethodiek (rapport D.2010.0909.00.003 van 15 maart 2011)².

¹ Zie website RIVM http://rivm.nl/onderwerpen/n/nachtelijke_verlichting/modellering_IPOLicht_model

² Rapport en software zijn te downloaden via http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Nieuwsberichten/2014/Wolken_toegevoegd_aan_rekenmodel_lichtvervuiling_IPOLicht/Download/IPOLicht/Download/IPOLicht_versie_1_2

3. Uitgangspunten

Het onderzoek bestaat uit twee delen. Allereerst zijn de uitgangspunten uit het onderzoek MER Uitbreiding Agriport A7 Groeilicht en lichthinder, met kenmerk MDMR4-1/dijc/043 van 20 mei 2008, uitgevoerd door Witteveen en Bos, omgezet naar invoergegevens voor IPO-licht. Hiermee zijn hemelhelderheidscontouren bepaald, die zijn gerelateerd aan de in 2008 berekende lichtsterktecontour. Vervolgens zijn de invoergegevens voor deelgebied B bepaald. Dit gebied is in het model toegevoegd aan het gedeelte dat in 2008 werd onderzocht. Hiermee zijn de nieuwe hemelhelderheidscontouren berekend.

Vervolgens is aangenomen dat de lichtemissie van de glastuinbouw op de werklocatie nihil is. Dit is het geval indien de assimilatieverlichting is uitgeschakeld. De bestaande lichtemissie in de omgeving van het gebied is in het model opgenomen. Dat betreft de lichtemissie van bestaande bedrijventerreinen, de snelweg en woonkernen. Deze bestaande situatie is de referentiesituatie. Daarna is deelgebied B toegevoegd. Met deze situaties zijn ook de contouren berekend. Deze zijn opgenomen in de bijlagen.

3.1 Deel 1: beoordeling effect verlichting op grotere afstand van deelgebied B

3.1.1 Onderzoek op basis van uitgangspunten 2008

Voor dit deel van het onderzoek zijn de uitgangspunten gebruikt uit het onderzoek dat in 2008 is uitgevoerd. Deze zijn vertaald naar invoergegevens voor IPO-licht. In onderstaande tabel is dit samengevat.

tabel 1:

Parameter	2008	IPO-licht
Verlicht oppervlak	43%	65% oppervlak kassen, waarvan 66% verlicht (geeft totaal 43% verlicht oppervlak)
Verlichtingssterkte	Gewogen gemiddelde 11055 lux	11055 lux
Reflectie	8%	8%
Glasdakabsorptie	30%	30%
Afscherming doek	95%	95%

Uitgangspunt is hierbij ook dat de werklocatie de maximale omvang heeft, zoals in 2008 is gehanteerd. Dit betekent dat is aangenomen dat het gebied ten oosten van rijksweg A7 tussen de Westermiddenmeerweg en de Medemblikkersluisweg vrijwel geheel is ingevuld met glastuinbouw. Dit is inclusief het deelgebied tussen Westermiddenmeerweg en Tussentocht, die momenteel in de Omgevingsvisie Hollands Kroon is aangegeven als uitbreidingsgebied voor glastuinbouw. Het betreft daarmee een worstcase-inschatting van de lichtemissie voor wat betreft de omvang van het glastuinbouwgebied. Daarnaast is nog geen rekening gehouden met de aanscherping van de eisen aan afscherming. Destijds betrof die 95%, momenteel is in de donkerteperiode een afscherming van 98 % verplicht. De gehanteerde 95% is dus een conservatieve aanname.

3.1.2 Onderzoek met uitbreiding deelgebied B

De uitbreiding met deelgebied B krijgt als bestemming datacenter met de daarbij behorende voorzieningen. In eerdere beoordelingen is voor deze functie een verlichtingsniveau aangenomen, vergelijkbaar met het standaard verlichtingsniveau voor een terrein met zware industrie.

Een aantal parameters zijn aangepast. Dit betreft de reflectie van wegen. Op de bedrijventerreinen op de werklocatie Agriport A7 is het aandeel wegen 22%. Het pakket gaat standaard uit van 10%. Dit is gecompenseerd door de reflectiefactor met een factor 2,2 (van 10% naar 22%) te verhogen. In eerdere onderzoeken is beoordeeld dat het aantal armaturen per hectare bij grotere datacenters ongeveer het dubbele is dan waar IPO-licht bij zware industrie van uitgaat. Dit is zo aangepast bij de invoer in IPO-licht. Daarnaast zijn de reflectiewaarden van het terrein en de wegen verdubbeld om meer strooilicht te creëren om een reële verlichtingssterkte op het bedrijventerrein te simuleren. Het aanpassen van de verlichtingssterkten is niet mogelijk in IPO-licht. Deze uitgangspunten zijn ook gehanteerd in een eerder onderzoek van TNO naar de hemelhelderheid als gevolg van een datacenter op Agriport A7³. De invoergegevens voor deelgebied B zijn samengevat in onderstaande tabel.

tabel 2: invoergegevens deelgebied B

Parameter	Invoergegevens
Type bedrijvigheid	Zware industrie ¹
Wegen	10%
Water en groen	0%
Uitgegeven oppervlak	100%
Niet bebouwd	45%
Verlicht terrein	100%
Armaturen/Ha gebouwverlichting	96
Type armatuur gebouwverlichting	Ouder LT-armatuur 58W ²
Horizontale verlichtingssterkte terreinverlichting	5 lux
Reflectie terrein	26%
Masten/ha terreinverlichting	12
Hoogte mast terreinverlichting	10 m
Lampen per mast terreinverlichting	1
Type armatuur terreinverlichting	Ouder SGS252 70W ²
Horizontale verlichtingssterkte wegverlichting	5 lux
Masten/100 m	4
Reflectie wegen	22%
Hoogte mast wegverlichting	8 m
Type armatuur wegverlichting	Ouder IRIS2550 36W ²

¹ Voor de invoer in IPO-licht is voor deze parameter gekozen. Dat wil zeggen dat voor de invoer van verlichtingsgegevens deze parameter het meest representatief is. Het uitbreidingsgebied krijgt geen bestemming voor zware industrie, maar specifiek voor datacenters.

² Deze armaturen zijn in IPO-licht beschikbaar voor modellering. In de praktijk maakt men in een nieuwbouwsituatie gebruik van moderne armaturen en daarmee is de lichtemissie naar de omgeving beperkter.

Tijdens de bouwfasen maakt men op donkere dagen of vroeg in de ochtend en aan het begin van de avond gebruik van verlichting. Het is op deze locatie gebruikelijk dat de bouwverlichting de reguliere werkuren in de nachtperiode wordt uitgeschakeld. Enkel voor terreinbewaking noodzakelijke (toegangs)verlichting blijft ingeschakeld. De in dit onderzoek gehanteerde gegevens zijn daarmee voldoende robuust om ook met tijdelijke bouwverlichting rekening te houden.

3.2 Deel 2: Beoordeling lichtimmissie in woongebieden en natuur

Ten noorden van deelgebied B ligt de woonkern Middenmeer. Ten zuiden liggen Medemblik en Opperdoes. Hier is straatverlichting aanwezig. Ten oosten ligt de rijksweg A7 en het glastuinbouwgebied van Agriport. In dit gedeelte van het onderzoek nemen we aan dat de lichtemissie van de glastuinbouwlocatie verwaarloosbaar is.

³ Zie bestemmingsplan [NL.IMRO.1911.BPMMTussenweg-va01](#). Het onderzoek heeft kenmerk 060.21090/01.11.01 en is van 28 april 2016.

Dit betreft de situatie dat geen assimilatieverlichting is toegepast. Buitenverlichting en oriëntatieverlichting in het glastuinbouwgebied zijn zeer beperkt aanwezig en in het buitengebied is de straatverlichting ook beperkt tot enkel verlichting bij kruisingen indien de verkeersveiligheid dit vereist. Op de bedrijventerreinen zijn kavels verlicht. Daarnaast is het bedrijfsterrein van het Gasunie meng- en compressorstation altijd verlicht. Verder is nabij het gebied de rijksweg A7 aanwezig. Deze is beperkt verlicht.

Voor de bestaande bedrijventerreinen is een verlichtingsniveau aangenomen zoals beschreven in paragraaf 3.1.2 (vergelijkbaar met een datacenter). Op 50% van het grootschalig bedrijventerrein voor agribusiness en logistiek is de functie datacenter ook benut. Op andere delen van de bedrijventerrein zijn (voor wat betreft verlichting) vergelijkbare functies toegestaan op basis van het vigerende bestemmingsplan. Dat geldt eveneens voor het complex van het Gasunie meng- en compressorstation.

Voor de woongebieden zijn de volgende gegevens gehanteerd.

tabel 3: invoergegevens woongebieden

Parameter	Invoergegeven
Wijktype	Eengezins (2 lux)
Verharding	16,5%
Reflectie	12 %
Aantal masten per 100m	5
Straatbreedte	8 m
Gevel tot gevelafstand	24 m
Hoogte masten	4 m
Type armatuur	Ouder Friso Kramer 24 W
Wegtype	Eengezins (7,5 lux)
Verharding	5,5%
Horizontale verlichtingssterkte	7,5 lux
Reflectie	10%
Aantal masten per 100m	6
Wegbreedte	15 m
Gevel tot gevelafstand	40 m
Hoogte masten	8 m
Type armatuur	Modern SGS252 50 W

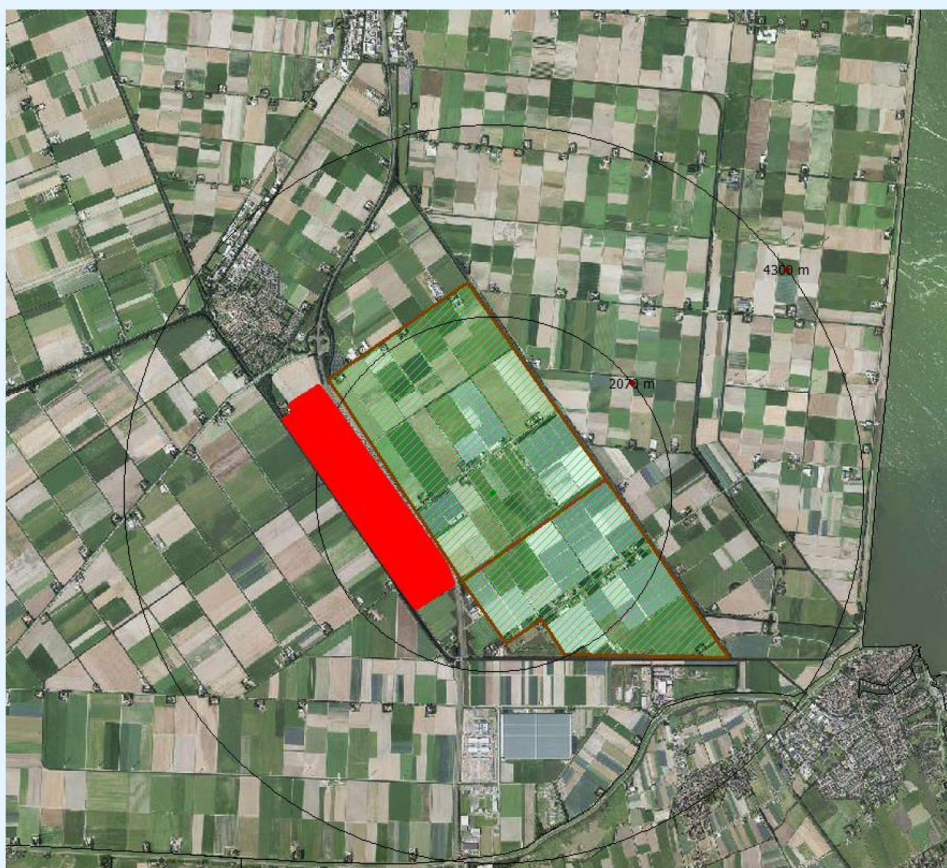
Aangezien de wegen in de omgeving beperkt tot niet verlicht zijn, zijn deze niet meegenomen in het onderzoek.

4. Resultaten deel 1

De resultaten van het eerste deel van het onderzoek zijn weergegeven in de figuren 1 t/m 4 in de bijlagen van deze notitie. Het betreffen de resultaten die de lichtsituatie op grotere afstand van de werklocatie weergeeft, bij gebruik van assimilatiebelichting in de glastuinbouw met 95% afscherming. In de figuren zijn de hemelhelderheid als gevolg van Agriport A7 en de uitbreiding weergegeven. In de figuren 1 en 2 zijn ook de contouren van 0,1 en 1 lux verticale verlichtingssterkte, zoals in 2008 bij bewolkte hemel bepaald, weergegeven. Het betreft de volgende figuren (zie bijlagen):

- Figuur 1: hemelhelderheid zonder bewolking op basis van onderzoek uit 2008.
- Figuur 2: hemelhelderheid met bewolking op basis van onderzoek uit 2008.
- Figuur 3: hemelhelderheid zonder bewolking met uitbreiding deelgebied B.
- Figuur 4: hemelhelderheid met bewolking met uitbreiding deelgebied B.

Daarnaast is de hemelhelderheid berekend op een punt op de 1 luxcontour (2070 meter vanaf hart) en de 0,1 luxcontour (4300 meter vanaf het hart). De ligging van deze punten is weergegeven in de onderstaande figuur. Omdat de oorspronkelijke verlichtingssterktecontouren de kassengebieden doorsnijden, is gekozen voor een punt op de contour zo ver mogelijk bij de kassen vandaan. Een punt binnen het glastuingebied gebied geeft geen realistisch beeld van de daadwerkelijk optredende hemelhelderheid op afstand.



figuur B: ligging rekenpunten

Deze resultaten op deze rekenpunten zijn in onderstaande tabel weergegeven.

tabel 4: resultaten op rekenpunten

Variant	Afstand	Luminantie zonder bewolking (mcd/m ²)	Luminantie met bewolking (mcd/m ²)
Reconstructie onderzoek 2008	2070 m	14	1916
	4300 m	4	124
Met uitbreiding deelgebied B	2070 m	14	1975
	4300 m	4	130
Toename	2070 m	0 (0%)	59 (3%)
	4300 m	0 (0%)	6 (5%)

Bij onbewolkte hemel neemt de hemelhelderheid op afstand niet toe als gevolg van de uitbreiding met deelgebied B. Bij bewolkte hemel neemt de hemelhelderheid toe met 3% op 2070 meter en 5% op 4300 meter.

Uit eerdere onderzoeken tussen lichtmodellering waarvan in deze studie uitkomsten in figuren zijn weergegeven, bleek een vergelijkbare correlatie tussen de uitkomsten van berekeningen met het Witteveen en Bos-model en IPO-licht.

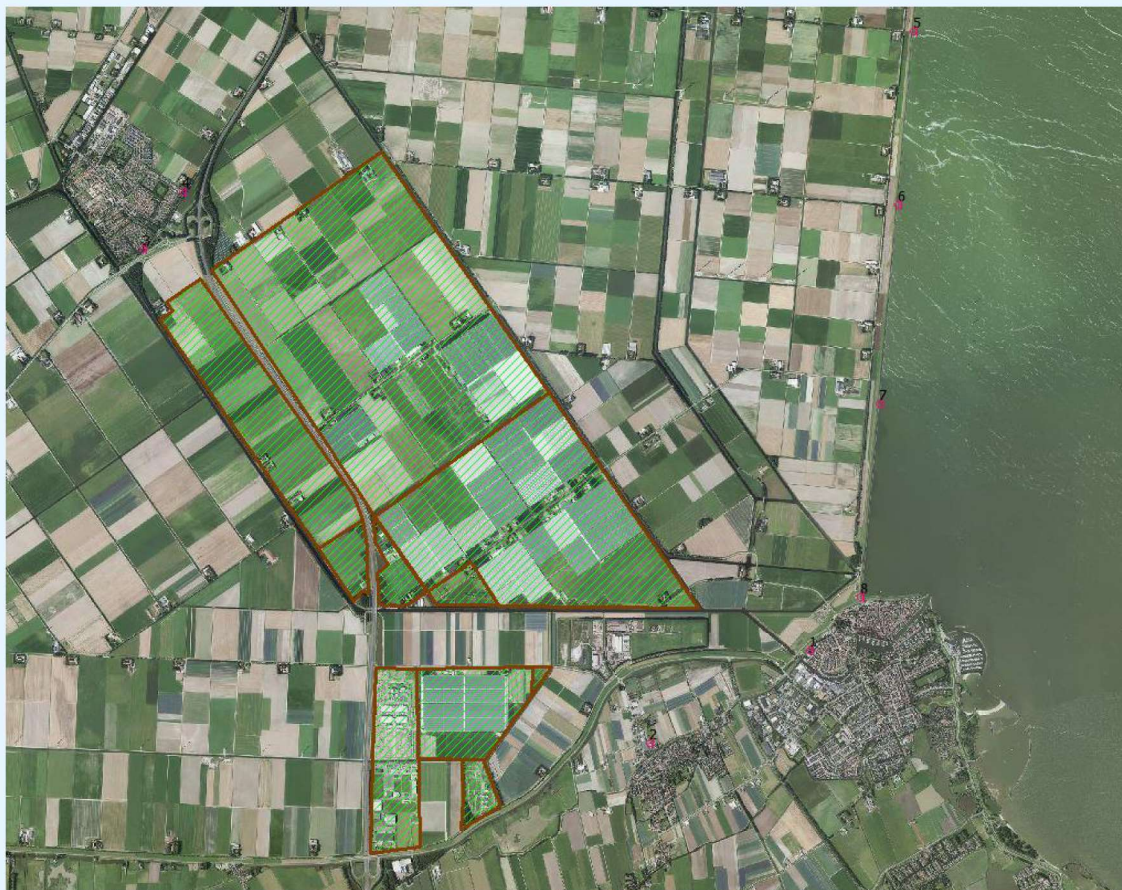
De inschatting is daarom dat ook voor de verticale verlichtingssterkte een toename in de orde van 5 % optreedt bij de rand van het IJsselmeer. Aangezien daar een verticale verlichtingssterkte van 0,1 lux was berekend, zou dit met circa 0,005 lux toenemen. Het is daarmee niet aannemelijk dat het plan resulteert in een significante toename van de verlichtingssterkte nabij het natuurgebied het IJsselmeer.

5. Resultaten deel 2

De resultaten van het tweede deel van het onderzoek zijn weergegeven in de figuren 5 t/m 8 in de bijlagen van deze notitie. Het betreffen de resultaten die de lichtsituatie bij woonkernen en natuur weergeven, zonder gebruik van assimilatiebelichting in de glastuinbouw. In de figuren zijn de hemelhelderheid als gevolg de lichtbronnen in de omgeving en de bedrijventerreinen weergegeven. Het betreft de volgende figuren (zie bijlagen):

- Figuur 5: hemelhelderheid referentiesituatie zonder bewolking.
- Figuur 6: hemelhelderheid referentiesituatie met bewolking.
- Figuur 7: hemelhelderheid met uitbreiding met deelgebied B zonder bewolking.
- Figuur 8: hemelhelderheid met uitbreiding met deelgebied B met bewolking.

Daarnaast is de hemelhelderheid bepaald op aantal punten in de omgeving. Deze punten zijn weergegeven in figuur C.



figuur C: ligging beoordelingspunten

De berekende hemelhelderheid is weergegeven in onderstaande tabel. Daarbij zijn de situatie zonder de uitbreiding, de situatie met uitbreiding met deelgebied B en de relatieve toename van de hemelhelderheid weergegeven.

tabel 5: resultaten referentiesituatie en uitbreiding met deelgebied B

Punt	Omschrijving	Zonder uitbreiding		Met uitbreiding		Relatieve toename	
		Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt
1	Rand Opperdoes	0,65	4,16	0,76	5,78	17%	39%
2	Rand Medemblik	0,53	2,78	0,61	3,7	15%	33%
3	Rand Middenmeer	0,61	3,69	1,45	20,82	138%	464%
4	Rand Middenmeer	0,74	5,39	1,3	16,64	76%	209%
5	Rand IJsselmeer	0,05	0,02	0,1	0,09	100%	350%
6	Rand IJsselmeer	0,07	0,05	0,13	0,17	86%	240%
7	Rand IJsselmeer	0,12	0,16	0,2	0,39	67%	144%
8	Rand IJsselmeer	0,46	2,06	0,53	2,77	15%	34%

Aangezien de bedrijventerreinen de belangrijkste lichtbronnen zijn op het moment dat de assimilatieverlichting is uitgeschakeld, heeft de toevoeging van de uitbreiding met deelgebied B een belangrijke bijdrage aan de hemelhelderheid. In de resultaten in tabel 5 is de natuurlijke luminantie niet meegenomen. Deze bedraagt bij onbewolkte hemel circa 0,25 cd/m². Bij de rand van het IJsselmeer is de natuurlijke luminantie daarmee groter dan de luminantie vanwege de lichtbronnen in het gebied.



ing. M.H.M. (Michel) van Kesteren
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

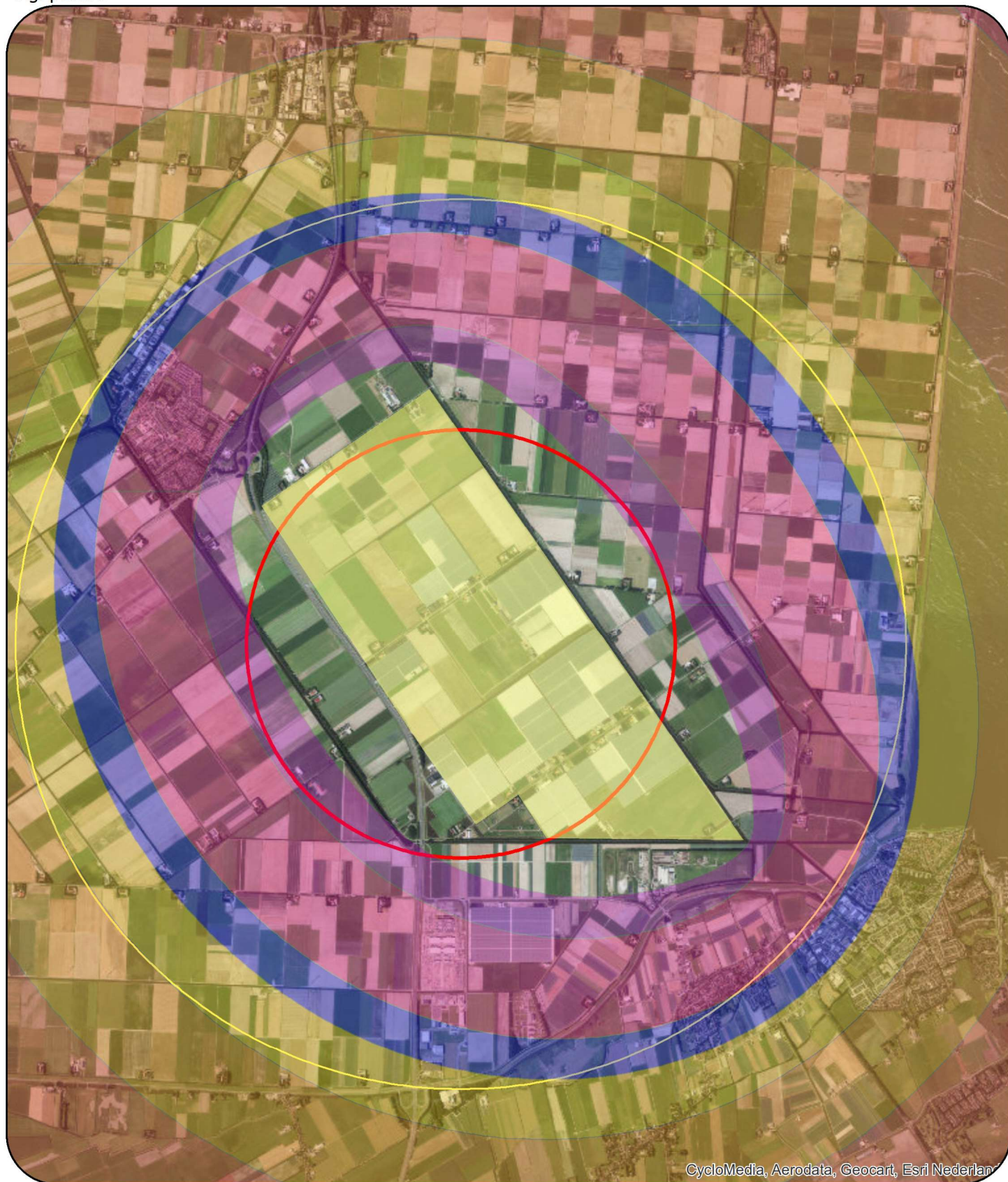
Bijlage 1

Titel

Toelichting

Figuren hemelhelderheid

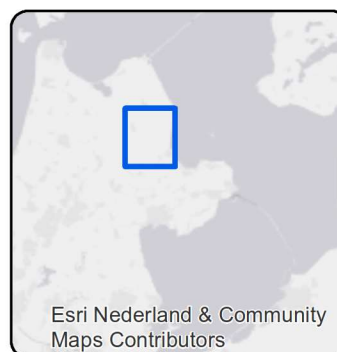
- Figuur 1: hemelhelderheid zonder bewolking op basis van onderzoek uit 2008
- Figuur 2: hemelhelderheid met bewolking op basis van onderzoek uit 2008
- Figuur 3: hemelhelderheid zonder bewolking met uitbreiding deelgebied B
- Figuur 4: hemelhelderheid met bewolking met uitbreiding deelgebied B



Legenda

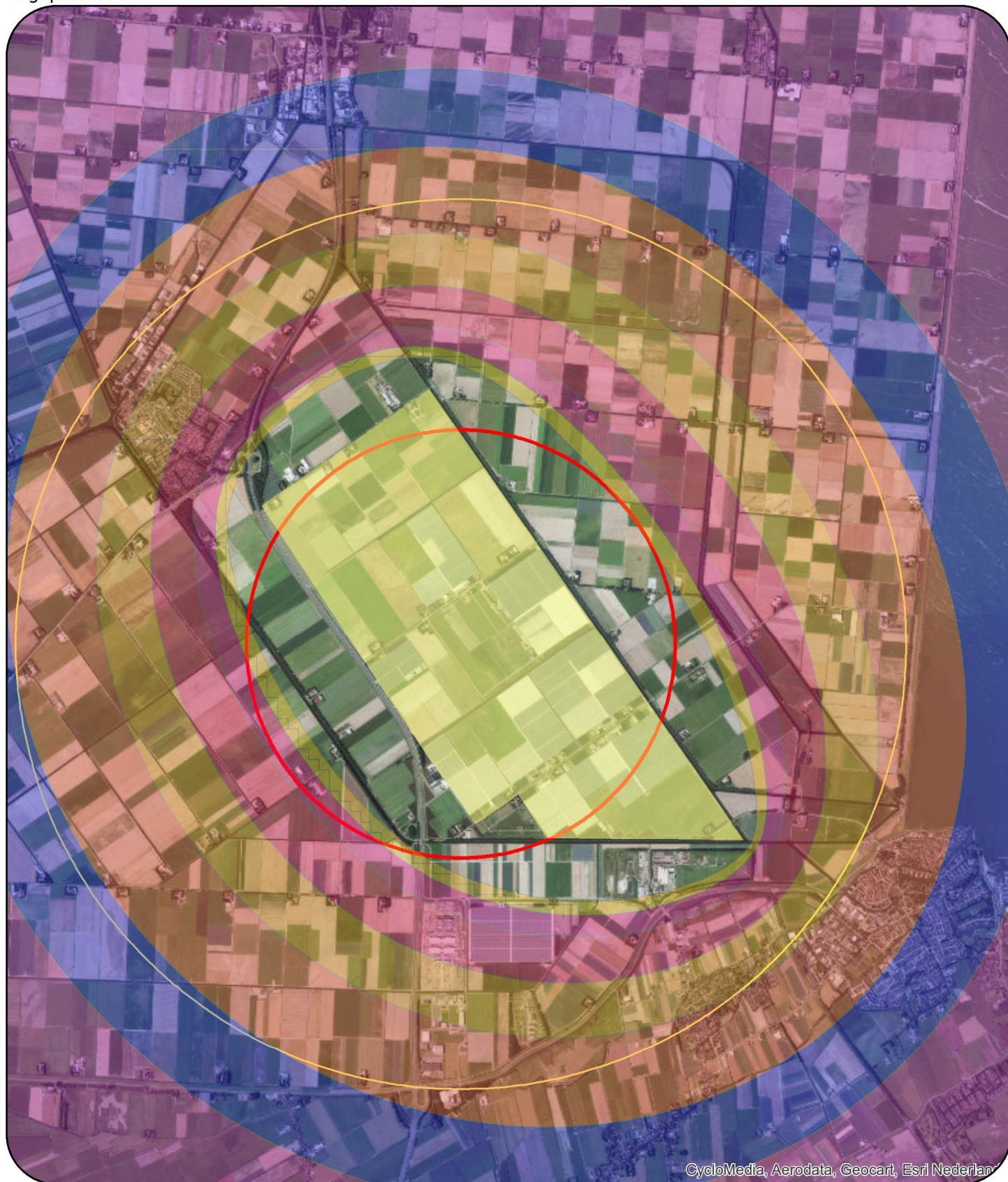
mcd/m2

	0-1
	1-2
	2-3
	3-4
	4-5
	5-10
	10-15
	1,0 lux
	0,1 lux



dGm^R

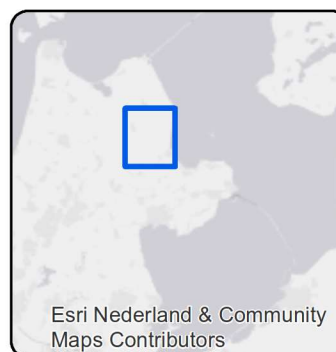
Esri Nederland & Community
Maps Contributors



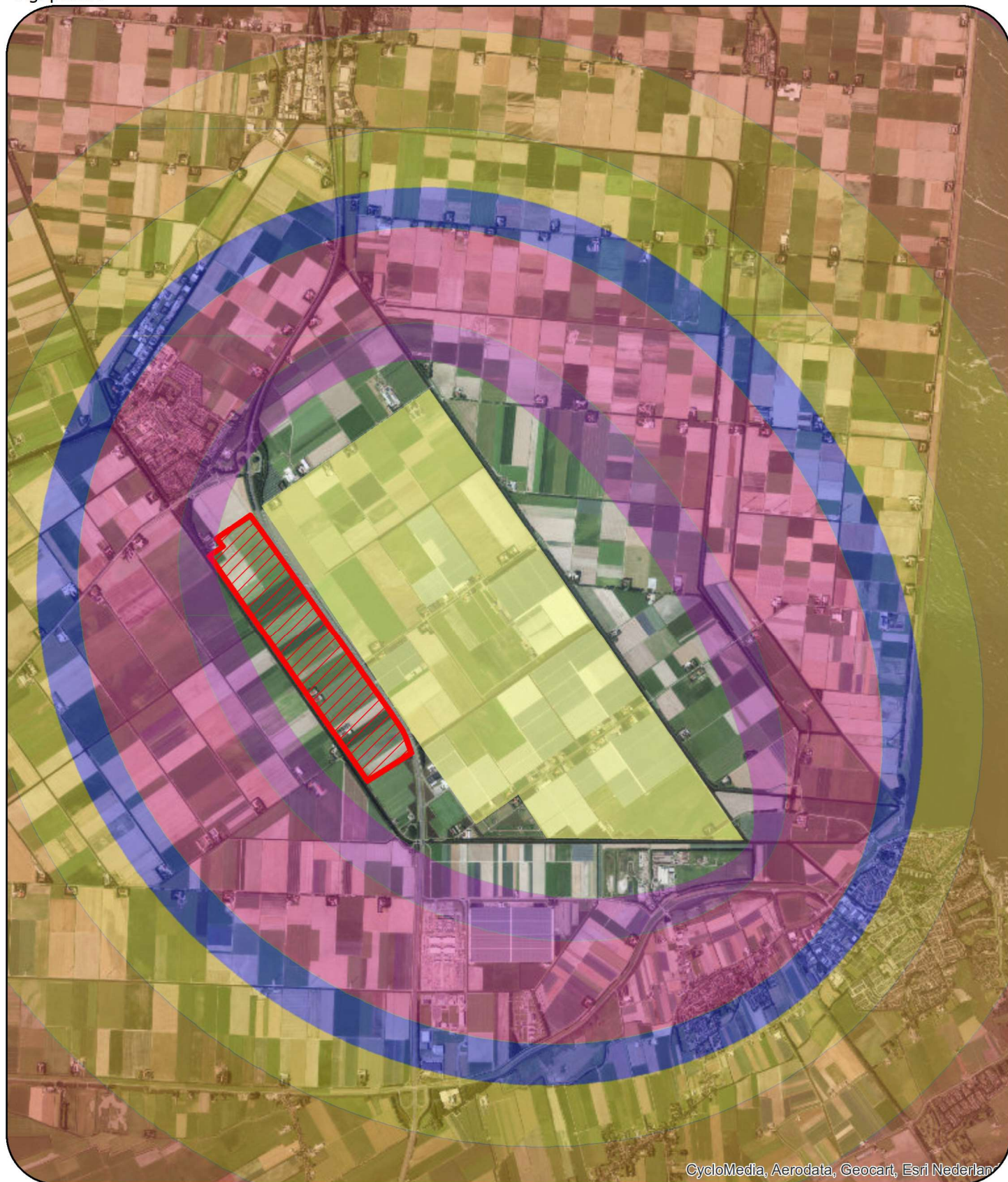
Legenda

mcd/m2

- 0-50
- 50-100
- 100-250
- 250-500
- 500-1000
- 1000-1500
- 1500-2000
- 1,0 lux
- 0,1 lux



dGm^R

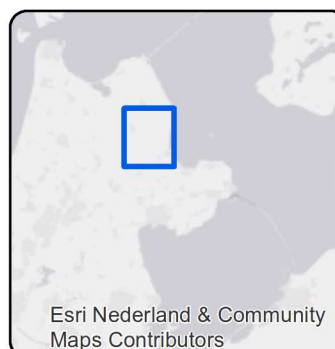


Legenda

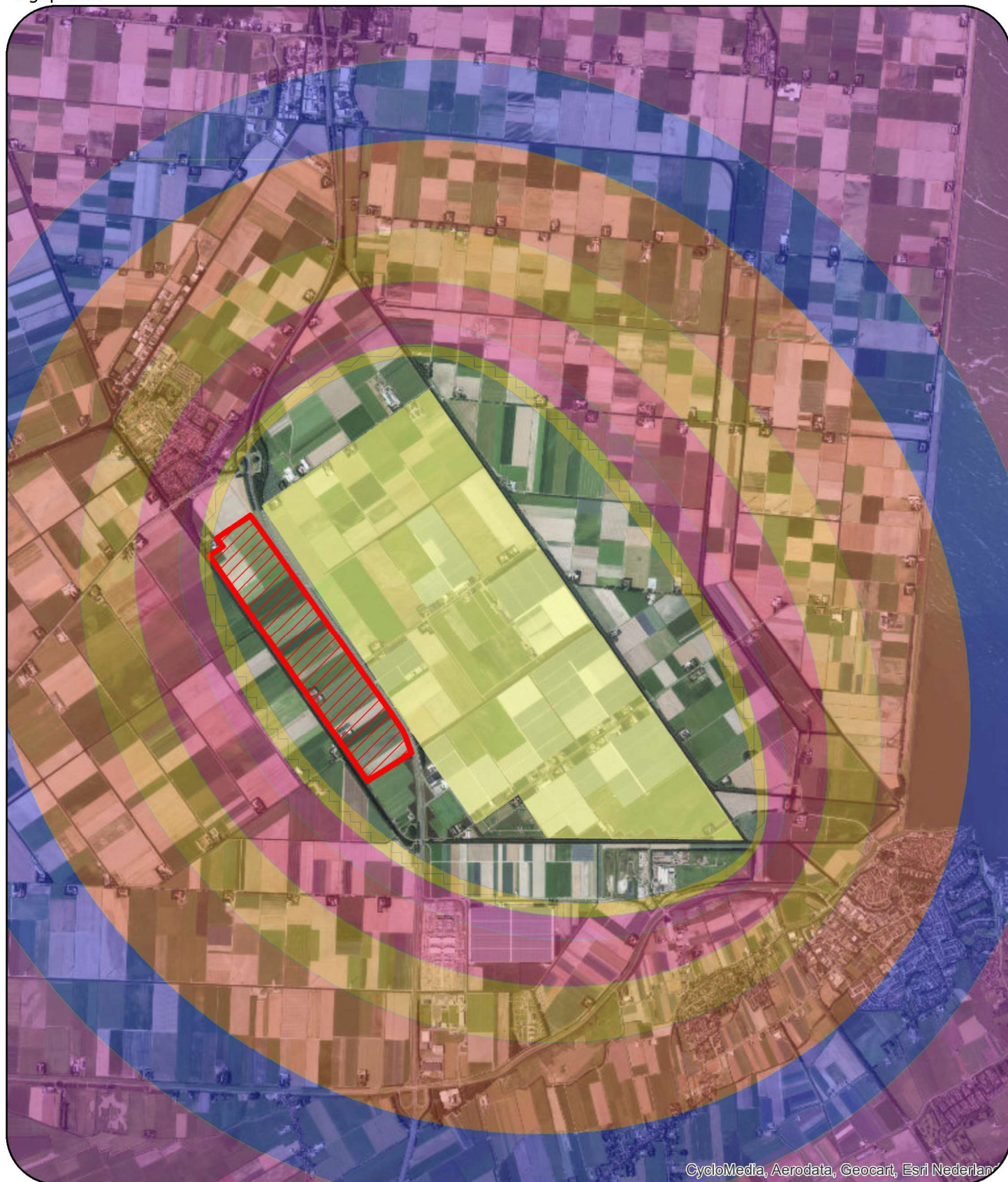
mcd/m2

- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10
- 10-15

Contouren luminantie zonder bewolking
Uitbreiding met deelgebied B



dGm^R

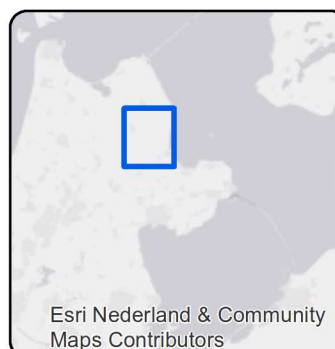


Legenda

mcd/m2

- 0-50
- 50-100
- 100-250
- 250-500
- 500-1000
- 1000-1500
- 1500-2000

Contouren luminantie met bewolking
Uitbreiding met deelgebied B



dGm^R

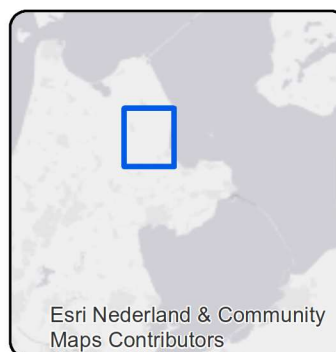


CycloMedia, Aerodata, Geocart, Esri Nederland

Legenda
mcd/m2

- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5

Contouren luminantie zonder bewolking
Referentiesituatie



Esri Nederland & Community
Maps Contributors

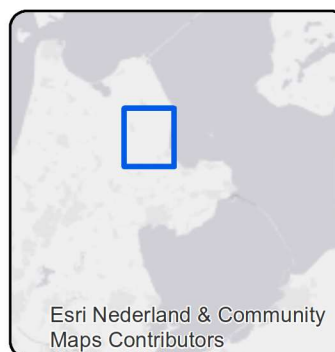
dGm^R



**Legenda
mcd/m2**

- 0-50
- 50-100
- 100-250

Contouren luminantie met bewolking
Referentiesituatie



dGm^R

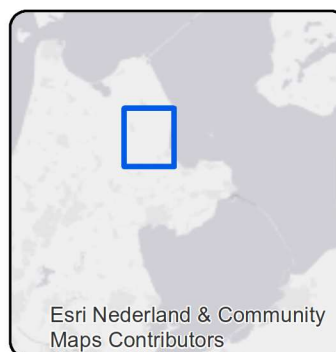


CycloMedia, Aerodata, Geocart, Esri Nederland

Legenda

mcd/m2

- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10



dGm^R

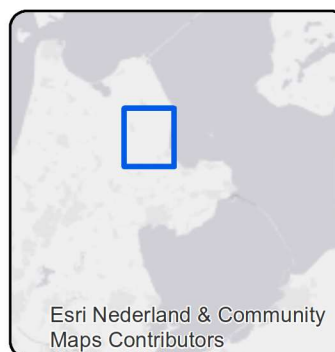
Contouren luminantie zonder bewolking
Referentiesituatie aangevuld met uitbreiding deelgebied B



Legenda

mcd/m2

- 0-50
- 50-100
- 100-250
- 250-500



dGm^R

Contouren luminantie met bewolking
Referentiesituatie aangevuld met uitbreiding deelgebied B

NOTITIE

Voor: Agriport A7 BV, Postbus 5, 1775 ZG Middenmeer
Van: Alferdinck Human Factors, contact: Johan Alferdinck, e-mail: johan.alferdinck@gmail.com
Titel: Beoordeling lichthinderrapportage
Offertenummer: 2018-AHF-1
Datum: 16 april 2018

INLEIDING

Ingenieursbureau DGMR heeft voor Agriport A7 B.V. een rapport geschreven waarin de lichthinder is onderzocht van de uitbreiding van het bedrijventerrein Venster-West met deelgebied B (DGMR, 2018). DGMR heeft hierbij gebruik gemaakt van het lichthindermodel IPOLicht. Dit model berekent de toename van de luminantie van de hemel recht boven de waarnemer ten gevolge van de kunstlichtbronnen. Agriport A7 BV heeft Alferdinck Human Factors gevraagd de volgende aanvullende onderzoeksvragen te beantwoorden:

- Is het mogelijk om de hemelluminanties (in cd/m^2), gevonden met het lichthindermodel IPOLicht in het DGMR-rapport, te vertalen naar verticale en/of horizontale verlichtingssterkten (in lux) op het maaiveld? Als dat mogelijk is dan kunnen lichtniveaus vergeleken worden met lichthindereisen die gesteld worden in verlichtingssterkte (in lux).
- Als de vertaling van de hemelluminantie naar verlichtingssterkte op het maaiveld mogelijk is kan deze dan bepaald worden voor de volgende locaties?
 - De omliggende dorpen Medemblik, Opperdoes en Middenmeer en enkele boerderijen nabij deelgebied B.
 - De Westfriesche Vaart pal ten westen van het deelgebied B.
 - De dijk van Natura 2000 gebied IJsselmeer en de gebieden aangewezen voor het Natuurnetwerk Nederland (NNN).
- Hoe relateren de door TNO gemaakte beoordeling van de hemelluminantie in 2008 (Alferdinck, 2008ab) aan de uitkomsten van het IPO-model in het DGMR-rapport? De vergelijking kan alleen worden uitgevoerd voor de gebieden die in 2008 onderzocht zijn.
- Is er een verklaring voor de procentuele toename van de hemelluminantie als functie van de afstand door de uitbreiding van deelplan B zoals beschreven in het DGMR-rapport (2018)?

METHODE

FORMULE VERLICHTINGSSTERKTE

TNO heeft een model gemaakt voor het berekenen van de toename van de hemelluminantie door kassen of andere objecten die aan de bovenkant licht uitstralen (Alferdinck et al., 2006). Het TNO-model is gebaseerd op lichtverstrooiing en –verzwakking in de atmosfeer. Vanuit het standpunt van de waarnemer is de hemelluminantie in alle richtingen op de hemelkoepel

uit te rekenen. In veel lichthinder-onderzoeken van TNO is een richting van 15 graden boven de kas genomen als een standaard meetrichting (Vos & van Bergem-Jansen, 1995). Het IPOLicht-model geeft als resultaat de hemelluminantie recht boven de waarnemer (zenit), dus onder een hoek van 90 graden met de horizon.

In de richtwaarden voor lichthinder voor de Natura 2000 gebied wordt uitgegaan van de horizontale verlichtingssterkte. In Nederland is een richtwaarde (van 0,1 lx) in het verleden meermaals gebruikt voor toetsing of er sprake kan zijn van significante negatieve effecten voor natuurwaarden in beschermde natuurgebieden (MER Uitbreiding Agriport A7; Witteveen en Bos, 2008b). Bij de zogenaamde horizontale verlichtingssterkte wordt de hoeveelheid licht(toename) gemeten dat op een horizontaal vlak valt. De lichtdetector van de luxmeter ligt hierbij plat op het horizontale vlak met de gevoelige kant omhooggericht.

In de verlichtingssterkte richtwaarden zoals gesteld door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV, 2017) gaat onder andere om het meten van de lichthinder voor omwonenden en wordt de verlichtingslichtsterkte gemeten op de gevel van de woningen. Hierbij gaat het dus om de verticale verlichtingssterkte die ook gehanteerd wordt in internationale voorschriften (CIE, 2017; ILP, 2011). In dit geval maakt het uit in welke richting de luxmeter meet. Als de gevel in de richting wijst van de bron van de lichthinder dan zal een hogere verlichtingssterkte worden gemeten dan wanneer op de zijgevel wordt gemeten die 90 graden is verdraaid ten opzichte van de lichtbron.

Het IPOLicht-model geeft de hemelluminantie alleen in het zenit. Hieruit zou de horizontale verlichtingssterkte (E_{hor}) gemakkelijk te berekenen zijn als de hemelluminantie (L_{hemel}) gelijk zou zijn in alle richtingen. In dat geval zou de horizontale verlichtingssterkte gelijk aan $E_{hor} = \pi \cdot L_{hemel}$ ($\pi = 3,14...$) zijn. In werkelijkheid is de luminantie van de hemel niet egaal maar sterk afhankelijk van de locaties van de lichtbronnen rond de waarnemer. Gezien vanuit de waarnemer zal de hemel in de richtingen boven de lichtbronnen veel helderder zijn dan achter de waarnemer. Om de juiste horizontale verlichtingssterkte op het maaiveld te bepalen moeten de bijdragen van de hemelluminantie alle richtingen op de juiste wijze worden gesommeerd. Dit is een zogenaamde integratie over de hemelkoepel (halve bol). Voor de verticale verlichtingssterkte moet worden gesommeerd over een halve hemelkoepel (kwart bol).

In eerder onderzoek van TNO naar de lichthinder van kassen is het verband tussen de hemelluminantie en de verlichtingssterkte onderzocht (Janssen et al., 2006; Alferdinck, 2008a). Met een door TNO ontwikkeld model zijn in deze studies verschillende formules afgeleid die een verband geven tussen hemelluminantie en verlichtingssterkte. Voor de horizontale en verticale verlichtingssterkte levert dat de volgende formules op:

$$E_{hor} = 8,1L_{zenit} \quad (1)$$

$$E_{ver} = 23,8L_{zenit} \quad (2)$$

Hierin is E_{hor} de horizontale verlichtingssterkte in lux (lx), E_{ver} de verticale verlichtingssterkte in lux (lx) en L_{zenit} de luminantie van de hemel in het zenit (cd/m^2). Als de luminantie is gegeven in mcd/m^2 moet deze worden gedeeld door 1000.

RICHTWAARDEN

In Nederland zijn er geen wettelijke normen of eisen voor de verlichtingssterkte of hemelhelderheid.

Zoals hierboven al vermeld is voor een passende beoordeling van effecten voor beschermde natuurgebieden een richtwaarde van 0,1 lx voor de horizontale verlichtingssterkte gehanteerd om te bepalen of significante negatieve effecten voor een habitat kunnen optreden. Deze richtwaarde is bijvoorbeeld gebruikt voor toetsing van effecten voor het Natura 2000 gebied het IJsselmeer.

Door het NSVV zijn richtlijnen gegeven en in deze richtlijnen staan maximale grenswaarden voor verticale verlichtingssterkte voor omwonenden (zie bijlage). Deze richtwaarden gelden voor de nacht (van 23:00 tot 07:00 h):

- In natuurgebieden en landelijke gebieden ver van woonkernen wordt 1 lx aangehouden;
- In buitenstedelijke en landelijke (woon)gebieden 1 lx;
- In stedelijke (woon)gebieden 2 lx;
- In stedelijke gebieden met nachtelijke activiteiten, zoals uitgaancentra en industriegebieden 5 lx.

Bovenstaande richtwaarden worden dus verticaal gemeten op de gevel van een gebouw.

De richtlijnen van de NSVV (2017) komen in grote lijnen overeen met die van de CIE (2017). Voor natuurgebieden en landelijke gebieden (zone E1) is echter een verschil: De CIE eist hier een verticale verlichtingssterkte van maximaal 0,1 lx tijdens de nacht waarvan alleen mag worden afgeweken (1 lx) als er sprake is van openbare verlichting (zie bijlage).

Op grond van de aanbevelingen van de Commissie Lichthinder van de NSVV, bovenstaande richtwaarden voor mens en natuur voor lichthinder dan wel beperkingen van de belichtings-tijd, zijn voor de beoordeling van de lichtbelastingen op de omgeving in eerder onderzoek de volgende richtwaarden gehanteerd voor de horizontale verlichtingssterkte (Witteveen en Bos, 2008a):

- voor landelijke gebieden in de directe omgeving van het plangebied 3 lx (NSVV- 'norm');
- voor landelijke gebieden in de ruimere omgeving van het plangebied en ecologische verbindingzones (NNN-gebieden) 1 lx (Wieringermeer 'norm');
- voor natuurgebieden (grens IJsselmeer) 0,1 lx.

Deze richtlijnen zijn voor onderhavig onderzoek ook aangehouden.

BEOORDELINGSPUNTEN

In het DGMR-rapport zijn de hemelluminanties berekend van in totaal 8 beoordelingspunten (Tabel 1). De beoordelingspunten liggen langs het IJsselmeer en op randen van bebouwde gebieden (Opperdoes, Medemblik, Middenmeer). De hemelluminanties zijn op deze punten bepaald voor de referentiesituatie met en zonder uitbreiding van deelgebied B. De bijdrage

van de werklocatie Agriport A7, met assimilatie verlichting, is hier niet in rekening gebracht. Het gaat dus alleen om na te gaan wat deelgebied B toevoegt aan de lichtuitstoot.

Tabel 1 Beoordelingspunten uit het DGMR-onderzoek (DGMR, 2018).

<i>Punt</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Opmerking</i>
1	Rand Opperdoes	Hemelluminantie bepaald voor: Referentiesituatie met en zonder uitbreiding deelgebied B (zonder werklocatie Agriport A7)
2	Rand Medemblik	
3	Rand Middenmeer	
4	Rand Middenmeer	
5	Rand IJsselmeer	
6	Rand IJsselmeer	
7	Rand IJsselmeer	
8	Rand IJsselmeer	

Voor de berekeningen in dit onderzoek zijn 8 beoordelingspunten toegevoegd aan de set uit het DGMR-onderzoek (zie Tabel 2 en Figuur 1). De eerste twee punten liggen aan op de Westfriesche vaart vlak aan de rand van het uitbreidingsgebied. Verder zijn de beoordelingspunten gezet op twee boerderijen ten zuidwesten van het uitbreidingsgebied. Tenslotte zijn vier beoordelingspunten op gebieden van het Natuurnetwerk Nederland geplaatst (aan de Oudelandertocht en ten zuiden van de Westfriesche omringdijk).

Op de locaties van deze extra beoordelingspunten zijn de hemelluminantie afgelezen uit de contourplots uit het DGMR-rapport (DGMR, 2018; Bijlage 1, Figuur 1 t/m 8). Om een voldoende nauwkeurige schatting te kunnen maken van de hemelluminantie zijn de locaties van de beoordelingspunten zodanig gekozen dat ze binnen of net buiten de contouren van de hemelluminantie liggen.

De hemelluminanties van de extra beoordelingspunten zijn bepaald voor:

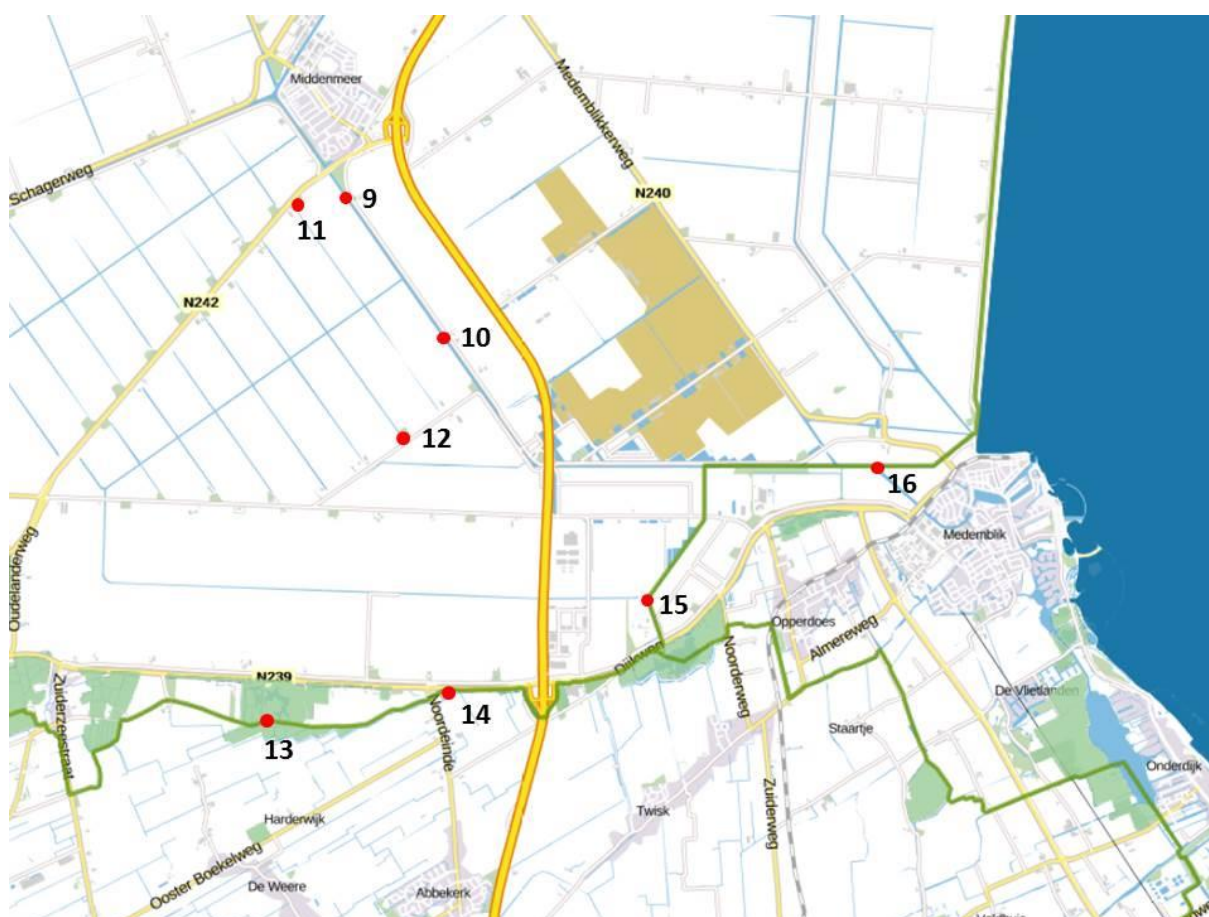
- 1) de totale werklocatie, reconstructie van het onderzoek 2008, met en zonder uitbreiding deelgebied B (met assimilatiebelichting op de werklocatie Agriport A7) (figuren 1 t/m 4 DGRM-rapport) en,
- 2) de referentiesituatie met en zonder uitbreiding van deelgebied B (zonder assimilatiebelichting op werklocatie Agriport A7) (figuren 5 t/m 8 DGRM-rapport).

Voor de meeste punten met de referentiesituatie lagen de hemelluminanties lager dan 1 mcd/m² (onbewolkt) of 50 mcd/m² (bewolkt). Omdat lagere contouren niet zijn weergegeven op de contourplots was het alleen mogelijk om voor deze punten een schatting te geven van de *maximum* luminantie.

Voor alle beoordelingspunten is de conditie met en zonder bewolking beschouwd.

Tabel 2 Extra beoordelingspunten in dit onderzoek.

Punt	Omschrijving	Opmerking
9	Westfriesche vaart	Hemelluminantie bepaald voor: 1) Totale werklocatie. Reconstructie onderzoek 2008, met en zonder uitbreiding deelgebied B (met werklocatie Agriport A7). Afgeleid uit Figuren 1 t/m 4 van DGRM-rapport. 2) Referentiesituatie met en zonder uitbreiding deelgebied B (zonder werklocatie Agriport A7). Afgeleid uit Figuren 5 t/m 8 van DGRM-rapport.
10	Westfriesche vaart	
11	Boerderij	
12	Boerderij	
13	Rand van het gebied van het Natuurnetwerk Nederland	
14	Rand van het gebied van het Natuurnetwerk Nederland	
15	Rand van het gebied van het Natuurnetwerk Nederland	
16	Rand van het gebied van het Natuurnetwerk Nederland	



Figuur 1 Ligging van de extra beoordelingspunten langs de Westfriesche vaart (9, 10), bij boerderijen (11, 12) en langs de NNN (13 t/m 16).

RESULTATEN

BEOORDELINGSPUNTEN DGMR-ONDERZOEK

In onderstaande Tabel 3 zijn hemelluminanties van de beoordelingspunten uit het DGMR-onderzoek weergegeven. Uit deze hemelluminanties zijn de horizontale verlichtingssterkten berekend met formule (1) en in Tabel 4 gezet. Omdat deze tabel *horizontale* verlichtingssterkten bevat zijn deze bedoeld voor toetsing aan de lichthinder-normen voor het Natura 2000 gebied IJsselmeer. Daarom zijn alleen de vier beoordelingspunten aan de rand van het IJsselmeer in de tabel vermeld. Het blijkt dat de toename van de verlichtingssterkte voor alle vier punten voor alle condities (referentiesituatie zonder en met uitbreiding deelgebied B en zonder en met bewolking) langs het IJsselmeer voldoet aan de richtwaarde van maximaal 100 mlx (= 0,1 lx).

In Tabel 5 staan de verticale verlichtingssterkten voor de beoordelingspunten uit het DGMR-onderzoek. Ze zijn berekend met formule (2) ten behoeve van de beoordeling van de lichthinder voor bewoners in woonkernen in de omgeving van de werklocatie. Het blijkt dat op de grens van de woonkernen de toename van de verlichtingssterkte door de werklocatie met/zonder uitbreiding voldoet aan de richtwaarden van de NSVV; voor de dorpen Opperdoes en Middenmeer ruim lager van 1000 mlx (1 lx) en voor Medemblik ruim lager dan 2000 mlx (2 lx).

Tabel 3 Hemelluminanties van de beoordelingspunten uit het DGMR-onderzoek voor de referentiesituatie met en zonder uitbreiding van deelgebied B. De assimilatieverlichting van werklocatie Agriport A7 is uit.

Punt	Omschrijving	Luminantie (mcd/m ²)					
		Zonder uitbreiding		Met uitbreiding		Toename	
		Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt
1	Rand Opperdoes	0,65	4,16	0,76	5,78	0,11	1,62
2	Rand Medemblik	0,53	2,78	0,61	3,7	0,08	0,92
3	Rand Middenmeer	0,61	3,69	1,45	20,82	0,84	17,13
4	Rand Middenmeer	0,74	5,39	1,3	16,64	0,56	11,25
5	Rand IJsselmeer	0,05	0,02	0,1	0,09	0,05	0,07
6	Rand IJsselmeer	0,07	0,05	0,13	0,17	0,06	0,12
7	Rand IJsselmeer	0,12	0,16	0,2	0,39	0,08	0,23
8	Rand IJsselmeer	0,46	2,06	0,53	2,77	0,07	0,71

Tabel 4 Horizontale verlichtingssterkte berekend uit de hemelluminanties van de beoordelingspunten uit het DGMR-onderzoek uit Tabel 3.

Punt	Omschrijving	Horizontale verlichtingssterkte (mlx)					
		Zonder uitbreiding		Met uitbreiding		Toename	
		Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt
5	Rand IJsselmeer	0,4	0,2	0,8	0,7	0,4	0,6
6	Rand IJsselmeer	0,6	0,4	1,1	1,4	0,5	1,0
7	Rand IJsselmeer	1,0	1,3	1,6	3,2	0,6	1,9
8	Rand IJsselmeer	3,7	16,7	4,3	22,4	0,6	5,8

Tabel 5 Verticale verlichtingssterkte berekend uit de hemelluminanties van de beoordelingspunten uit het DGMR-onderzoek uit Tabel 3.

Punt	Omschrijving	Verticale verlichtingssterkte (mlx)					
		Zonder uitbreiding		Met uitbreiding		Toename	
		Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt
1	Rand Opperdoes	15,5	99,0	18,1	137,6	2,6	38,6
2	Rand Medemblik	12,6	66,2	14,5	88,1	1,9	21,9
3	Rand Middenmeer	14,5	87,8	34,5	495,5	20,0	407,7
4	Rand Middenmeer	17,6	128,3	30,9	396,0	13,3	267,8

EXTRA BEOORDELINGSPUNTEN

In onderstaande Tabel 6 zijn de hemelluminanties van de extra beoordelingspunten weergegeven. Voor deze beoordelingspunten is de hemelluminantie afgelezen uit de contourplots uit het DGMR-rapport voor twee situaties: de totale werklocatie en de referentiesituatie, met en zonder deelplan B. Voor de beoordelingspunten met de referentiesituatie geven het meest representatieve beeld van de toename van de lichthinder in de direct omgeving van het plan door alleen de ontwikkeling van deelgebied B in voor een lichthinderbeoordeling voor de directe omgeving de meest relevante perioden.

De bijbehorende horizontale verlichtingssterkten zijn berekend met formule (1) en in Tabel 7 gezet. In deze tabel zijn alleen de beoordelingspunten weergegeven bedoeld voor toetsing aan *horizontale* verlichtingssterkten. In alle omstandigheden is de toename van de verlichtingssterkte ter hoogte van de Natuurnetwerk Nederland gebieden (NNN-gebieden) ruim minder dan de richtwaarde van maximaal 1000 mlx. In deze natuurgebieden kan de lichtbelasting in perioden dat de assimilatiebelichting in de kassen wordt toegepast tijdelijk meer zijn dan de richtwaarden, maar is de invloed van verlichting in deelgebied B op de verlichtingssterkte beperkt. Zonder en met bewolking wordt ook op alle punten aan de richtwaarde voldaan.

Zonder bewolking voldoen ook de beoordelingspunten op de Westfriesche vaart aan de richtlijn van 1000 mlx. In het geval van bewolking wordt de richtwaarde overschreden voor alle punten, maar dat geldt voor de condities met en zonder uitbreiding en kan optreden bij

inschakeling van belichting op de werklocatie en als deze in volle omvang is ontwikkeld. Om deze reden is ook gekeken naar de toename van de verlichtingssterkte door alleen het deelgebied B met de referentiesituatie. Uit deze gegevens blijkt dat in alle gevallen de horizontale verlichtingssterkte lager is dan 405 mlx en dus ruim onder de richtwaarden van 1000 mlx ligt.

De verticale verlichtingssterkten staan in Tabel 8. In deze tabel zijn alleen de beoordelingspunten weergegeven bedoeld voor toetsing aan *verticale* verlichtingssterkten. De beoordelingspunten 11 en 12 zijn gebruikt om een beeld te schetsen van lichthinder voor omwonenden in het buitengebied nabij de uitbreiding. Het is duidelijk dat beide beoordelingspunten voldoen aan deze eisen in de conditie zonder bewolking. In de conditie met bewolking blijven de waarden voor deelgebied B in elk geval onder een verticale verlichtingssterkte van 1190 mlx (1,19 lx) op basis van een beoordeling van de invloed van deelgebied B (figuren 7 en 8). Dat is net iets boven de richtwaarde van 1 lx maar op basis van de visuele beoordeling van de contourplots, waarbij blijkt dat de beoordelingspunten ruim buiten de laagste contour van 50 mcd/m² (= 1190 mlx) liggen, kan geconcludeerd worden dat de verticale verlichtingssterkte ruim lager dan 1 lx zal zijn.

Tabel 6 Hemelluminanties van de extra beoordelingspunten voor de totale werklocatie (met assimilatieverlichting) en de referentiesituatie, met en zonder uitbreiding van deelplan B.

Punt	Omschrijving	Luminantie, totale werklocatie (mcd/m ²)					
		Zonder uitbreiding		Met uitbreiding		Toename	
		Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt
9	Westfriesche vaart	10,0	1143	12,3	2000	2,3	857
10	Westfriesche vaart	17,3	3714	19,7	5385	2,3	1670
11	boerderij	7,1	421	7,8	567	0,8	146
12	boerderij	8,3	639	8,9	765	0,7	126
13	Rand NNN-gebied	1,7	25	1,8	30	0,1	5
14	Rand NNN-gebied	2,8	79	2,9	88	0,1	8
15	Rand NNN-gebied	7,4	447	7,5	469	0,2	21
16	Rand NNN-gebied	9,2	826	9,3	864	0,1	38
		Luminantie, referentiesituatie (mcd/m ²)					
9	Westfriesche vaart	<1,0	<50	1,9	<50	1,9	<50
10	Westfriesche vaart	<1,0	<50	4,5	<50	4,5	<50
11	boerderij	<1,0	<50	1,0	<50	0,9	<50
12	boerderij	<1,0	<50	1,2	<50	1,2	<50
13	Rand NNN-gebied	<1,0	<50	<1,0	<50	1,0	<50
14	Rand NNN-gebied	<1,0	<50	<1,0	<50	1,0	<50
15	Rand NNN-gebied	2,0	50	2,0	50	0,0	0
16	Rand NNN-gebied	<1,0	<50	<1,0	<50	1,0	<50

Tabel 7 Horizontale verlichtingssterkte berekend uit de hemelluminanties van de extra beoordelingspunten uit Tabel 6.

Punt	Omschrijving	Horizontale verlichtingssterkte, totale werklocatie (mlx)					
		Zonder uitbreiding		Met uitbreiding		Toename	
		Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt
9	Westfriesche vaart	81	9257	99	16200	18	6943
10	Westfriesche vaart	140	30086	159	43615	19	13530
13	Rand NNN-gebied	14	203	15	240	1	38
14	Rand NNN-gebied	23	641	24	709	1	68
15	Rand NNN-gebied	60	3624	61	3797	1	173
16	Rand NNN-gebied	74	6691	75	6995	1	304
		Horizontale verlichtingssterkte, referentiesituatie (mlx)					
9	Westfriesche vaart	<8	<405	15	<405	<7	<405
10	Westfriesche vaart	<8	<405	36	<405	<28	<405
13	Rand NNN-gebied	<8	<405	<8	<405	<8	<405
14	Rand NNN-gebied	<8	<405	<8	<405	<8	<405
15	Rand NNN-gebied	16	405	16	405	0	0
16	Rand NNN-gebied	<8	<405	<8	<405	<8	<405

Tabel 8 Verticale verlichtingssterkte berekend uit de hemelluminanties van de extra beoordelingspunten uit Tabel 6.

Punt	Omschrijving	Verticale verlichtingssterkte, totale werklocatie (mlx)					
		Zonder uitbreiding		Met uitbreiding		Toename	
		Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt	Onbewolkt	Bewolkt
11	boerderij	168	10021	186	13487	18	3466
12	boerderij	197	15206	213	18200	16	2994
		Verticale verlichtingssterkte, referentiesituatie (mlx)					
11	boerderij	<24	<1190	24	<1190	<24	<1190
12	boerderij	<24	<1190	29	<1190	5	<1190

VERGELIJKING MET EERDER TNO-ONDERZOEK

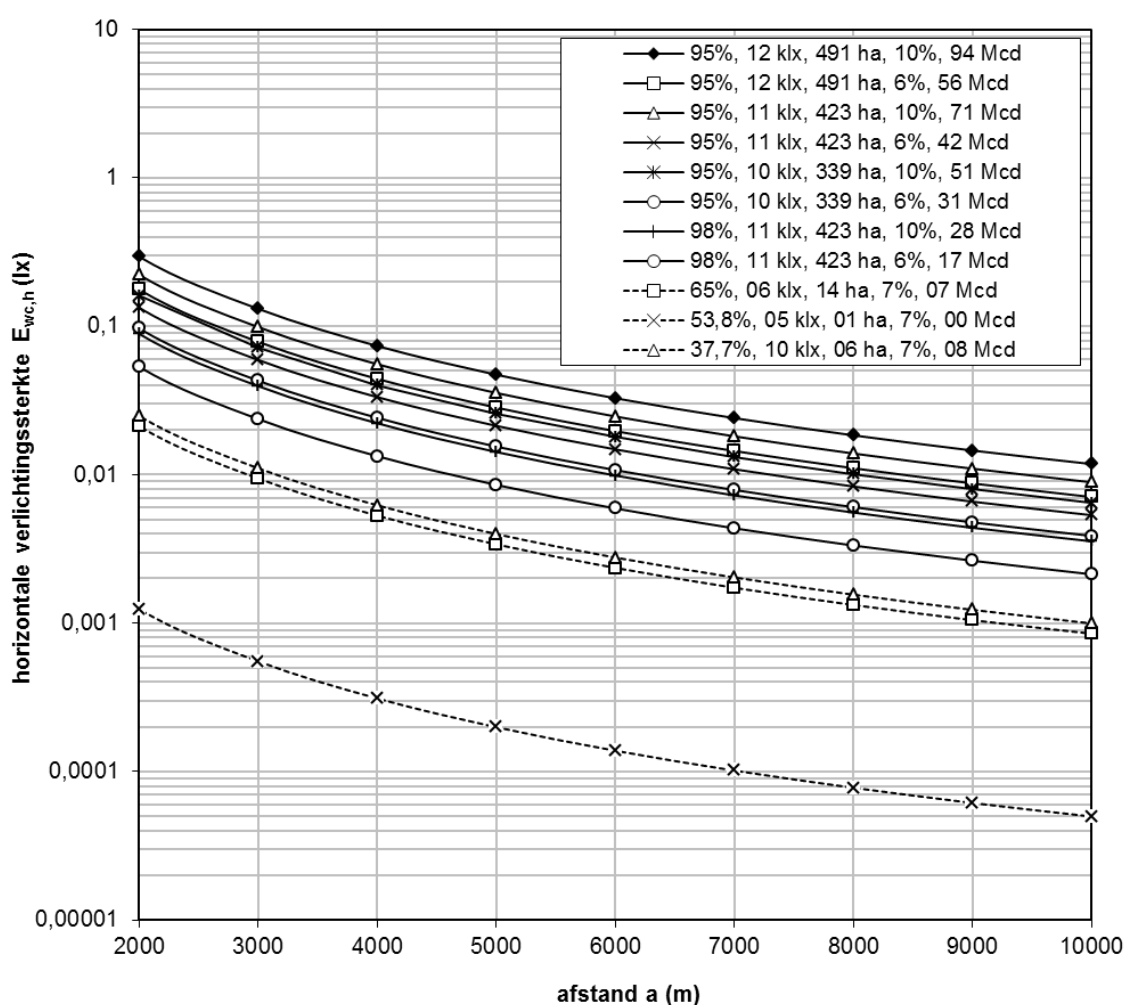
In 2008 heeft TNO twee onderzoeken uitgevoerd voor Agriport A7 waarbij hetzelfde gebied is bekeken (Alferdinck, 2008ab).

In het eerste TNO-onderzoek van 13 maart 2008 is een analyse gemaakt van het onderzoek dat eerder was uitgevoerd door Witteveen en Bos (2008a). Er zijn berekeningen uitgevoerd met het TNO-model waarbij de luminantie op 15 graden boven de kas werd bepaald als functie van de afstand (2 km tot 10 km). Verder werden formules gepresenteerd voor het berekenen van de luminantie van de hemel in het zenit (90 graden boven de horizon) en van de horizontale en verticale verlichtingssterkte ten plaatse van de waarnemer. Deze formules zijn afgeleid uit berekeningen met het TNO-model. De formules beschrijven de meest

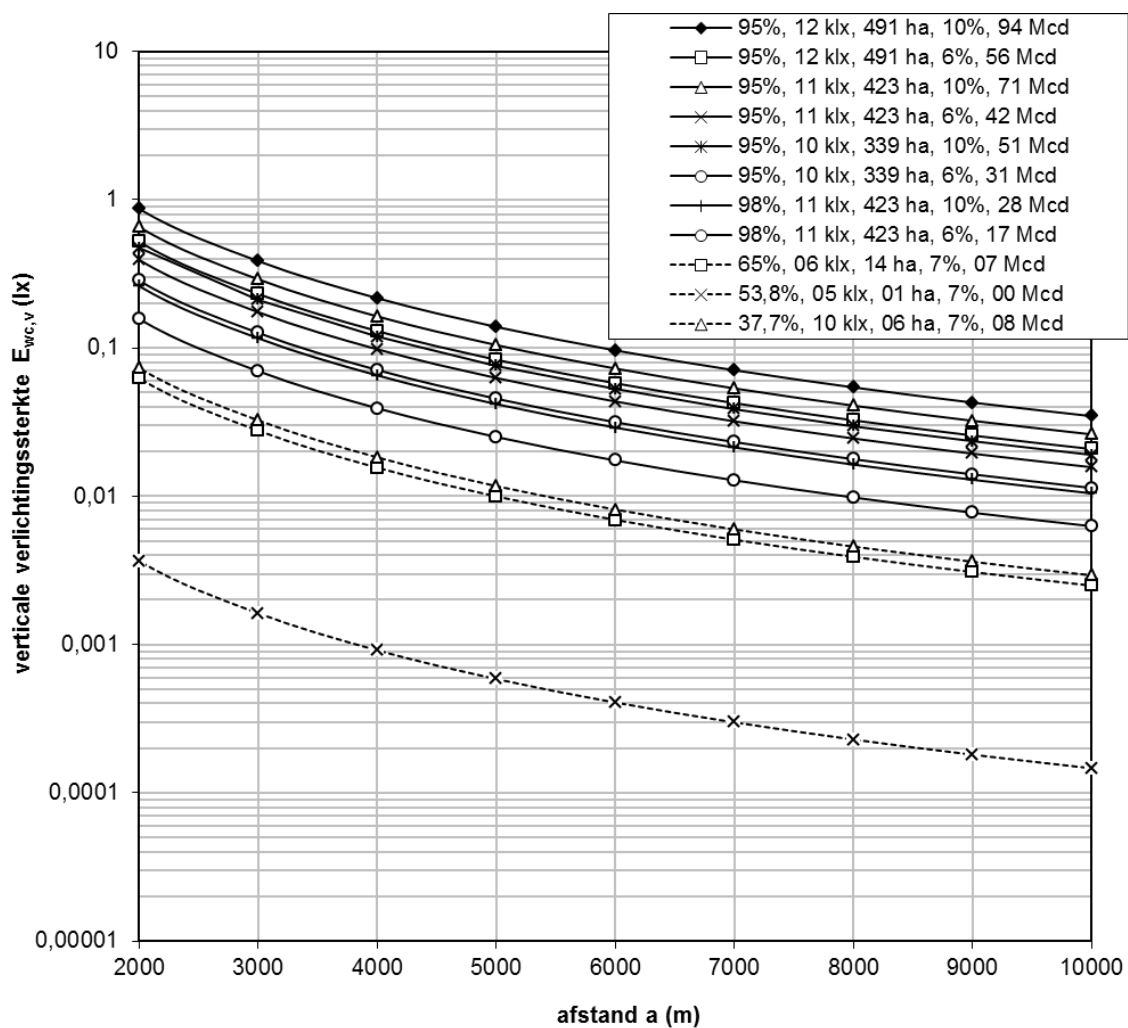
ongunstige situatie (worst-case) met een meteorologisch zicht die gelijk is aan 3,5 maal de waarnemingsafstand.

Er zijn toen horizontale verlichtingssterkten berekenend op verschillende afstanden van de Agriport A7 gebieden. Deze zijn in onderstaande Figuur 2 weergegeven. Ter vergelijking zijn nu ook de verticale verlichtingssterkte (in de richting van de kas) berekend. Deze staan in Figuur 3. De waarden van de verticale verlichtingssterkten zijn een factor 2,93 hoger. Dat is ook af te leiden uit formules (1) en (2).

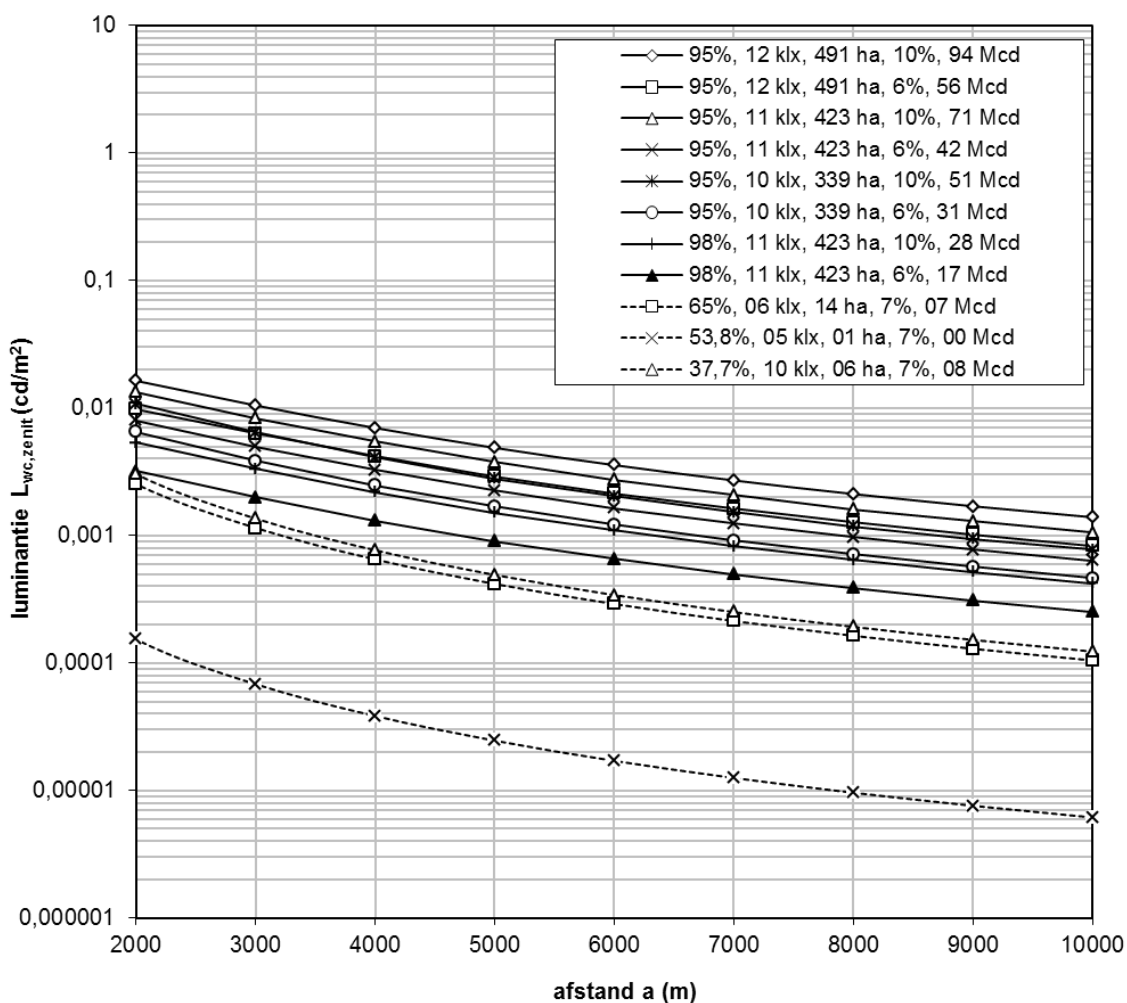
Ter vergelijking is nu ook de luminantie van de hemel in het zenit berekend (Figuur 4). Deze luminantie hangt samen met de horizontale en verticale verlichtingssterkte volgens de formules (1) en (2).



Figuur 2 Horizontale verlichtingssterkte ten gevolge van de gloed van kassen, in de worst-case situatie ($E_{wc,h}$) als functie van de afstand tot het midden van de kassen. Per conditie is achtereenvolgens weergegeven: afscherming van het bovendeck, verlichtingssterkte in de kas (E_h), oppervlakte, reflectie van het gewas, en de lichtsterkte van de kas (I_{kas}). De stippellijnen gelden voor de kassen uit het TNO-onderzoek (Jansen et al., 2006). Reeds eerder gepubliceerd in Alferdinck (2008a).



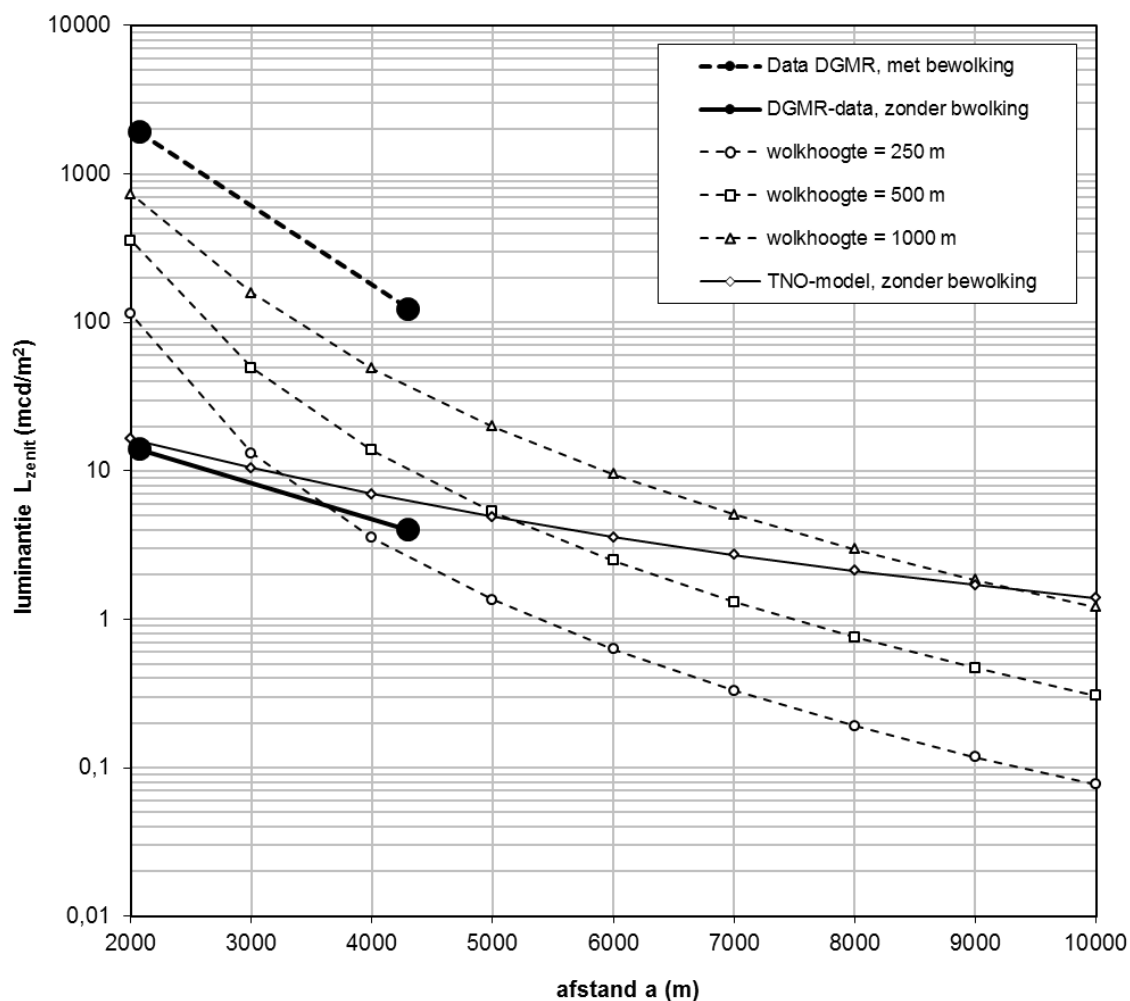
Figuur 3 Verticale verlichtingssterkte ten gevolge van de gloed van kassen, in de worst-case situatie ($E_{wc,v}$) als functie van de afstand tot het midden van de kassen. Per conditie is achtereenvolgens weergegeven: afscherming van het bovendeck, verlichtingssterkte in de kas (E_H), oppervlakte, reflectie van het gewas, en de lichtsterkte van de kas (I_{kas}). De stippellijnen gelden voor de kassen uit het TNO-onderzoek (Jansen et al., 2006).



Figuur 4 Luminantie van de gloed van kassen in het zenit (90 graden boven de horizon), in de worst-case situatie ($L_{wc, \text{zenit}}$) als functie van de afstand tot het midden van de kassen. De getallen gelden voor de conditie met de meeste lichtuitstoot. is achtereenvolgens weergegeven: afscherming van het bovendeck, verlichtingssterkte in de kas (E_h), oppervlakte, reflectie van het gewas, en de lichtsterkte van de kas (I_{kas}). De stippellijnen gelden voor de kassen uit het TNO-onderzoek (Jansen et al., 2006).

In het tweede TNO-onderzoek van 15 juli 2008 is de luminantie berekend van de wolken op verschillende hoogten (250 m, 500 m, 1000 m) boven een lichtgevende kas. Er zijn in die studie geen luminanties in het zenit en verlichtingssterkten op het maaiveld berekend.

Om een schatting te kunnen maken van de luminantie in het zenit met bewolking is een berekening uitgevoerd voor de conditie met de meeste lichtuitstoot van de studie uit 2008. Hierbij is verondersteld dat de bewolking 40% reflecteert en zich gedraagt als een diffuus reflecterend oppervlak op een bepaalde hoogte. De kas wordt hierbij voorgesteld als een cirkelvormig licht uitstralend oppervlak met dezelfde luminantie als de kas. De luminantie in het zenit kan worden berekend met standaard lichttechnische formules (Keitz, 1967). Er is geen rekening gehouden met verstrooiing of verzwakking door de atmosfeer. Het resultaat van deze berekeningen staat in onderstaande Figuur 5 voor drie verschillende wolkehoogtes.



Figuur 5 Luminantie van de gloed van kassen in het zenit (90 graden boven de horizon), als gevolg van een wolkendek op verschillende hoogte als functie van de afstand tot het midden van de kassen. De waarden zijn uitgerekend voor de conditie met de meeste lichtuitstoot van Figuur 2. Vergeleken met DGMR-data (berekend met IPOLicht-model), met en zonder bewolking (punt 2070 m en 4300 m, Tabel 3) en de luminantie uit het TNO-model, zonder bewolking (conditie met meeste lichtuitstoot, Figuur 4).

Ter vergelijking zijn ook de datapunten uit het DGMR-rapport toegevoegd voor de punten 2070 m en 4300 m, in de condities met en zonder bewolking (Tabel 3) en de luminantie in het zenit uit het TNO-model voor met meeste lichtuitstoot uit Figuur 4. Merk op dat het TNO-model geen rekening houdt met bewolking en dat langs de verticale assen van Figuur 4 en Figuur 5 respectievelijk, cd/m^2 en mcd/m^2 staat (factor 1000 verschil).

Bij het TNO-model, zonder bewolking, heeft de conditie op de werklocatie met de meeste lichtuitstraling op de afstanden 2000 m en 4000 m zenitluminanties van respectievelijk 16,4 en 7 mcd/m^2 . Deze waarden komen redelijk goed overeen met de zenitluminanties die berekend zijn met de DGRM-datapunten voor de conditie zonder bewolking, die berekend zijn met het IPOLicht-model. De DGMR-datapunten voor de conditie met bewolking liggen veel hoger dan voor de conditie zonder bewolking. Ze liggen ook nog wat hoger dan luminanties voor een wolkenhoogte van 1000 m, berekend met het wolkenmodel uit deze studie.

De conclusie van deze vergelijking is dat het TNO-model zonder bewolking goed overeenkomt met het IPOLicht-model zonder bewolking. Het IPOLicht-model met bewolking geeft, afhankelijk van de afstand, veel hogere waarden dan in de conditie zonder bewolking en geeft hierbij wat hogere waarden dan een eenvoudig wolkmodel met een wolkhoogte 1000 m en de wolkreflectie van 40%. Kennelijk worden in het IPOLicht-model andere waarden voor de parameters of andere atmosfeermodellen gebruikt. Navraag leert dat er in het IPOLicht-model een vuistregel is gehanteerd waarbij de hemelluminantie met bewolking tien keer het kwadraat van de hemelluminantie zonder bewolking is (persoonlijke communicatie met Wim Schmidt, Sotto le Stelle, 12-4-2018).

DISCUSSIE

WESTFRIESCHE VAART

In dit onderzoek is de lichthinder ten gevolge van deelgebied B berekend voor twee punten ter hoogte van de Westfriesche vaart. Er is bij de berekening geen rekening gehouden met eventuele afscherming door bosschages langs de vaart. Deze zullen een deel van het strooilicht afschermen, maar het er is niet nader bepaald welke reductie dit kan hebben op de gepresenteerde verlichtingssterkte ter hoogte van de vaart.

PROCENTUELE TOENAME

Uit de resultaten van het DGMR-rapport blijkt dat de procentuele toename (3% en 5%) van de hemelluminantie door het uitbreidingsgebied B groter is als de afstand groter is (2070 m en 4300 m). De vraag is of hiervoor een verklaring kan worden gegeven. Het gaat hier over de conditie met bewolking. Het is niet bekend hoe het IPOLicht-model precies werkt. Daarom is het ook moeilijk om hiervoor een eenduidige verklaring te geven. Maar een mogelijke verklaring kan zijn dat het middelpunt van de lichtbron in de twee condities (met en zonder uitbreiding met deelgebied B) zich niet op het zelfde punt bevindt. Immers, als een lichtbron op hetzelfde punt blijft in de twee condities verwacht je dat de procentuele toenames gelijk zouden zijn voor de twee afstanden.

LICHTHINDERMODELLEN

In dit onderzoek zijn de formules (1) en (2) afgeleid voor het berekenen van de horizontale en verticale verlichtingssterkte op het maaiveld uit de luminantie van de hemel in het zenit recht boven de waarnemer. Deze formules gelden als er sprake is van een gebied dat licht uitstraalt naar boven, zich op enige afstand van de waarnemer bevindt en zijn gebaseerd op berekeningen met het TNO-model. Er is aangenomen dat deze formules ook gelden voor de hemelluminanties die berekend zijn met het IPOLicht-model. Als het mogelijk zou zijn om met het IPOLicht de hemelluminantie niet alleen in het zenit maar in alle richtingen op de hemelkoepel te berekenen, dan zouden de formules nog beter onderbouwd kunnen worden.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit onderzoek zijn formules afgeleid voor het berekenen van de verticale en horizontale verlichtingssterkte uit de luminantie van de hemel in het zenit zoals die worden berekend met het IPOLicht-model.

Met de afgeleide formules zijn verlichtingssterkten berekend van de beoordelingspunten uit het DGMR-rapport en 8 extra beoordelingspunten.

Het blijkt dat de in 2008 uitgevoerde berekeningen voor de gehele werklocatie Agriport A7 goed kunnen worden gecorreleerd met lichtberekeningen uitgevoerd met het nieuwe IPOLicht-model voor situaties met een onbewolkte hemel. Bij een bewolkte hemel resulteren berekening met het IPO-Lichtmodel in wat hogere waarden dan bepaald met de lichtmodellen gebruikt in 2008.

De berekende verlichtingssterkten zijn vergeleken met de richtwaarden voor mens en natuur. Het blijkt dat een toename van verlichting in deelgebied B betrokken op een representatieve referentiesituatie niet resulteert in overschrijding van richtwaarden voor lichthinder voor mens en natuur voor alle beoordelingspunten voor de condities met/zonder bewolking.

Er is aangenomen dat de toegepaste formules voor het berekenen van de verlichtingssterkten ook toepasbaar zijn op de hemelluminanties die berekend zijn met het IPOLicht-model. Als het mogelijk zou zijn om met het IPOLicht de hemelluminantie niet alleen in het zenit, maar in alle richtingen op de hemelkoepel te berekenen, dan zouden de formules nog beter onderbouwd kunnen worden. Aanbevolen wordt het IPOLicht-model in de toekomst uit te breiden, zodat naast hemelluminantie in het zenit ook andere richtingen kunnen worden berekend alsmede de horizontale en verticale verlichtingssterkte.

REFERENTIES

- Alferdinck, J.W.A.M., E.G.O.N.Janssen, L.Zonneveldt, & J.Ruigrok (2006). *A model for predicting the sky glow of greenhouses*. In: Proceedings of conference Urban Nightscape 2006 (pp. 208-210). Thission, Greece: Hellenic Illumination Committee.
- Alferdinck, J.W.A.M. (2008a). *Rapportage lichthinder Agriport A7* (Notitie 13 maart 2008). Soesterberg: TNO Defensie en Veiligheid.
- Alferdinck, J.W.A.M. (2008b). *Luminantie van de wolken boven kassencomplex Agriport A7* (Notitie 15 juli 2008). Soesterberg: TNO Defensie en Veiligheid.
- CIE (2017). *Guide on limitation of the effects of obstrusive light from outdoor lighting installations, 2nd edition* (Publication CIE 150:2017). Vienna, Austria: International Commission on Illumination CIE.
- DGMR (2018) *Lichthinderonderzoek Agriport A7, deelgebied* (Rapport, 6 februari 2018), DGMR.
- ILP (2011). *Guidance notes for the reduction of obstrusive light* (Guidance notes GN01:2011). Institution of Lighting Professionals IPL.
- Janssen, E.G.O.N., Alferdinck, J.W.A.M., van Oel, C., Ruigrok, J., & Zonneveldt, L. (2006). *Tussenrapport Lichthinder kassen* (TNO-rapport 2006-D-R0409). Delft: TNO Bouw en Ondergrond.
- Keitz, H.A.E. (1967). *Lichtberechnungen und Lichtmessungen*. Eindhoven: N.V. Philips Gloeilampenfabriek.
- NSVV (2017). *Richtlijn lichthinder* (Commissie Lichthinder, januari 2017, 2de herziene druk). Ede: Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV.
- Witteveen en Bos (2008a). *MER Uitbreiding Agriport A7 - Groeilicht en lichthinder* (Rapport, definitief, 20 mei 2008). Deventer: Witteveen + Bos.
- Witteveen en Bos (2008b), *MER Uitbreiding Agriport A7- Hoofdrapport* (Rapport, definitief, 12 juni 2008). Zie <http://api.commissiemer.nl/docs/mer/p20/p2009/2009-50mer.pdf>
- Vos, J. & van Bergem-Jansen, P.M. (1995). *Greenhouse lighting side-effects: Community reaction*. Lighting Research and Technology, 27, (1), 45-51.

RICHTLIJNEN NSVV

In Tabel 11 worden de zones omschreven die worden gehanteerd door de NSVV (2017).
Tabel 12 geeft de maximum verticale verlichtingssterkte voor woningen in de verschillende zones.

Tabel 11 Omschrijving zones.

Zone	Omschrijving
E1	Gebieden met een zeer lage omgevingshelderheid. In het algemeen natuurgebieden en landelijke gebieden ver van woonkernen.
E2	Gebieden met een lage omgevingshelderheid. In het algemeen buitenstedelijke en landelijke (woon)gebieden.
E3	Gebieden met een gemiddelde omgevingshelderheid. In het algemeen stedelijke en (woon)gebieden.
E4	Gebieden met een hoge omgevingshelderheid. In het algemeen stedelijke en gebieden met nachtelijke activiteiten, zoals uitgaancentra en industriegebieden.

Tabel 12 Grenswaarden voor de verticale verlichtingssterkte ter plaatse van een vensteropening op de gevel van een omwonende.

Te hanteren parameter	Tijdperiode	Omgevingszone			
		E1	E2	E3	E4
Verlichtingssterkte E_v (lx) op de gevel	Dag en avond 07:00 h – 23:00 h	2 lx	5 lx	10 lx	25 lx
	Nacht 23:00 h – 07:00 h	1 lx	1 lx	2 lx	5 lx