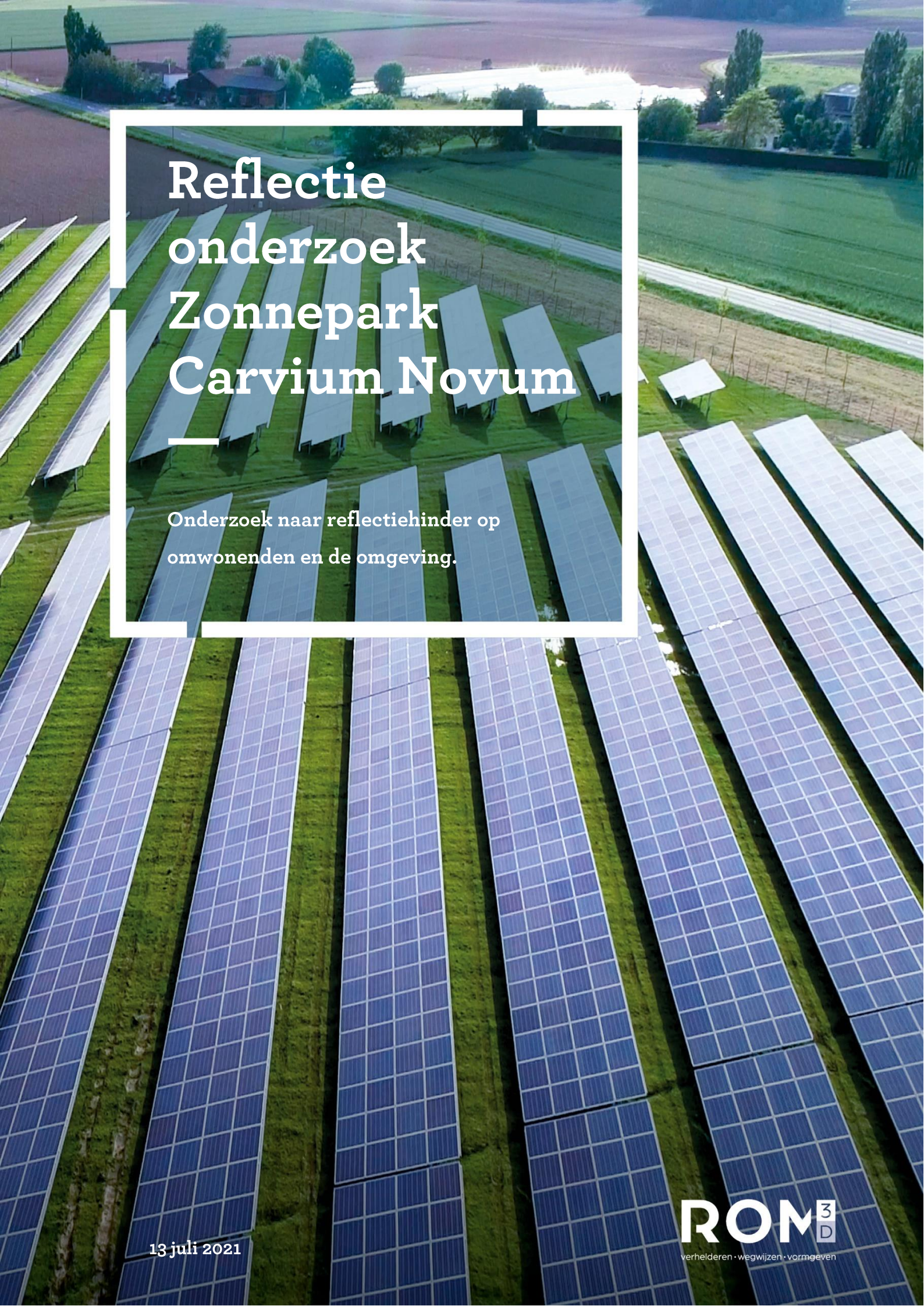




Reflectie onderzoek Zonnepark Carvium Novum

Onderzoek naar reflectiehinder op
omwonenden en de omgeving.

13 juli 2021

ROM^{3D}
verhelderen · wegwijzen · vormgeven

Reflectie onderzoek Zonnepark Carvium Novum

Onderzoek naar reflectiehinder op
omwonenden en de omgeving.

Opdrachtgever:

Wezendonk Zand en Grind BV

Dhr. W. Albers

Uitgevoerd door:

ROM₃D

Dillen Bruil, MSc

13 juli 2021

Inhoud

1	Introductie	4
2	Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie	5
2.1	Lichtreflectie	5
2.2	Verblinding	5
3	Methode van onderzoek	6
3.1	ForgeSolar Tool	6
	Werking van de ForgeSolar tool	6
	Reflectieprofielen	7
	Wat betekenen de resultaten van de tool	8
4	Resultaten	10
4.1	Uitgangspunten	10
4.2	Uitkomst reflectieonderzoek	11
	Waterpeil afwijkingen	14
5	Conclusie	15
6	Referenties	16

1 Introductie

Wezendonk Zand en Grind BV heeft plannen voor een drijvend zonnepark nabij Lobith aangeleverd. Het betreft zonnepark Carvium Novum, gelegen ten zuiden van de Eltenseweg tussen Elten (Duitsland) en Lobith. Eventuele reflectiehinder veroorzaakt door dit park kan inzichtelijk worden gemaakt met een reflectiestudie. Er is gevraagd om een dergelijke studie uit te voeren om de schittering te bepalen voor omwonenden en de omgeving. In de voorliggende rapportage wordt hierop ingegaan. De locatie van het te realiseren zonnepark kan gevonden worden in Figuur 1.1. In het gemarkeerde gebied zullen 4 zonne-eilanden gerealiseerd worden. Voor het reflectieonderzoek zal ROM3D uitgaan van eigenschappen zoals aangeleverd door de opdrachtgever.



Figuur 1.1: Links: Plas waar het drijvende zonnepark Carvium Novum komt, rechts: de locatie van het zonnepark aangeduid met de ster. Bron: Google Earth / Wezendonk Zand en Grind BV

2 Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie

Voor hinder ten gevolge van reflectie bestaat géén specifiek beleid of regelgeving. Voor hinder voor omwonenden geldt echter dat in het kader van een goede ruimtelijke ordening en het in standhouden van een goed woonklimaat alle relevante aspecten moeten worden meegenomen. Reflectiehinder kan in dit kader worden beschouwd.

2.1 LICHTREFLECTIE

Reflectie kan in bepaalde gevallen leiden tot – tijdelijke - verblinding. Bij TNO Defensie en Veiligheid is een rekenmodel ontwikkeld dat de verblinding kwantificeert aan de hand van de parameters:

- Verblindings-/verlichtingssterkte,
- Verblindingshoek,
- Achtergrondluminantie en
- Dynamische eigenschappen, zoals duur en knipperfrequentie.

Verblinding wordt omschreven als een witte waas in de ogen waardoor de omgeving niet meer kan worden waargenomen.

2.2 VERBLINDING

Verblinding treedt op als er zich in het gezichtsveld van de waarnemer een felle lichtbron bevindt die een veel hogere luminantie heeft dan de omgeving. De relatie met afleiding van personen is dat een felle lichtbron afhankelijk van de context (met name of het licht of donker is) meestal erg opvallend is en de aandacht kan trekken (los van het feit dat verblinding op zichzelf al onveiligheidsverhogend is).

Er zijn twee soorten verblinding: maskerende verblinding (disability glare) en oncomfortabele verblinding (discomfort glare). Maskerende verblinding werpt een sluier (sluierluminantie) over het beeld waardoor het waarneembare contrast en daarmee de zichtbaarheid van objecten vermindert. Oncomfortabele verblinding veroorzaakt ongemak zonder daadwerkelijk het zicht te belemmeren. In dit onderzoek wordt maskerende verblinding als toetsingscriterium gehanteerd om te bepalen of de reflectie hinderlijk of niet hinderlijk is.

3 Methode van onderzoek

De methode bestaat uit twee stappen:

Vaststellen van de variabelen voor de reflectiestudie:

- Definiëren van observatiepunten langs de opstellingen van zonnepanelen,
- Vaststellen van de specificaties van het zonnepark:
 - het type materiaal van de panelen,
 - wel of geen anti-reflectiecoating,
 - de hellingshoek,
 - de ligging,
 - de hoogte van de opstellingen,
 - de oriëntatie van de opstellingen.

Analyse op reflectie en verblinding met ForgeSolar model met de kans op voorkomen (op basis van berekende grafieken van dag en seizoen) van reflectie en kans op verblinding.

3.1 FORGESOLAR TOOL

Voor reflectiestudies maakt ROM3D gebruik van een speciaal hiervoor ontwikkelde tool: ForgeSolar. Deze tool maakt gebruik van de Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) van Sandia National Laboratories uit de VS. Over de achtergrondinformatie en opbouw van het model met aannames en berekeningswijze verwijzen wij naar de achtergronddocumentatie die op de website kan worden gevonden (www.forgesolar.com). Het model wordt in de VS standaard en met een verplicht karakter ingezet voor de ontwikkeling van zonneparken of andere reflecterende elementen dichtbij vliegvelden. Rijkswaterstaat heeft het gebruik van de SGHAT geaccepteerd als methode om de mogelijkheid van reflectie op weggebruikers te onderzoeken. Ook TNO ziet de SGHAT als een valide methode om reflectiehinder te onderzoeken (TNO, 2016).

Werking van de ForgeSolar tool

Over de opbouw van het model met aannames en berekeningswijze verwijzen wij naar de achtergronddocumentatie die op de website kan worden gevonden (<https://www.forgesolar.com/>).

De tool werkt samengevat met de volgende stappen:

1. Invoeren van de geografische afbakening van de opstellingen door polygonen te tekenen ter grootte van het oppervlak van de panelen in de ForgeSolar editor. In deze referentie zitten direct vele data gekoppeld zoals de opkomst, ondergang en loopbaan van de zon en zonnesterkte in de seizoenen, en ook topografische hoogte in het landschap. Begroeiing, bebouwing en landschapselementen worden niet meegenomen.

Keuze van specifieke karakteristieken van het zonnenveld: oriëntatie van de panelen (in graden), vaste opstelling of meedraaiend met de zon, hoogte en hellingshoek van de panelen, helling in het landschap, ruwheid van het zon-PV glas met of zonder anti-reflectiecoatings.

Markeren van posities (observatie punten) rond de panelen waarvoor de potentiële reflectie per zonnepanelen opstelling, in perfecte condities¹, wordt berekend.

Instellen van kijkhoogte van de observeerder.

Daarna wordt het model doorerekend met als uitkomst een gevaar/risicofiguur waarin verwachte reflectie wordt geplot gedurende het jaar in drie kleuren:

- Groen: Kleine kans op reflectie met nabeelden op het netvlies (niet hinderlijk), vergelijkbaar met oncomfortabele verblinding,
- Geel: Reële kans op nabeelden zonder oogschade (hinderlijk), vergelijkbaar met maskerende verblinding,
- Rood: Sterke reflectie met kans op permanente oogschade (gevaarlijk).

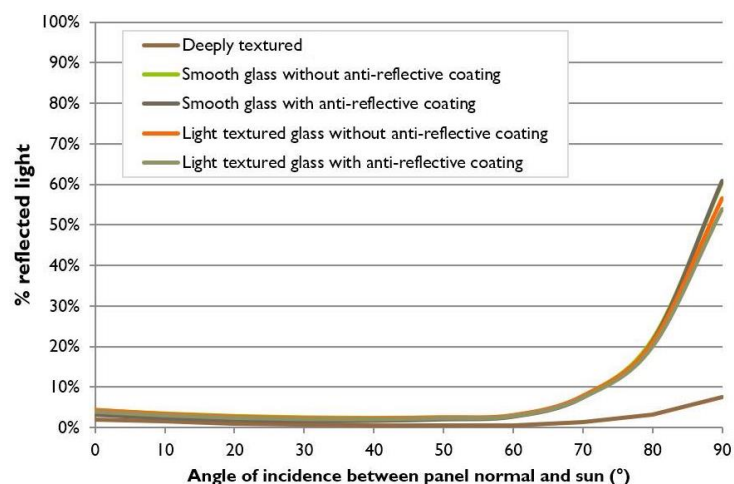
Reflectieprofielen²

Sandia National Laboratories heeft vijf generieke reflectie profielen ontwikkeld voor PV modules:

- *Smooth glass* (met en zonder anti-reflectiecoating)
- *Light textured glass* (met en zonder anti-reflectiecoating)
- *Deeply textured glass*

Deze profielen zijn tot stand gekomen door meer dan 20 bestaande PV modules te analyseren. Figuur 3.1 laat de reflectiviteit zien van elk ontwikkelde profiel als functie van de invalshoek van het zonlicht. Een hoek van 0° betekent hierin dat de panelen direct op de zon gericht staan. Een invalshoek van 90° komt dus voor als de panelen horizontaal liggen (helling van 0°) op moment dat de zon op komt en onder gaat.

Anti-reflectiecoatings (ARC) en oppervlakte textuur kunnen de reflectiviteit van panelen verminderen, maar dit is doorgaans minder dan 8%. Daar komt bij dat een ruwere textuur de grootte van de gezichtshoek van lichtbron kan vergroten (zie ook het hoofdstuk "Wat betekenen de resultaten van de tool"). Dit laatste komt omdat een ruwere textuur meer diffuse reflectie veroorzaakt.



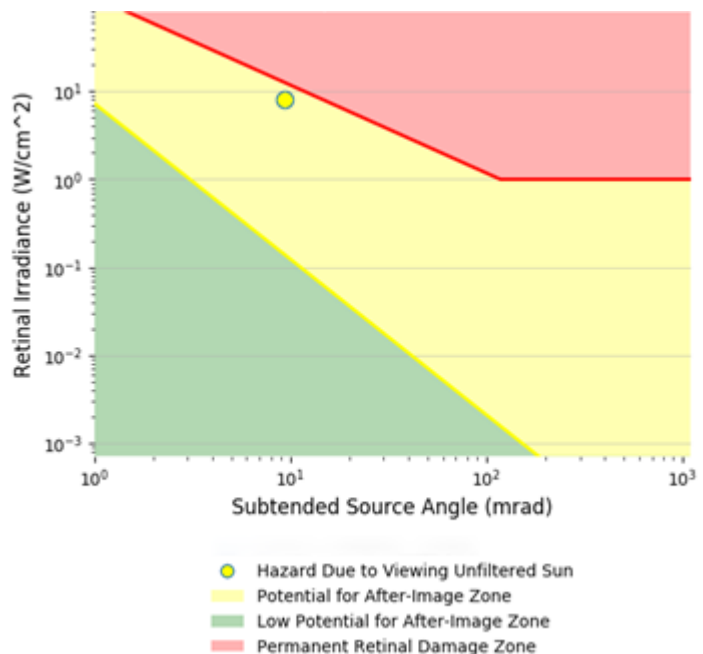
Figuur 3.1: Reflectiviteit ten opzichte van de invalshoek van het zonlicht voor de vijf generieke reflectie profielen (ForgeSolar, 2020).

¹ Perfecte condities: Geen atmosferische blokkade van zon instraling door bijvoorbeeld atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld smog) of wolken en geen tussenobjecten die reflectie of straling kunnen blokkeren zoals gebouwen of beplanting.

² Bron voor deze hele sectie: www.forgesolar.com (ForgeSolar, 2020)

Wat betekenen de resultaten van de tool

De ForgeSolar tool bepaalt het effect op het oog uit twee aspecten (de assen van de grafiek in Figuur 3.2): de kracht van de straling op het oog in W/cm^2 (retinal irradiance) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (subtended source angle). Een sterke lichtbron zal dus hoger op de verticale as in de grafiek te vinden zijn dan een zwakke lichtbron. Op de horizontale as is de grootte van de lichtbron weergegeven. Een kleine (punt) lichtbron staat verder naar links op de horizontale as dan een groot reflecterend vlak. De hoek van het oog naar de lichtbron is aangeduid in miliradianen. Een groter vlak zal sneller bij een lagere kracht tot hinder leiden dan een kleiner vlak. De gele lijn tussen het groene en gele deel duidt de omslag tussen geen en wel kans op nabeelden. Permanent schade aan het oog ontstaat als de lichtbron in het rode gebied terecht komt. Uiteraard speelt dan ook mee hoe lang de lichtbron zichtbaar is voor het oog.



Figuur 3.2: Tweedimensionaal ForgeSolar-plot van het effect van reflectie op het oog op basis van twee variabelen: de kracht van de straling op het oog in W/cm^2 (retinal irradiance) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (subtended source angle). De kleuren geven het soort reflectie aan en de gele stip duidt ter referentie het gevaar/risico aan van het kijken naar de zon op een heldere dag met het blote oog. Als het onderzoek uitgevoerd is zal met oranje stippen het gevaar/risico op een observatiepunt aangeduid worden.

TNO (TNO, 2016) bepaalt maskerende verblinding (disability glare) op basis van enkele variabelen:

- Verblindings-/verlichtingssterkte,
- verblindingshoek,
- achtergrondluminantie en
- dynamische eigenschappen, zoals duur en knipperfrequentie.

De eerste twee variabelen vormen ook de basis in de ForgeSolar tool. Achtergrondluminantie en knipperfrequentie worden niet meegenomen.

De uitkomsten van de ForgeSolar tool worden strenger beoordeeld dan de uitkomsten van de TNO disability glare methode. De duur van de overschrijding van de lichthinder volgens de TNO disability beoordelingsmethode is gemiddeld 64% van de ForgeSolar tool. Maskerende verblinding werpt volgens TNO een sluier (sluierluminantie) over het beeld waardoor het waarneembare contrast en daarmee de zichtbaarheid van objecten vermindert. De ForgeSolar tool geeft de kans op nabeelden (after image) en oogschade (retinal damage) aan. Dit zijn graadmeters voor het inschatten van de kans op verblinding. Maskerende verblinding kan gaan optreden in het gele gebied van de ForgeSolar-plot en zal vrijwel zeker

optreden in het rode gebied. Indien de reflectieresultaten in het groene gebied liggen zal er geen reflectie met kans op maskerende verblinding optreden. Als geen enkele reflectie optreedt is er uiteraard ook geen kans op (maskerende) verblinding. In dit onderzoek wordt gesproken van hinder als de reflectie in het gele of rode gebied ligt.

In het kort

In dit onderzoek wordt gesproken van reflectiehinder in geval van maskerende verblinding. ForgeSolar geeft een goede indicatie van kans op maskerende verblinding door te bepalen of er sprake is van zogenoemde “gele” of “rode” reflectie, die in de uitkomsten van de figuren respectievelijk geel en rood gemarkeerd zijn.

4 Resultaten

4.1 UITGANGSPUNTEN

Voor de analyse van eventuele reflectie afkomstig van het Zonnepark Carvium Novum is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

- Maximale hoogte panelen³: 1.0 meter⁴
- Hellingshoek panelen: 30°
- Meedraaiend met de zon: Ja
- Reflectie profiel: Smooth glass met anti-reflectiecoating (ARC)
 - Bijbehorende 'slope error'⁵: Correleert met materiaal⁶
- Tijdzone: UTC +1 (wintertijd)

De reflecties zijn berekend voor 10 observatiepunten (OP), zie hiervoor ook Figuur 4.1. Het gaat om 5 adressen en 5 punten in de omgeving: 2 in de Damstraat en 3 langs de te realiseren natuurvriendelijke oever waar een fietspad komt. Voor de adressen en het fietspad is een ooghoogte van 1.70 meter boven maaiveld aangehouden. In de Damstraat kijkt men op deze hoogte tegen de dijk en de dijkbeplanting aan. Daarom is hier een ooghoogte van 4.0 meter boven maaiveld gebruikt. Dit geeft een indruk van eventuele reflectiehinder op de eerste verdieping.

- OP 1). Eltenseweg 3a
- OP 2). Eltenseweg 5
- OP 3). Eltenseweg 9a (grenswinkel)
- OP 4). Eltenseweg 10
- OP 5). Zwartesluis 29

- OP 6). Damstraat 1 (zuiden)
- OP 7). Damstraat 2 (noorden)

- OP 8). Fietspad 1
- OP 9). Fietspad 2
- OP 10). Fietspad 3

³ Boven topografische hoogte van het maaiveld.

⁴ Maximale hoogte van de hellende panelen. Voor de berekeningen is deze hoogte voor de zonnepanelen gebruikt.

⁵ De 'slope error' is verantwoordelijk voor de lichtbundelverstrooiing op de zonnepanelen (grotere verstrooiing zorgt voor minder hinderlijke reflectie).

⁶ Voor meer informatie zie achtergronddocumentatie op de website van de tool (www.forgesolar.com)



Figuur 4.1: Ingetekende zonne-eilanden (transparant blauwe vlakken) met daarbij de observatiepunten waarvoor de reflectie berekend wordt.

Het hoogtemodel waar de ForgeSolar tool gebruik van maakt bleek niet toereikend/nauwkeurig genoeg. Daarom zijn de hoogtes herbepaald via het AHN3 (Actueel Hoogtebestand Nederland, www.ahn.nl). Voor de zonne-eilanden is een waterpeil van 10.20 m +NAP aangehouden (Van der Molen Groenconsult, 2008).

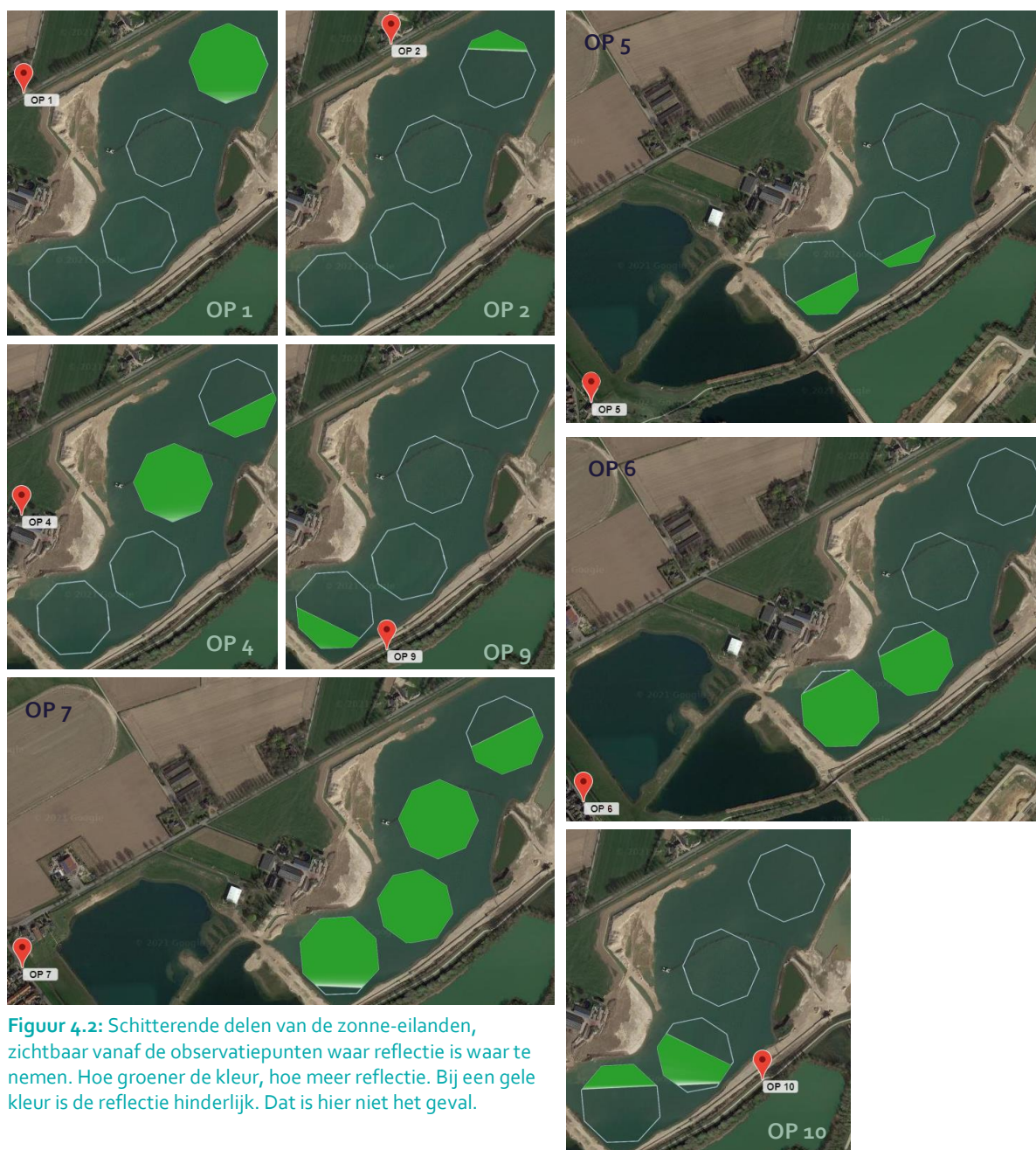
4.2 UITKOMST REFLECTIEONDERZOEK

De berekende reflectietijden in de ForgeSolar tool zijn niet gecompenseerd voor wolken. TNO (TNO, 2016) beschrijft dat de totale reflectietijd door drie gedeeld kan worden om tot een realistische reflectie tijd te komen; in Nederland is er voor 2/3 deel van het jaar sprake van bewolkte omstandigheden. De schittering is berekend met panelen die van glad glas gemaakt zijn, met anti-reflectiecoating, die meedraaien met de zon.

De resultaten van het reflectieonderzoek: de reflectietijden in uren per jaar die wel gecompenseerd zijn voor bewolking, kunnen in Tabel 4.1 gevonden worden. Per observatiepunt is de totale hoeveelheid reflectie afkomstig van alle eilanden samen weergegeven. Uit het onderzoek blijkt dat er geen hinder ondervonden zal worden van de reflectie. Er is wel reflectie te zien die niet hinderlijk is. De resultaten zijn dan ook bedoeld om inzicht te geven in deze niet hinderlijke reflectie.

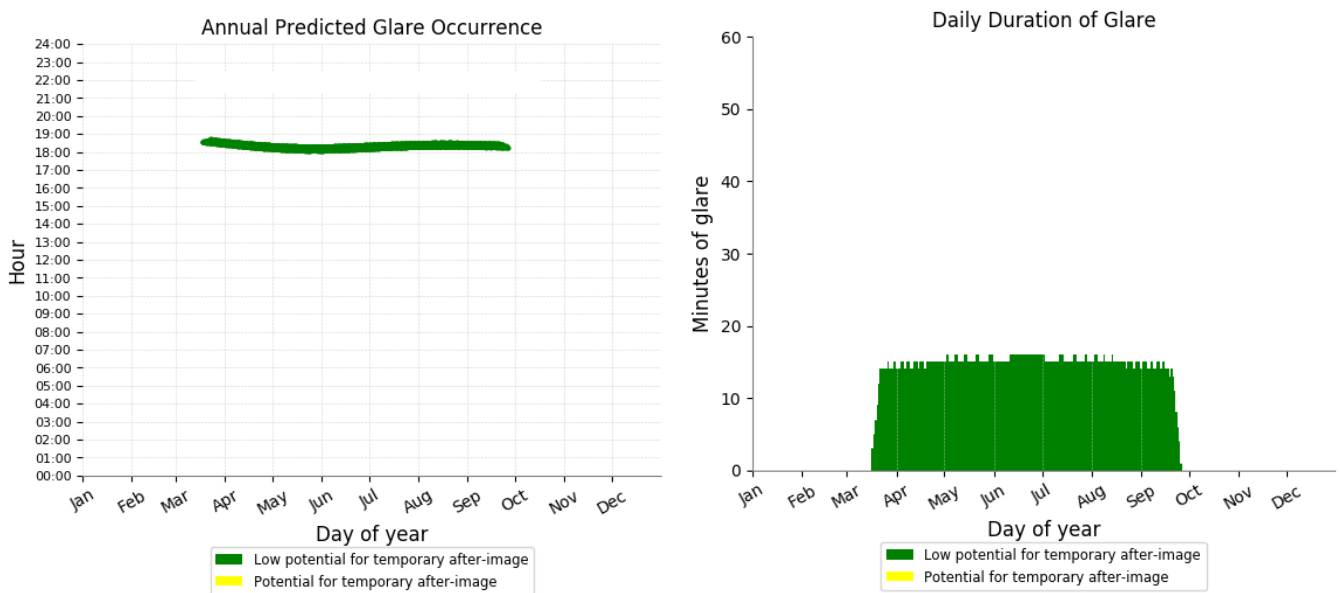
Tabel 4.1: Totale gecompenseerde groene en gele reflecties per observatiepunt in uren per jaar.

Observatiepunt	Groene reflectie	Gele reflectie
1 - (Eltenseweg 3a)	9.0	0.0
2 - (Eltenseweg 5)	4.8	0.0
3 - (Eltenseweg 9a)	0.0	0.0
4 - (Eltenseweg 10)	21.8	0.0
5 - (Zwartesluis 29)	9.7	0.0
6 - (Damstraat 1)	16.6	0.0
7 - (Damstraat 2)	21.5	0.0
8 - (Fietspad 1)	0.0	0.0
9 - (Fietspad 2)	16.1	0.0
10 - (Fietspad 3)	19.8	0.0



Figuur 4.2: Schitterende delen van de zonne-eilanden, zichtbaar vanaf de observatiepunten waar reflectie is waar te nemen. Hoe groener de kleur, hoe meer reflectie. Bij een gele kleur is de reflectie hinderlijk. Dat is hier niet het geval.

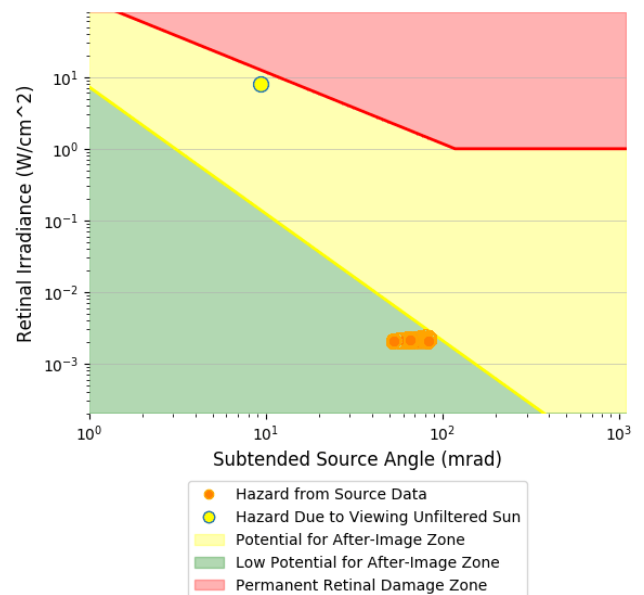
Zoals te zien is in Tabel 4.1 wordt er geen hinderlijke reflectie waargenomen op de onderzochte observatiepunten. Bij de Grenswinkel (observatiepunt 3) is er helemaal geen reflectie waar te nemen, net als op observatiepunt 8. Op de andere observatiepunten zal de hinder die te zien is niet tot hinder leiden. Figuur 4.2 laat de bron zien van waar de schittering vandaan komt voor de observatiepunten. Te zien is dat alle reflectie groen is. Overall waar geen schittering is ingekleurd is er ook geen schittering waar te nemen vanaf het observatiepunt. De tijd en duur dat de schittering zichtbaar is, is afhankelijk van het observatiepunt. In Figuur 4.3 is de tijd en duur voor observatiepunt 4 weergegeven. Hierin is te zien dat van half maart tot eind september tussen 19.00 en 20.00 uur (zomertijd) ongeveer een kwartier lang niet hinderlijke schittering waargenomen kan worden vanaf dit observatiepunt.



Figuur 4.3: Totale tijd wanneer schittering wordt waargenomen vanaf observatiepunt 4. Links het tijdstip, rechts de totale duur. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur groen is zal niet hinderlijke schittering waargenomen kunnen worden.

De mate van hinder wordt ook duidelijk uit Figuur 4.4, waarin te zien is dat alle reflectie in het groene gebied ligt. In deze figuur zijn alle observatiepunten gecombineerd omdat de mate van hinder vergelijkbaar is.

Waar er in Tabel 4.1 rekening is gehouden met bewolking is dat niet het geval in Figuur 4.2, Figuur 4.3 en Figuur 4.4. Door bewolking en atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld nevel) kan de instraling op het oog afnemen (*retinal irradiance* - de verticale as van Figuur 4.4). De mate van hinder zal hierdoor afnemen en verder het groene gebied inschuiven. In de praktijk zal er dan ook minder hinderlijke reflectie plaatsvinden dan in deze figuren geschetst is.



Figuur 4.4: Gevaarplot van de zonne-eilanden op de observatiepunten gecombineerd.

Waterpeil afwijkingen

Het gegeven dat de zonnepanelen drijven op de plas betekent ook dat de hoogte van de zonnepanelen variabel is. Met een fluctuerende waterpeil, kan ook het hoogteverschil met de omgeving af- of toenemen. Een hogere en lagere waterpeil zijn ook onderzocht. Er is gekeken naar de totale reflectie afkomstig van elk zonne-eiland op alle observatiepunten samen. Op deze manier kan een snel inzicht verkregen worden van het effect van een wisselend waterpeil op de reflectie afkomstig van de zonne-eilanden. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een waterpeil dat een halve meter lager en hoger ligt dan het uitgangspunt van dit onderzoek, dus respectievelijk 9.7 meter en 10.7 meter +NAP. De verschillen zijn te zien in Tabel 4.2. De tijden zijn gecompenseerd voor bewolking.

Tabel 4.2: Totaal gecompenseerde groene en gele reflecties per zonne-eiland in uren per jaar en het effect van een lager (-0.5 m) en hoger (+0.5 m) waterpeil

Zonne-eiland	Uitgangspunt onderzoek (10.2 m +NAP)		Lager waterpeil (9.7 m +NAP)		Hoger waterpeil (10.7 m +NAP)	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
Eiland 1	38.8	0.0	40.9	0.0	36.6	0.0
Eiland 2	32.7	0.0	34.6	0.0	30.9	0.0
Eiland 3	23.6	0.0	24.2	0.0	22.9	0.0
Eiland 4	24.3	0.0	24.9	0.0	23.6	0.0

Uit de verschillen blijkt dat een fluctuerend waterpeil nauwelijks effect heeft op de totale duur. Een waterstand van een halve meter hoger of lager scheelt maximaal 2 uur per jaar voor het hele zonne-eiland op alle observatiepunten samen. De mate en bron van de hinder zijn vergelijkbaar met de situatie in het uitgangspunt en het tijdstip van waarnemen ook. Alleen de duur, afhankelijk van de locatie en situatie, is iets langer of korter.

5 Conclusie

Op alle onderzochte observatiepunten is er geen hinderlijke reflectie waar te nemen. Op de meeste locaties is er wel reflectie zichtbaar, maar zal deze niet tot hinder leiden. Hinder is in deze gedefiniëerd als de kans op (tijdelijke) verblinding en nabeelden.

Een hogere of lagere waterstand in de plas verandert de uitkomsten qua reflectie nauwelijks. Alleen de duur dat de niet hinderlijke reflectie zichtbaar is, is afwijkend van het uitgangspunt (10.2 m +NAP)

6 Referenties

ForgeSolar. (2020). *Module Reflectance Profiles*, Release 2020.04. Opgeroepen op 10 mei, 2020, van

ForgeSolar Help: <https://www.forgesolar.com/help/#reflectivity>

TNO. (2016). *Lichthinder zonreflectie voor weggebruikers – ontwikkeling beoordelingsmethode op basis van disability glare*. TNO 2016 R10690.

Van der Molen Groenconsult. (2008). *Inrichting en beheer natuurterrein Carvium Novum Lobith*. Lobith.