



Reflectie onderzoek zonnepark De Horst, Epe

Onderzoek naar reflectiehinder op
weggebruikers en omwonenden, afkomstig
van het beoogde zonnepark De Horst

22 januari 2021

ROM³_D
verhelderen · wegwijzen · vormgeven

Reflectie onderzoek zonnepark De Horst, Epe

Onderzoek naar reflectiehinder op
weggebruikers en omwonenden, afkomstig
van het beoogde zonnepark De Horst

Opdrachtgever:

BügelHajema, in opdracht van Statkraft
Ruben de Groot

Uitgevoerd door:

ROM_{3D}
Dillen Bruil, MSc

22 januari 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.....	7
3.1	Modeluitkomst	7
4	Resultaten	8
4.1	Uitgangspunten.....	8
4.2	Uitkomst reflectieonderzoek.....	11
	Automobilisten	11
	Vrachtwagenchauffeurs	14
	Omwonenden	15
4.3	Inpassingsplan	17
5	Conclusie	18
6	Referenties.....	19
7	Bijlagen	20
	Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek.....	20
	Bijlage 2 – Achtergrond informatie ForgeSolar tool	21
	Werking van de ForgeSolar tool	22
	Reflectieprofielen	23
	Wat betekenen de resultaten van de tool	23

1 Introductie

BügelHajema heeft, in opdracht van Statkraft, plannen voor een zonnepark gelegen aan de Oenerweg 46 te Epe aangeleverd aan ROM3D. 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 weggebruikers van de A50, weggebruikers van omliggende straten en omwonenden. In de voorliggende rapportage wordt hierop ingegaan. Het te realiseren zonnepark is ontsloten door de A50 in het westen, het Apeldoorns Kanaal in het oosten, de Drachterweg in het zuiden en de Oenerweg in het Noorden, zie ook Figuur 1.1. Voor het reflectieonderzoek zal ROM3D uitgaan van eigenschappen zoals aangeleverd door de opdrachtgever.



Figuur 1.1: Links: in blauw de locatie van zonnepark De Horst, rechts geeft de locatie van het zonnepark weer bij de ster.

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.

Er zijn wel richtlijnen voor het wegverkeer opgesteld. Rijkswaterstaat heeft in samenwerking met TNO onderzocht wanneer en in welke mate reflectie hinder of verblinding voor de weggebruiker kan opleveren, met name veroorzaakt door geluidsschermen.

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. Rijkswaterstaat heeft een voorkeur voor

het hanteren van maskerende verblinding als toetsingscriterium. In dit reflectieonderzoek wordt oncomfortabele verblinding daarom niet verder behandeld.

3 Methode van onderzoek

De methode bestaat uit twee stappen:

1. 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.
2. Analyse op reflectie en verblinding met het ForgeSolar model met de kans op voorkomen (op basis van berekende grafieken van dag en seizoen) van reflectie en kans op verblinding.

3.1 MODELUITKOMST

In dit onderzoek wordt gesproken van reflectiehinder in geval van maskerende verblinding. Het gebruikte model, 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. Een volledige beschrijving van de methode en achtergrondinformatie over ForgeSolar kan gevonden worden in Bijlage 2.

4 Resultaten

4.1 UITGANGSPUNTEN

Voor de analyse van eventuele reflectie afkomstig van het zonnepark De Horst, Epe is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

— Hoogte panelen boven grond ¹ :	1.45 meter ²
— Hellingshoek panelen:	15°
— Meedraaiend met de zon:	Nee
— Oriëntatie panelen:	180°
— Panelen materiaal:	Smooth glass
○ Bijbehorende 'slope error' ³ :	Correleert met materiaal ⁴
○ Anti-reflectiecoating (ARC):	Ja
— Ooghoogte automobilist:	1.20 meter ^{5,6}
— Ooghoogte vrachtwagenchauffeur:	2.50 meter ⁶
— Ooghoogte omwonenden:	1.70 meter
— Tijdzone:	UTC +1 (wintertijd)

De reflecties voor weggebruikers zijn berekend voor 20 observatiepunten op de A50 en omliggende wegen, zie hiervoor ook Figuur 4.1:

1. A50 noordelijke rijrichting:	Eerste punt waar het zonnepark zichtbaar is achter de bosschages
2. A50 noordelijke rijrichting:	Direct na de bosschages voor het zonnepark
3. A50 noordelijke rijrichting:	Ter hoogte van het begin van het zonnepark
4. A50 noordelijke rijrichting:	Halverwege het westelijk deel van het zonnepark
5. A50 zuidelijke rijrichting:	Eerste punt waar het zonnepark zichtbaar is achter de bosschages
6. A50 zuidelijke rijrichting:	Direct na de bosschages voor het zonnepark
7. A50 zuidelijke rijrichting:	Ter hoogte van het begin van het zonnepark
8. A50 zuidelijke rijrichting:	Halverwege het westelijk deel van het zonnepark

¹ Boven topografische hoogte van het maaiveld gemeten via het AHN.

² Gemiddelde hoogte van de hellende panelen. Voor de berekeningen is deze hoogte voor de zonnepanelen gebruikt..

³ De 'slope error' is verantwoordelijk voor de lichtbundelverstrooiing op de zonnepanelen (grotere verstrooiing zorgt voor minder hinderlijke reflectie).

⁴ Voor meer informatie zie achtergronddocumentatie op de website van de tool (www.forgesolar.com)

⁵ Zelfde hoogte als referentiehoogte automobilist in TNO onderzoek (TNO, 2016).

⁶ Referentie hoogtes van weggebruikers genoemd in Tabel 17 (SWOV, 2014)

- 9. Drachterweg: Oostkant van de straat
- 10. Drachterweg: Halverwege de straat
- 11. Drachterweg: Westkant van de straat

- 12. Kanaalweg: Plek waar je tussen de bosschages aan de zuidoostkant van het zonnepark door kan kijken naar het zonnepark
- 13. Kanaalweg: Ter hoogte van de Drachterweg
- 14. Kanaalweg: Op 1/3 van het zonnepark
- 15. Kanaalweg: Op 2/3 van het zonnepark
- 16. Kanaalweg: Ter hoogte van het begin/eind van het zonnepark
- 17. Kanaalweg: Plek waar je tussen de bosschages aan de noordoostkant van het zonnepark door kan kijken naar het zonnepark
- 18. Kanaalweg: Op de kruising met de Oenerweg

- 19. Oenerweg: Eerste plek voorbij de bosschages noord van het zonnepark en oost van Oenerweg 46, waar je zicht hebt op het zonnepark
- 20. Oenerweg: Bij het viaduct over de A50



Figuur 4.1: Ingetekende zonnepark met daarbij de observatie punten voor de weggebruikers.

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). De hoogtes van het maaiveld onder het zonnepark en van de observatiepunten kunnen in Tabel 4.1 gevonden worden.

Tabel 4.1: Maaiveldhoogtes in meter boven NAP onder het zonnepark en van de observatiepunten. Voor locaties zie ook Figuur 4.1.

Locatie	Hoogte (m +NAP)
Zonnepark	6.2
A50	7.5
Drachterweg en Kanaalweg zuid van zonnepark	7.0
Kanaalweg (observatiepunt 14, 16 – 18)	6.8
Kanaalweg (observatiepunt 15)	6.5
Oenerweg (observatiepunt 19)	11.8
Oenerweg (observatiepunt 20)	13.3

De reflectie voor omwonenden is berekend voor 6 observatiepunten, zie hiervoor ook Figuur 4.2. ook voor de observatiepunten van de omwonenden zijn de hoogtes via het AHN3 bepaald. Deze hoogtes staan hieronder bij vermeld:

1. Oenerweg 46 (6.5 m)
2. Oenerweg 50 (6.1 m)
3. Horsterweg 4 (7.8 m)
4. Drachterweg 7 (7.2 m)
5. Tussen Drachterweg 3 en 5 in (7.2 m)
6. Oostelijk van Drachterweg 1 (7.2 m)



Figuur 4.2: Ingetekende zonnepark met daarbij de observatie punten voor de omwonenden.

4.2 UITKOMST REFLECTIEONDERZOEK

De berekende reflectietijden in de Forgesolar tool zijn niet gecompenseerd voor wolken en filtering door autoruiten. 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. Ook autoruiten zwakken licht af. De transmissie van autoruiten moet minimaal 75% zijn, net als in het onderzoek van het TNO is dit ook in dit onderzoek aangehouden. De schittering is berekend met panelen die van glad glas gemaakt zijn, met anti-reflectiecoating, die niet meedraaien met de zon.

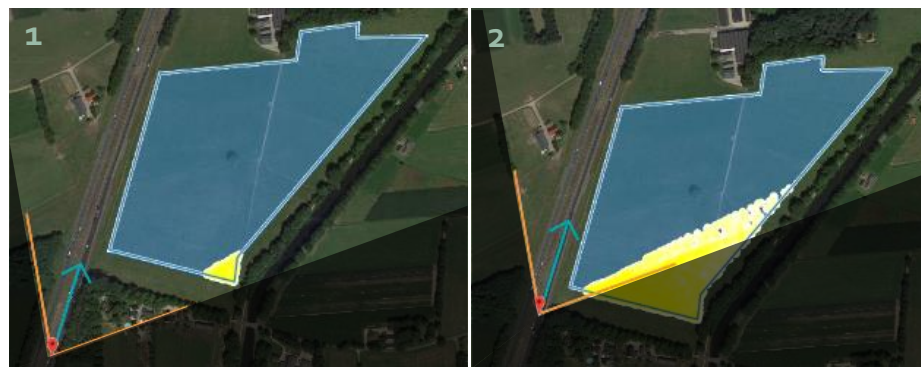
Automobilisten

De resultaten van het reflectieonderzoek: de reflectietijden in uren per jaar die wel gecompenseerd zijn voor bewolking en filtering door autoruiten, kunnen in Tabel 4.2 gevonden worden.

Tabel 4.2: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor automobilisten in uren per jaar.

Observatie punt	Groene reflectie	Gele reflectie	Observatie punt	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0.0	0.7	11	0.0	8.2
2	0.0	11.7	12	0.0	0.0
3	0.0	17.1	13	0.0	0.1
4	0.0	18.3	14	0.0	11.3
5	0.0	0.0	15	0.0	4.7
6	0.0	1.6	16	0.0	6.5
7	0.0	4.7	17	0.0	0.0
8	0.0	14.8	18	0.0	0.0
9	0.0	0.0	19	0.0	0.0
10	0.0	4.6	20	0.0	0.0

Zoals te zien is, is alle hinder die waargenomen kan worden hinderlijk. Vanaf de observatiepunten die ten noorden van de Oenerweg nr. 46 liggen (5, 17, 18, 19 en 20) is er geen reflectie waar te nemen. Dat geldt ook voor observatiepunten 9 en 12. Niet alle observatiepunten waarop hinder waar te nemen is leidt ook daadwerkelijk tot hinder voor het verkeer. Het beoordelingsveld van weggebruikers wordt begrenst bij 27 graden naar links en 53 graden naar rechts (TNO, 2016). Alle reflectie die buiten het beoordelingsveld van de



Figuur 4.3: Schitterende delen van de zonnepanelen voor alle observatiepunten waar hinderlijke reflectie is waar te nemen. Hoe geler de kleur, hoe meer reflectie. De blauwe pijlen indiceren de rijrichting met het beoordelingsveld van de weggebruiker in oranje. Alles buiten het beoordelingsveld is donkerder gemaakt.

weggebruiker valt, zal niet tot hinderende verblinding leiden. In Figuur 4.3 is de oorsprong te zien van waar de schittering vandaan komt voor alle observatiepunten waarop hinderlijke reflectie is waar te nemen. Voor al deze observatiepunten zijn

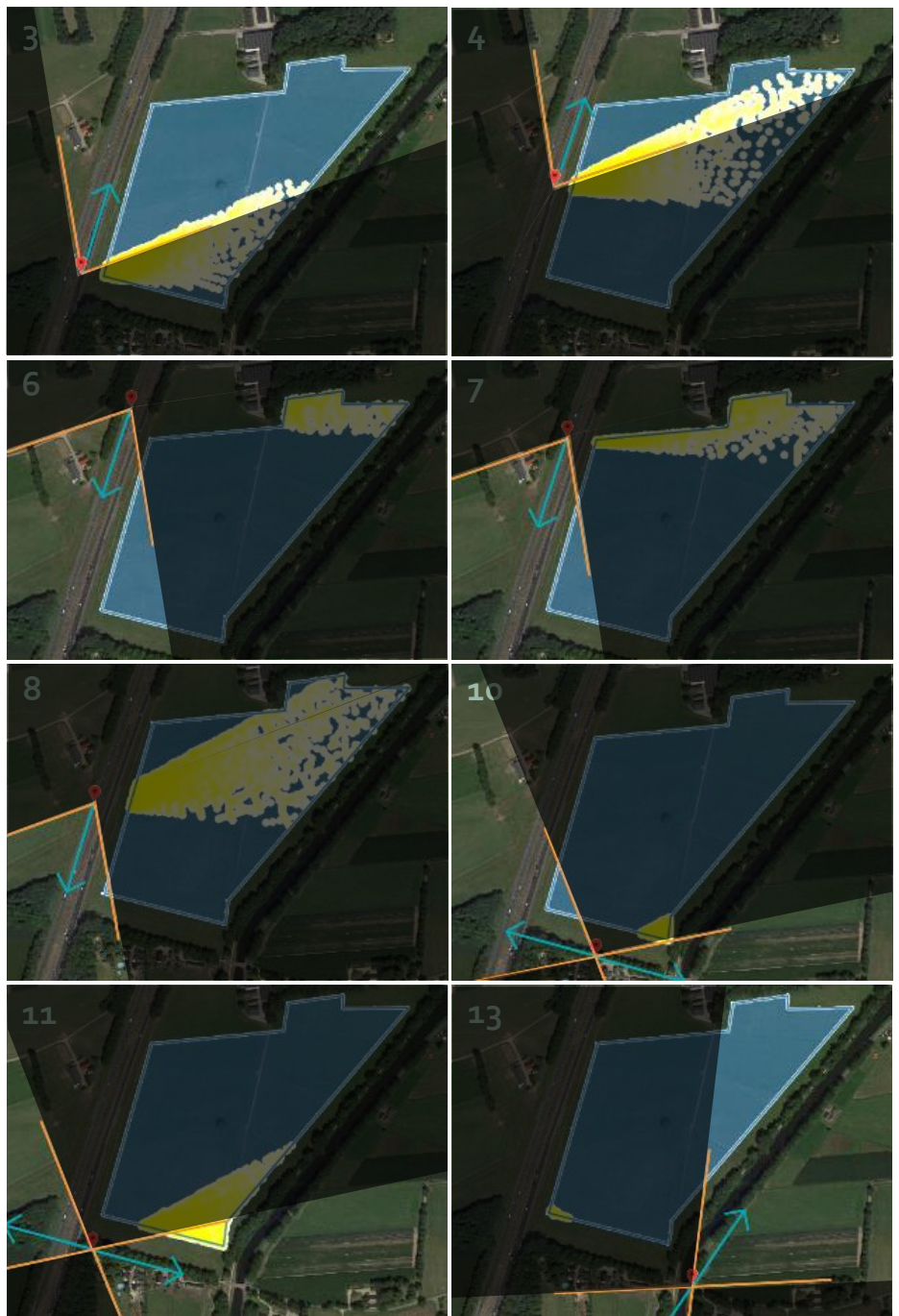
ook het beoordelingsveld naar links en rechts weergegeven. Alles buiten het beoordelingsveld is donkerder gemaakt in de afbeelding.

Van de in Figuur 4.3 weergegeven observatiepunten is er op een aantal punten geen hinder voor de automobilisten, omdat ze de schitterende delen van het zonnepark niet kunnen zien. Voor de observatiepunten 6, 7, 8, 10 en 13 valt alle reflectie buiten het beoordelingsveld van de automobilist. Op observatiepunt 1 zal de beplanting langs de A50 alles blokkeren.

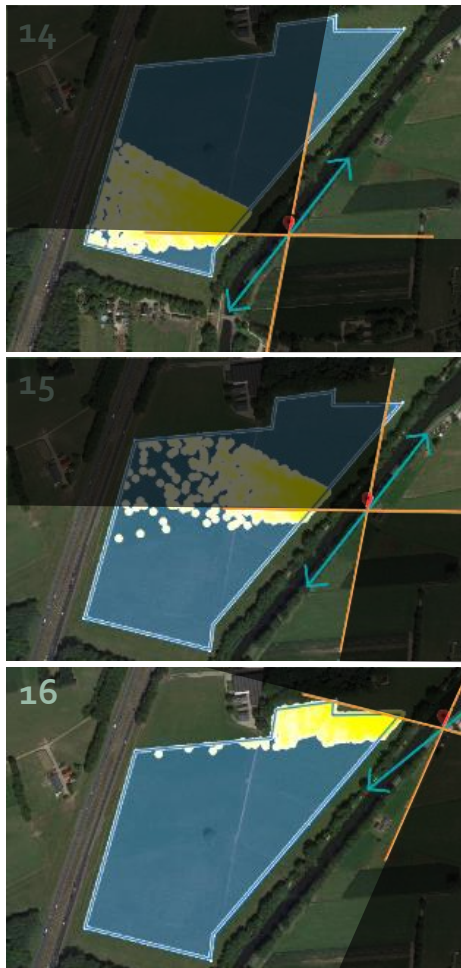
De berekeningen zijn uitgevoerd uitgaande van de gemiddelde hoogte van het zonnepark: 1.45 m boven maaiveld. De bovenkant van het zonnepark ligt op 2.1 m boven maaiveld. Dat betekent dus dat de automobilisten die over de kanaalweg rijden geen hinder zullen ondervinden van de reflectie omdat ze tegen de achterkant van de

zonnepanelen aankijken, de bovenkant van de panelen liggen namelijk op 8.3 m + NAP en de ooghoogte van bestuurders is 8 m + NAP, zie ook de uitgangspunten in paragraaf 4.1 en Tabel 4.1 voor de hoogtes waarmee gerekend is.

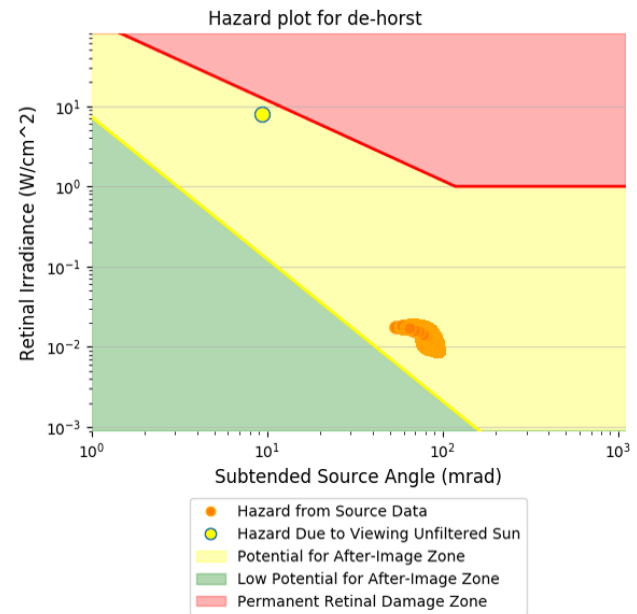
De enige observatiepunten waar dus hinder ondervonden kan worden zijn dus 2, 3, 4 (A50) en 11 (Drachterweg). De mate van deze hinder wordt duidelijk uit Figuur 4.4, waarin te zien is dat alle reflectie in het gele gebied ligt. De observatiepunten waarop geen reflectie wordt waargenomen zullen niet voor problemen zorgen daarom zijn alleen de gevaarplots van observatiepunten waarop reflectie wordt waargenomen gecombineerd in de figuur.



Figuur 4.3: vervolg



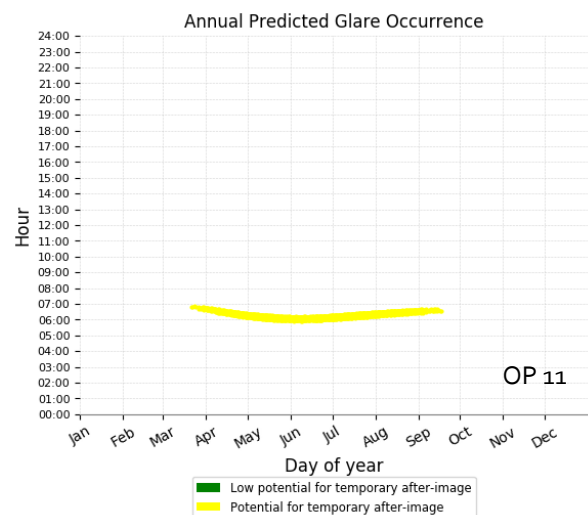
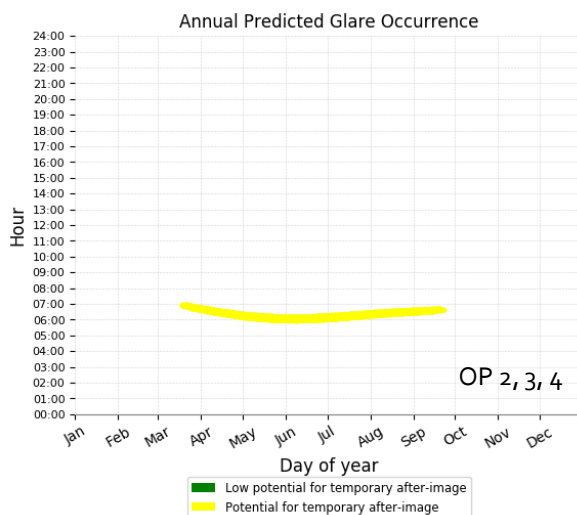
Figuur 4.3: vervolg



Figuur 4.4: Gevaarplots voor automobilisten van alle observatiepunten waarop hinderlijke reflectie wordt waargenomen.

Op basis van deze informatie kan gesteld worden dat er in noordelijke rijrichting op de A50 hinder te ondervinden is van de reflectie en in oostelijke rijrichting op de Drachterweg. Op de A50 zal deze zichtbaar zijn vanaf observatiepunt 2, direct voorbij de bosschages aan de rechterkant van de weg, tot de weggebruiker voorbij het zonnepark is, ter hoogte van observatiepunt 7. De schittering 'beweegt' mee met de de

weggebruiker. Tussen 7.00 en 8.30 uur (zomertijd) van begin maart tot begin oktober zal de hinder optreden. Dit blijkt ook uit Figuur 4.5. Op de Drachterweg is er hinder te ondervinden van het meest westelijke punt van de straat tot halverwege de straat. Ter hoogte van observatiepunt 10 zal de reflectie buiten het beoordelingsveld vallen. Hier is de reflectie zichtbaar tussen 7.00 en 8.00 uur (zomertijd) van half maart tot half september. De resultaten per observatiepunt zijn te vinden in de bijlage.



Figuur 4.5: Totale tijd wanneer schittering door automobilisten wordt waargenomen voor alle observatiepunten waar hinderlijke reflectie kan worden waargenomen. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal op de vermelde observatiepunten hinderlijke schittering worden waargenomen.

Waar er in Tabel 4.2 rekening is gehouden met filtering door autoruiten en bewolking is dat niet het geval in Figuur 4.3, Figuur 4.4, Figuur 4.5 en vergelijkbare figuren verderop in dit rapport. Door bewolking en atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld nevel) kan de retinal irradiance afnemen, er is dan sprake van minder krachtige instraling van de reflectie op het oog. De mate van hinder zal hierdoor afnemen en verschuiven van geel naar groen. In de praktijk zal er dan ook minder hinderlijke reflectie plaatsvinden dan in deze figuren geschetst is. In geval van beplanting tussen de observant en het zonnepark zal de de retinal irradiance ook afnemen. Op het traject over de A50 is er helemaal geen beplanting en dus ook geen afname van de mate van hinder hierdoor.

Vrachtwagenchauffeurs

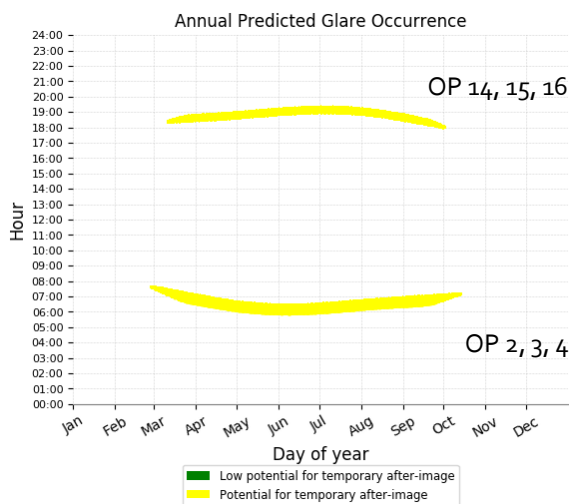
Vrachtwagenchauffeurs zitten hoger dan de gemiddelde automobilist. Het reflectieonderzoek is ook uitgevoerd voor vrachtwagenchauffeurs. De uitgangspunten voor het onderzoek zijn niet veranderd, met uitzondering van de ooghoogte. Voor vrachtwagenchauffeurs is uitgegaan van een gemiddelde ooghoogte van 2.50 meter. De totale gecompenseerde reflectietijden voor bewolking en filtering door autoruiten in uren per jaar zijn te vinden in Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Gecompenseerde groene en gele reflectietijden voor vrachtwagenchauffeurs in uren per jaar.

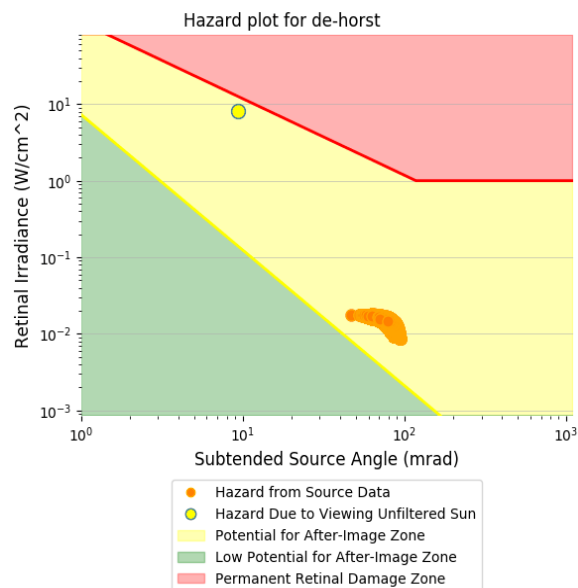
Observatie punt	Groene reflectie	Gele reflectie	Observatie punt	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0.0	1.7	11	0.0	12.3
2	0.0	14.5	12	0.0	0.0
3	0.0	24.4	13	0.0	0.5
4	0.0	27.7	14	0.0	15.6
5	0.0	0.0	15	0.0	15.0
6	0.0	2.3	16	0.0	12.3
7	0.0	7.2	17	0.0	0.0
8	0.0	19.7	18	0.0	0.0
9	0.0	0.0	19	0.0	0.0
10	0.0	8.3	20	0.0	0.0

Ten opzichte van automobilisten is de reflectie voor bijna alle observatiepunten vergelijkbaar, alleen is de totale tijd waarvoor hinder wordt ondervonden groter voor vrachtwagenchauffeurs. De richting en mate van hinder zijn vergelijkbaar met hinder die automobilisten ondervinden, alleen zal op de A50 de hinder iets langer in het jaar ondervindbaar zijn (begin maart tot half oktober), maar qua tijdstip veranderd er weinig, zie ook Figuur 4.6. Qua absoluut tijdstip is de reflectie tot bijna een uur later zichtbaar, maar omdat het dan nog wintertijd is blijft de reflectie tot uiterlijk 7.30/8.00 uur zichtbaar.

Het grootste verschil met automobilisten is dat voor vrachtwagenchauffeurs er wel hinder ondervonden kan worden in zuidelijke rijrichting op de Kanaalweg. Omdat vrachtwagenchauffeurs hoger zitten dan automobilisten kijken de vrachtwagenchauffeurs wel over het park heen en dus kunnen zij wel hinder ondervinden van de schitterende delen. Hier is de hinder waarneembaar tussen 19.00 en 20.30 uur (zomertijd) van half maart tot eind september. Net als op de A50 'beweegt' de reflectie hier mee met de bestuurder. De



Figuur 4.6: Totale tijd wanneer schittering door vrachtwagenchauffeurs wordt waargenomen voor observatiepunten 2, 3 en 4 ('s ochtends) en 14, 15 en 16 ('s avonds). Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal op de vermelde observatiepunten hinderlijke schittering worden waargenomen.



Figuur 4.7: Gevaarplots voor vrachtwagenchauffeurs van observatiepunten 14, 15 en 16 gecombineerd.

reflectie is iets ten noorden van het park voor het eerst waarneembaar, tussen observatiepunt 16 en 17 in tot het zonnepark buiten het beoordelingsveld valt van de bestuurder, tussen observatiepunt 12 en 13 in.

Langs het Apeldoorns Kanaal, tussen de Kanaalweg en het zonnepark in, staat beplanting. Verwacht wordt is dat deze beplanting gedurende het jaar niet voldoende bladdicht is om alle reflectie volledig te blokkeren, met name in het voorjaar. Daarentegen kan de mate van hinder kan wel sterk afnemen. Zeker in het zomerseizoen, wanneer de bladdichtheid het hoogst is.

De totale reflectietijd en mate van hinder voor observatiepunten 14, 15 en 16 gecombineerd kunnen in Figuur 4.6 en Figuur 4.7 gevonden worden. Vanwege de kleine verandering ten opzichte van automobilisten is ook de schitteringstijd van observatiepunten 2, 3 en 4 toegevoegd aan Figuur 4.6. De resultaten per observatiepunt zijn te vinden in de bijlage.

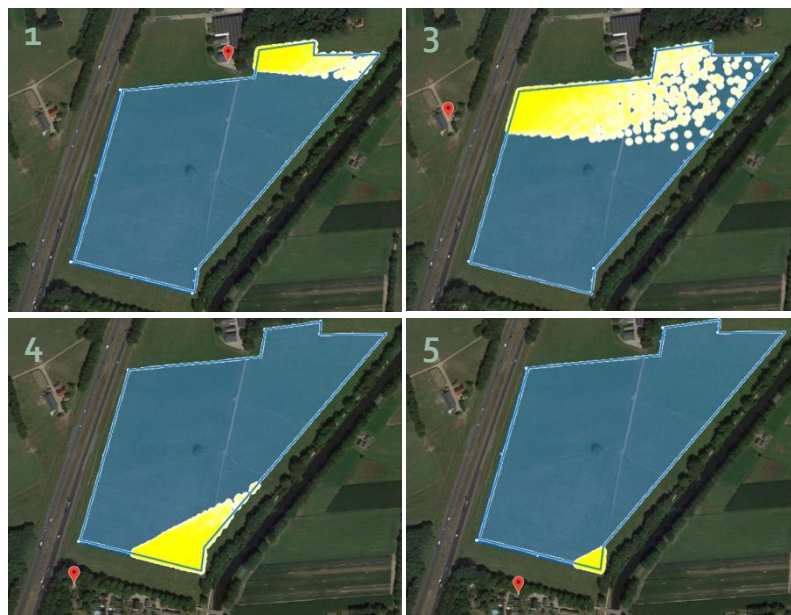
Omwonenden

Het reflectieonderzoek is ook uitgevoerd voor omwonenden. De uitgangspunten voor het onderzoek zijn niet veranderd, met uitzondering van de ooghoogte. Voor omwonenden is uitgegaan van een gemiddelde ooghoogte van 1.70 meter. De totale voor bewolking gecompenseerde reflectietijden in uren per jaar zijn te vinden in Tabel 4.4. Deze tijden zijn niet gecompenseerd voor filtering door autoruiten.

Tabel 4.4: Gecompenseerde groene en gele reflectietijden voor omwonenden in uren per jaar.

Observatie punt	Groene reflectie	Gele reflectie	Observatie punt	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0.0	16.9	4	0.0	11.7
2	0.0	0.0	5	0.0	6.7
3	0.0	17.0	6	0.0	0.0

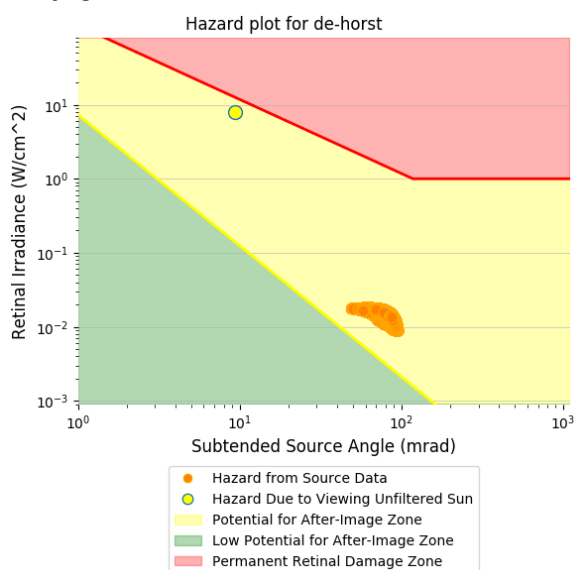
Vanaf de Oenerweg 50 is dus geen reflectie te zien, net als oostelijk van Drachterweg 1. In Figuur 4.8 is de oorsprong van de reflectie te zien. Voor omwonenden is er geen wettelijk kader hoeveel hinder van de lichtreflectie zij mogen ontvangen. Op al deze locaties zal er hinder ondervonden kunnen worden omdat er geen dichte beplanting tussen de observatiepunten en de reflecterende delen van het zonnepark te zien staat, enkel boomstammen welke niet voldoende blokkeren om alle hinderlijke reflectie weg te nemen.



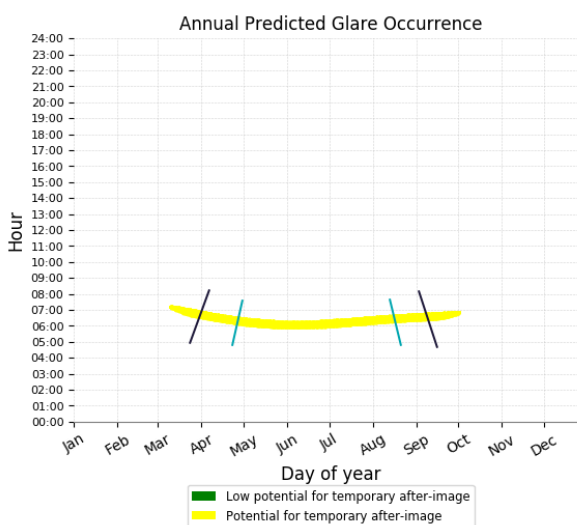
Figuur 4.8: Schitterende delen van de zonnepanelen voor alle observatiepunten waar hinderlijke reflectie is waar te nemen gecombineerd. Hoe geler de kleur, hoe meer reflectie.

De mate van hinder is te zien in Figuur 4.10. Voor alle observatiepunten voor omwonenden is deze vergelijkbaar en zijn ze samen weergegeven in de gevaarplot.

De hinderlijke reflectie is voor alle observatiepunten waar te nemen in de ochtend. In Figuur 4.9 is de schitteringstijd weergegeven. Voor observatiepunten 1 en 3 zijn deze gelijk, van half maart tot begin oktober. Op observatiepunt 4 kan er van begin april tot begin september hinder ondervonden worden en voor observatiepunt 5 is dit van eind april tot half augustus. Voor alle punten is dit tussen 7.00 en 8.00 uur 's ochtends (zomertijd) voor maximaal 20 minuten per dag. De resultaten per observatiepunt zijn te vinden in de bijlage.



Figuur 4.10: Gevaarplots voor omwonenden voor alle observatiepunten waar hinder is waar te nemen gecombineerd



Figuur 4.9: Totale tijd wanneer schittering door omwonenden wordt waargenomen voor de observatiepunten waar hinder is waar te nemen. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal op minimaal de vermelde observatiepunten hinderlijke schittering worden waargenomen. De schitteringstijden van observatiepunt 3 zijn begrensd bij de donkerblauwe lijnen, die van observatiepunt 4 bij de lichtblauwe lijnen.

4.3 INPASSINGPLAN

Zoals eerder geschreven zijn obstakels als bomen en beplanting niet meegenomen in de berekeningen. Bestaande beplanting is bij de verwerking van de resultaten al wel rekening mee gehouden, maar nieuwe beplanting nog niet. In de technische tekening (Epe Oenerweg – General Layout_V3_o.pdf van 19 juli 2019) is er een nieuwe bomenrij aan de zuidkant en oostkant van het zonnepark opgenomen en nieuwe struiken aan de noordkant.

Er van uitgaande dat de struiken voldoende bladdicht zijn gedurende de maanden maart tot en met september, zal er geen hinderlijke reflectie waar te nemen zijn vanaf de Oenerweg nummer 46, mits de omwonenden niet over deze struiken heen kunnen kijken. Voor weggebruikers zal de situatie door het struikgewas op deze locaties niets veranderen. De locaties van de bomenrijen zijn voor de weggebruikers interessanter om de situatie met betrekking tot hinder te verbeteren. De geplande bomen zullen op zichzelf echter niet veel doen tegen de reflectie. Langs de stammen van de bomenrij zal de reflectie nog steeds voor hinder zorgen. Geadviseerd wordt daarom om ook onder de bomenrijen beplanting aan te brengen van ongeveer 2 meter hoogte. Dit zal de reflectie blokkeren of dermate verminderen dat de reflectie niet meer hinderlijk is voor vrachtwagens in zuidelijke rijrichting op de Kanaalweg. Ook zullen de omwonenden en weggebruikers aan de Drachterweg om dezelfde reden geen hinder meer ondervinden van de reflectie. Als door de beplanting het zicht op het zonnepark is weggenomen zal er ook geen hinder ondervonden kunnen worden door de reflectie. Bij beplanting kan gedacht worden aan struikgewas of klimop, zoals bijvoorbeeld heder, langs het hekwerk op.

Als laatste wordt er ook geadviseerd om beplanting langs de westkant van het zonnepark te plaatsen. In de huidige situatie zal de duur van de reflectie de toelaatbare verblindingstijd van 1.4 en 1.6 seconden, bij respectievelijk 120 km/h en 100 km/h op de snelweg (TNO, 2016) overschreden worden. Door het plaatsen van beplanting zal de toelaatbare verblindingstijd niet overschreden worden. De beplanting moet dan wel hoog genoeg zijn om alle reflectie te blokkeren. Gezien de hoogteverschillen tussen de snelweg met vrachtwagenchauffeur (10 m + NAP) en het zonnepark (maaiveld 6.2 m + NAP), moet de beplanting op het maaiveld minimaal 3.80 meter hoog zijn om het park aan het zicht te onttrekken. Dit zal hinder voor omwonenden aan de Horsterweg 4 ook tegen gaan.

.

5 Conclusie

Op een aantal observatiepunten wordt hinderlijke reflectie ondervonden bij de keuze voor glad glas met anti-reflectiecoating. Wenselijk voor de verkeersveiligheid is dat alle reflectie in het groene bereik van de modeluitkomsten ligt, of dat er geen reflectie wordt waargenomen. De situatie die zal ontstaan bij het geplande zonnepark is **niet** wenselijk en zal toegestane regels overschrijden. Van maart tot begin oktober zal verkeer over de A50 in noordelijke rijrichting en de Drachterstraat in oostelijke rijrichting 's ochtends hinder ondervinden van de reflectie, op de Kanaalweg in zuidelijke rijrichting zullen vrachtwagenchauffeurs 's avonds hinder ondervinden en van de onderzochte woningen kunnen omwonenden aan de Oenerweg (nr. 46), Horsterweg (nr. 4) en Drachterweg (nrs. 3 t/m 7) hinder ondervinden in de ochtend.

Door het inpassingsplan aan te vullen met beplanting onder de geplande bomenrijen van minimaal 2 meter hoog en een extra beplanting aan de westkant van het zonnepark (langs de A50) van minimaal 3.8 meter hoog kan het zicht volledig aan het zonnepark onttrokken worden en zal er geen (hinderlijke) reflectie waar te nemen zijn. De beplanting moet dan wel genoeg bladdekkend zijn van begin maart tot half oktober. Als gedurende deze maanden het zonnepark niet zichtbaar is, kan de reflectie ook niet tot hinder leiden. Wanneer de beplanting 'voldoende' bladdicht is is niet op voorhand te zeggen omdat dit afhankelijk is van de zichtcondities van het weer en de hoeveelheid zoninstraling. Hoe dichter naar 100% bladdicht hoe meer er geblokkeerd wordt. Qua soort beplanting kan gedacht worden aan bijvoorbeeld struikgewas of begroeiing langs het hekwerk, zoals bijvoorbeeld hederas of een andere bladdichte klimop soort.

Er wordt sterk aangeraden om het inrichtingsplan uit te voeren met de bovengenoemde aanvullingen en voorwaarden om binnen de richtlijnen voor verkeersveiligheid te blijven.

6 Referenties

- ForgeSolar. (2020). *Module Reflectance Profiles*, Release 2020.04. Opgeroepen op 10 mei, 2020, van ForgeSolar Help: <https://www.forgesolar.com/help/#reflectivity>
- SWOV. (2014). *Maatgevende normen in de Nederlandse richtlijnen voor wegontwerp*. p73: SWOV R-2014-38.
- TNO. (2016). *Lichthinder zonreflectie voor weggebruikers – ontwikkeling beoordelingsmethode op basis van disability glare*. TNO 2016 R10690.

7 Bijlagen

In de eerste bijlage zijn de modeluitkomsten van het reflectieonderzoek bijgevoegd. Deze zijn bijgevoegd als afzonderlijke pdf. In deze PDF rapporten is niet gecompenseerd voor de situatie met een wolkendek. Er wordt dus overal uitgegaan van perfecte – dat wil zeggen zonnige en heldere - condities voor reflectie. In de praktijk zullen bewolking en atmosferische verstrooiing zorgen voor minder schittering. De tweede bijlage geeft extra achtergrond informatie over de methode en de ForgeSolar tool. Deze bijlage is te vinden op de volgende pagina van dit rapport.

Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek

- ForgeSolar Glare Report – auto.pdf
- ForgeSolar Glare Report – vrachtwagen.pdf
- ForgeSolar Glare Report – omwonenden.pdf

Bijlage 2

—

Achtergrond informatie 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.
2. Keuze van specifieke karakteristieken van het zonneveld: 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.
3. Markeren van posities (observatie punten) rond de panelen waarvoor de potentiële reflectie per zonnepanelen opstelling, in perfecte condities⁷, wordt berekend.
4. Instellen van kijkhoogte van de observeerder.
5. Daarna wordt het model doorgerekend 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).

⁷ 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.

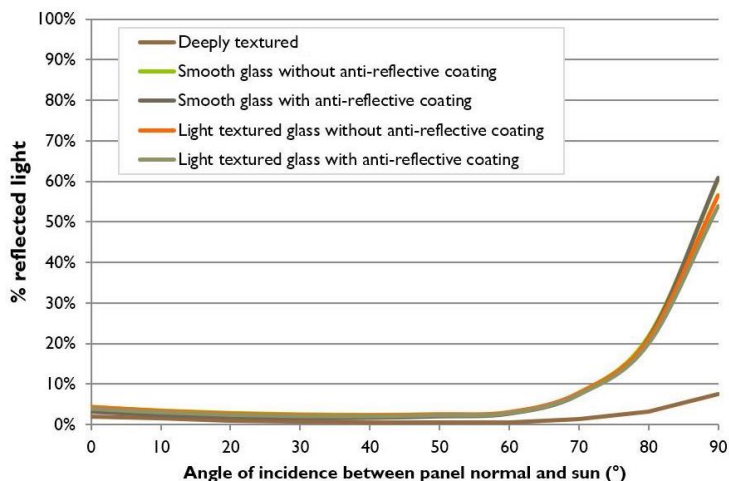
Reflectieprofielen⁸

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*

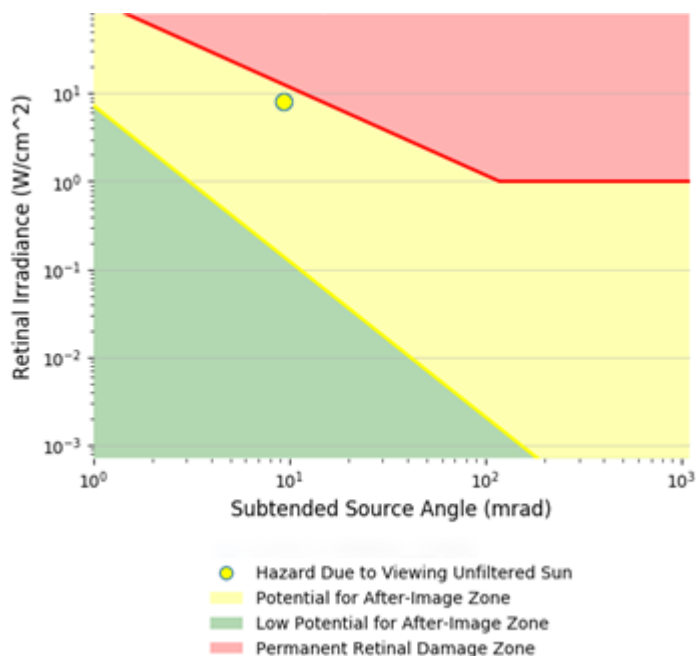
Deze profielen zijn tot stand gekomen door meer dan 20 bestaande PV modules te analyseren. Bijlage Figuur 1

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.



Bijlage Figuur 1: Reflectiviteit ten opzichte van de invalshoek van het zonlicht voor de vijf generieke reflectie profielen (ForgeSolar, 2020).

Anti-reflectiecoatings (ARC) en oppervlakte textuur kunnen de reflectiviteit van panelen verminderen, maar



Bijlage Figuur 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/cm² (retinal irradiance) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (subtended source angle). De kleuren geven het soort reflectie aan, de oranje stippen duiden het gevaar/risico van observatiepunt 1 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.

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.

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 Bijlage Figuur 2): de kracht van de straling op het oog in W/cm² (retinal irradiance) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (subtended source angle). Dit betekent dat als de lichtbron sterker wordt, maar een kleine (punt) lichtbron wordt waargenomen, de kans op nabeelden in het oog kan ontstaan. Dit gebeurt bij ongeveer 10 W/cm² en dan

⁸ Bron voor deze hele sectie: www.forgesolar.com (ForgeSolar, 2020)

is een lichtbron zo sterk als de zon. Naarmate de lichtbron groter wordt in het gezichtsveld en een hoek heeft van 144 graden is de kans op nabeelden bij een zwakke lichtbron ($< 0.001 \text{ W/cm}^2$) aanwezig (omslag naar geel).

Schade aan het oog ontstaat als de lichtbron sterker is dan de zon (10 W/cm^2) of de hoek in het gezichtsveld groter is dan van de zon (3,6 graden). Uiteraard speelt dan ook mee hoe lang de lichtbron zichtbaar is voor het oog.

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 licht.