



Reflectie onderzoek Zonneweide Larendeel

Onderzoek naar eventuele reflectiehinder
op omwonenden afkomstig van zonneweide
Larendeel, Druten

8 februari 2021

ROM³_D
verhelderen · wegwijzen · vormgeven

Reflectie onderzoek Zonneweide Larendeel

Onderzoek naar eventuele reflectiehinder
op omwonenden afkomstig van zonneweide
Larendeel, Druten

Opdrachtgever:

Green Trust

Annet Boessenkool

Uitgevoerd door:

ROM₃D

Dillen Bruil, MSc

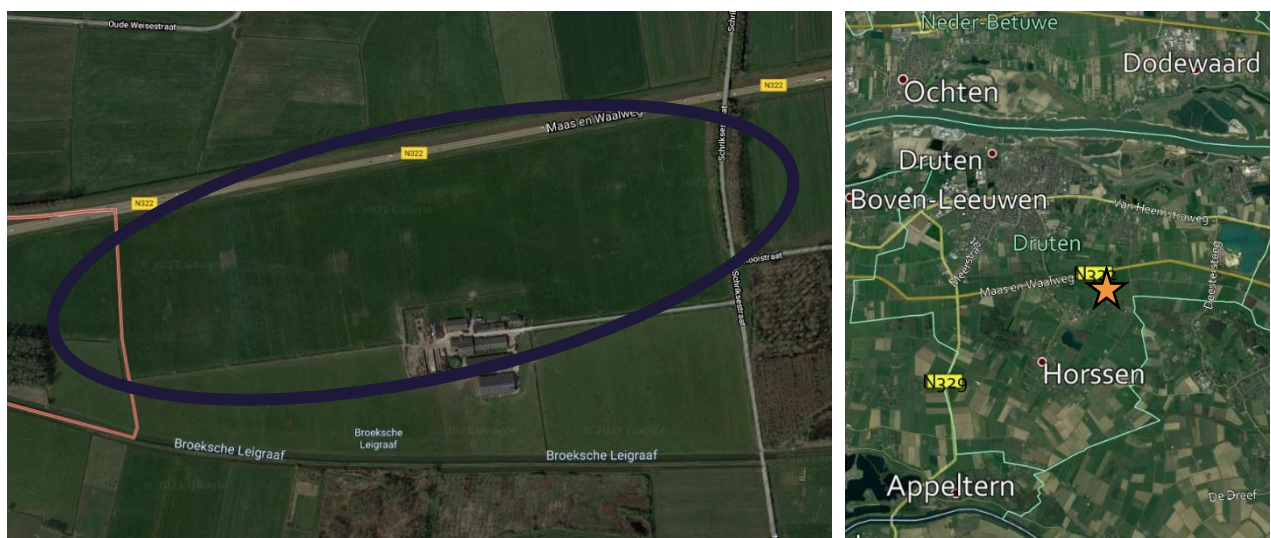
8 februari 2021

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.....	9
4.1	Uitgangspunten.....	9
4.2	Uitkomst reflectieonderzoek.....	10
	1 ^e verdieping	12
	Huidige inpassingsplan	13
5	Conclusie.....	14
6	Referenties.....	15
7	Bijlagen.....	16
	Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:	16

1 Introductie

Green Trust werkt aan een vergunningsaanvraag voor zonneweide Larendeel (ca 24 ha). In het voortraject is er overleg geweest met omwonenden en er bleken zorgen over de reflectie. Eventuele reflectiehinder veroorzaakt door deze weide kan inzichtelijk worden gemaakt met een reflectiestudie. Er is gevraagd om een dergelijke studie uit te voeren om de schittering te bepalen voor omwonenden van zonneweide Larendeel. In de voorliggende rapportage wordt hierop ingegaan. De te realiseren zonneweide is ontsloten door de N322 in het noorden, de Broeksche Leigraaf in het zuiden en de Schriksestraat in het oosten, zie ook Figuur 1.1. Voor het reflectieonderzoek zal ROM3D uitgaan van eigenschappen zoals aangeleverd door de opdrachtgever.



Figuur 1.1: Blauwe ovaal: locatie zonneweide. De kaart rechts geeft de locatie weer met de ster. Bron: Green Trust

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. Voor het ervaren van hinder door de reflectie wordt maskerende verblinding als toetsingscriterium aangehouden.

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, met of zonder anti-reflectiecoating,
 - de ligging,
 - de hoogte van de opstellingen,
 - de hellingshoek en oriëntatie van de opstellingen.
2. 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, landschapselementen en weersomstandigheden zoals bijvoorbeeld bewolking of mist worden niet meegenomen¹.

¹ In de praktijk zal er dan ook minder reflectie zijn dan de uitkomsten van de tool aangeven. Bij de interpretatie van de resultaten wordt hier wel rekening mee gehouden.

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 condities², 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).

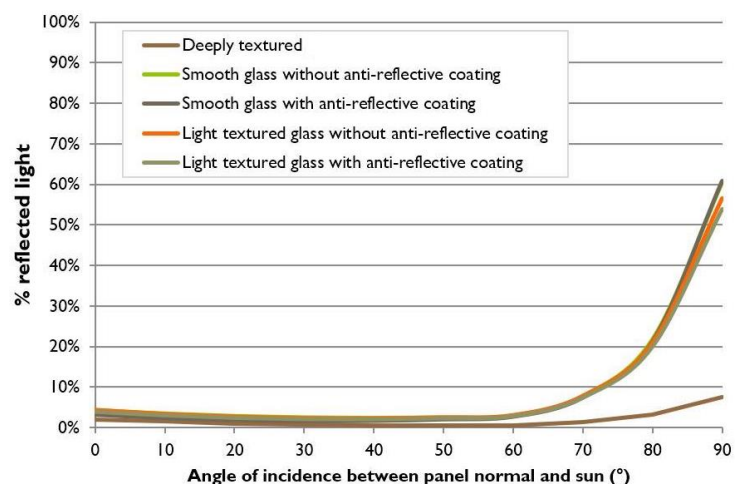
Reflectieprofielen³

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).

² 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.

³ Bron voor deze hele sectie: www.forgesolar.com (ForgeSolar, 2020)

Wat betekenen de resultaten van de tool

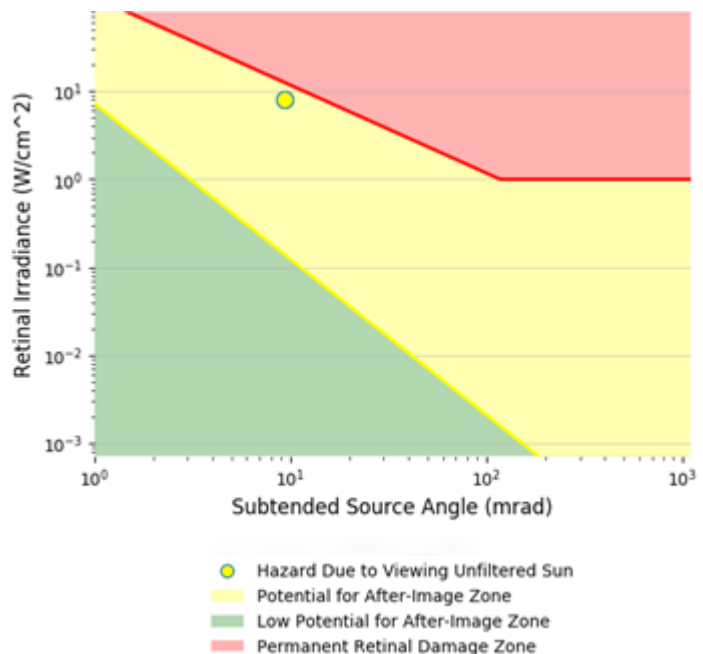
De ForgeSolar tool bepaalt het effect op het oog uit twee aspecten (de assen van de grafiek in Figuur 3.2): de kracht van de straling op het oog in W/cm^2 (retinal irradiance) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (subtended source angle). Dit betekent dat als de lichtbron sterker wordt, maar een kleine (punt) lichtbron wordt waargenomen, de kans op nabeelden in het oog kan ontstaan. Dit gebeurt bij ongeveer $10 W/cm^2$ en dan 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 ($< 0.001 W/cm^2$) 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.

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.

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.



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, 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.

4 Resultaten

4.1 UITGANGSPUNTEN

Voor de analyse van eventuele reflectie afkomstig van het Zonneweide Larendeel is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

— Hoogte panelen boven grond ⁴ :	1.3 meter ⁵
— Hellingshoek panelen:	18°
— Meedraaiend met de zon:	Nee
— Oriëntatie panelen:	169.5°
— Panelen materiaal:	Smooth glass
○ Bijbehorende 'slope error' ⁶ :	Correleert met materiaal ⁷
○ Anti-reflectiecoating (ARC):	Ja
— Ooghoogte omwonenden:	1.70 meter boven maaiveld
— Ooghoogte omwonenden 1 ^e verdieping:	4.40 meter boven maaiveld
— Tijdzone:	UTC +1 (wintertijd)

De reflecties zijn berekend voor 6 observatiepunten, zie hiervoor ook Figuur 4.1. Tussen haakjes zijn de aangeleverde en aangehouden maaiveldhoogtes vermeld. Het plangebied is ongeveer 5 m +NAP

1. Tussen Kloosterweg 3 en 5	(8 m +NAP)
2. Kloosterweg 13	(8 m +NAP)
3. Kloosterweg 23	(8 m +NAP)
4. Tussen Kloosterweg 29 en 31	(10 m +NAP)
5. Kruising Molenweg / Kloosterweg	(7 m +NAP)
6. Op de 5 sprong: Kloosterweg / Meleveld / Langesteeg	(6 m +NAP)

Voor observatiepunten 1 t/m 4 is de reflectie ook berekend voor een ooghoogte van 4.4 meter boven maaiveld: de geschatte ooghoogte vanaf de 1^e verdieping vanaf een huis.

⁴ Boven topografische hoogte van het maaiveld gemeten via het AHN.

⁵ Gemiddelde hoogte van de hellende panelen. Voor de berekeningen is deze hoogte voor de zonnepanelen gebruikt..

⁶ De 'slope error' is verantwoordelijk voor de lichtbundelverstrooiing op de zonnepanelen (grotere verstrooiing zorgt voor minder hinderlijke reflectie).

⁷ Voor meer informatie zie achtergronddocumentatie op de website van de tool (www.forgesolar.com)



Figuur 4.1: Ingetekende zonneweide met daarbij de zes observatie punten.

4.2 UITKOMST REFLECTIEONDERZOEK

De berekende reflectietijden in de Forgesolar tool zijn niet gecompenseerd voor wolken, atmosferische verstrooiing. 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 niet meedraaien met de zon en waar de reflectie nog niet geblokkeerd wordt door obstakels als andere gebouwen en/of beplanting.

De resultaten van het reflectieonderzoek: de reflectietijden in uren per jaar die wel gecompenseerd zijn voor bewolking, kunnen in Tabel 4.1 gevonden worden.

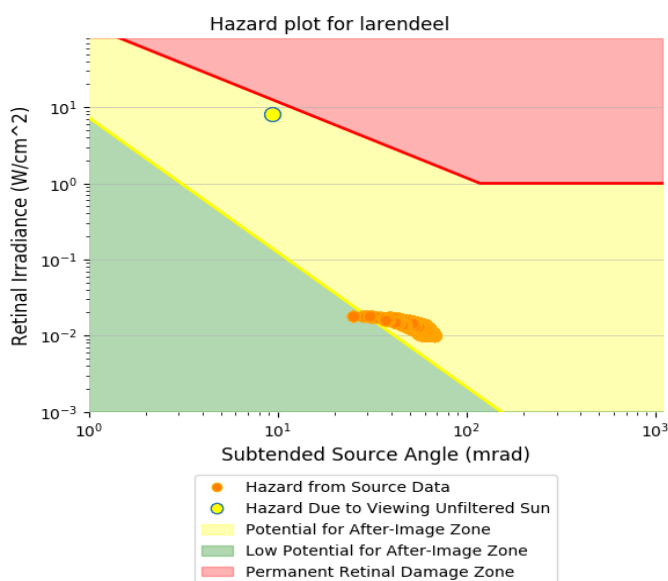
Tabel 4.1: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor omwonenden in uren per jaar.

Observatie punt	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0.0	8.6
2	0.0	2.1
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	10.2
6	0.0	0.0

Zoals te zien is in de tabel wordt er op drie oostelijke observatiepunten, observatiepunten 3, 4 en 6, geen reflectie waargenomen. Op de drie westelijke observatiepunten is er wel reflectie waar te nemen. Deze schittering is hinderlijk en een aantal uur per jaar te zien. Een trend in de tijdsduur is in ieder geval hoe westelijker een omwonende zich bevindt hoe meer hinder er ondervonden kan worden.

In Figuur 4.2 is de bron van de reflectie weer gegeven per observatiepunt. Hoe geleer de kleur, hoe meer reflectie er te zien is. Van oost naar west bewegend zal de reflectie beginnen in de zuidoostelijke hoek van de zonneweide. Als een omwonende zich verder naar het westen begeeft dan zal de grens vanaf waar de reflectie zichtbaar is steeds verder richting het noordwesten trekken. Een deel van de reflectie valt weg door bebouwing op het erf centraal ten zuiden van het plangebied en door het bos ten westen van het plangebied. Dit deel dat geblokkeerd wordt is weergegeven door middel van een turquoise overlay in de figuur.

De mate van hinder wordt duidelijk uit Figuur 4.3, waarin te zien is dat bijna alle reflectie in het gele



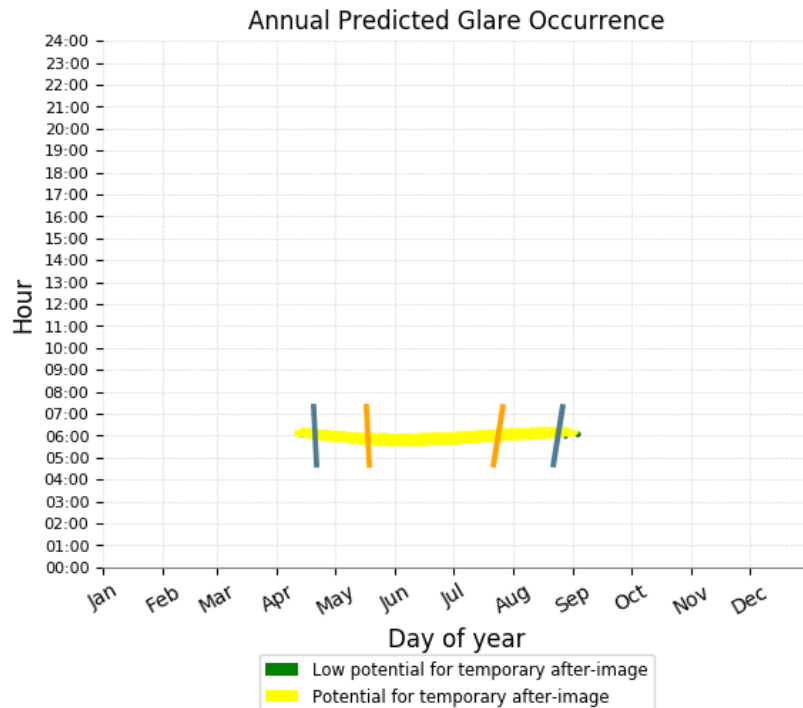
Figuur 4.3: Gevaarplots van alle observatiepunten waarop hinderlijke reflectie wordt waargenomen gecombineerd.



Figuur 4.2: Schitterende delen van de zonnepanelen voor elk van de 3 observatiepunten waar hinder te ondervinden is. Hoe geleer de kleur, hoe meer reflectie. De turquoise overlay geeft weer welk deel van de reflectie wegvalt door blokkade van bebouwing en beplanting

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. Minder perfecte weerscondities zullen voor een kleinere retinal irradiance zorgen. De mate van hinder zal daardoor verschuiven van geel naar groen. In het groene gebied zal er geen hinder ondervonden worden.

De totale tijd van hinderlijke schittering voor de observatiepunten is weergegeven in Figuur 4.4. In deze figuur zijn de observatiepunten waar hinderlijke reflectie kan worden waargenomen gecombineerd. Op observatiepunt 5 is van half april tot begin september hinder waar te nemen. Op observatiepunt 1 is dit van eind april tot eind augustus (tussen de grijze hulplijnen) en op observatiepunt 2 is dit van half mei tot eind juli (tussen de oranje hulplijnen). Op alle observatiepunten is dit rond 7.00 uur 's ochtends (zomertijd) waar te nemen.



Figuur 4.4: Totale tijd wanneer schittering wordt waargenomen voor observatiepunten 5, 1 en 2. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal hinderlijke schittering worden waargenomen. Alles tussen de grijze hulplijnen laat de reflectieduur voor observatiepunt 1 zien, alles tussen de oranje hulplijnen laat de reflectieduur voor observatiepunt 2 zien.

De totale schitteringsduur en tijdstip per observatiepunt is te vinden in de bijlage. Hieruit blijkt dat de reflectie maximaal 20 minuten per dag voor hinder kan zorgen op observatiepunten 1 en 5 en maximaal 10 minuten per dag op observatiepunt 2. Deze duur gaat uit van perfecte omstandigheden.

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 retinal irradiance afnemen. 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. Omdat dit wel in Tabel 4.1 is gedaan, is er in de tabel geen groene reflectie te zien (geen hinder). Deze groene reflectie komt wel terug in de bijlagen en in Figuur 4.4. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat de duur van groene reflectie 3 minuten per jaar is. Gecompenseerd voor bewolking komt dit neer op 0.017 uur per jaar, afgerond 0.0 uur per jaar. Om dezelfde reden zijn er ook resultaten voor observatiepunt 6, maar is dit niet meegenomen in dit verslag. De hoeveelheid hinderlijke schittering op observatiepunt 6 is te minimaal om daadwerkelijk voor hinder te zorgen.

1^e verdieping

Het reflectieonderzoek is ook uitgevoerd voor omwonenden als zij zich op de 1^e verdieping bevinden. De uitgangspunten voor het onderzoek zijn niet veranderd, met uitzondering van de ooghoogte. Op de 1^e verdieping is uitgegaan van een gemiddelde ooghoogte van 4.40 meter. De totale gecompenseerde reflectietijden in uren per jaar zijn te vinden in Tabel 4.2. Omdat deze ooghoogte op straat onrealistisch is, is de reflectie niet berekend voor observatiepunten 5 en 6 op deze hoogte.

Tabel 4.2: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor omwonenden ter hoogte van de 1^e verdieping, in uren per jaar.

Observatie punt	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0.0	9.2
2	0.0	2.4
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0

Ten opzichte van de begane grond is de reflectie vergelijkbaar, alleen is de totale tijd waarvoor hinder wordt ondervonden iets groter op de eerste verdieping. De richting en mate van hinder zijn sterk vergelijkbaar met de hinder op 1.70 meter ooghoogte. Voor de bron, de mate en de duur van de hinder wordt daarom terug verwezen naar Figuur 4.2, Figuur 4.3 en Figuur 4.4. De resultaten per observatiepunt zijn te vinden in de bijlage.

Huidige inpassingsplan

Zoals eerder geschreven zijn obstakels als bomen en beplanting niet meegenomen in de berekeningen. In het inpassingsplan is hier wel rekening mee gehouden. Afhankelijk van de kroonhoogte van de bomen en de onderlinge afstand zal er minder hinder worden ondervonden van de reflectie. Als het blad en de takken het zicht op de zonneweide blokkeren, dan zal de reflectie ook geblokkeerd worden hierdoor. Ook de hagen, aan de oost en westkanten van de opstelling zullen een deel van de reflectie tegen gaan. de hoeveelheid reflectie dat geblokkeerd wordt hierdoor is afhankelijk van de hoogte van de haag.

Kortgezegd, als de bladeren van de bomen en de haag al het zicht op de zonneweide ontnemen dan zal er geen hinder worden ondervonden van de zonneweide. Afhankelijk van de hoogte van de haag en de bomen en de onderlinge afstand tussen de bomen is het mogelijk dat alle hinder wordt geblokkeerd en er geen hinder wordt ondervonden van de reflectie.

5 Conclusie

Op de drie meest westelijk gelegen observatiepunten wordt hinderlijke reflectie ondervonden bij de keuze voor glad glas met anti-reflectiecoating. Deze reflectie is, afhankelijk van de locatie van april/mei tot juli/augustus zichtbaar rond 7 uur 's ochtends (zomertijd). De hoogte (verdieping) waar de omwonenden zich op die momenten bevinden maakt vrij weinig uit. Uit de berekeningen blijkt dat de hinder 8.6, 2.1 en 10.2 uur per jaar is voor respectievelijk de woningen aan de Kloosterweg 3 en 5, de Kloosterweg 13 en het kruispunt Molenweg / Kloosterweg, zie ook Tabel 5.1. De daadwerkelijke hinder zal minder zijn dan berekend en geschets in de figuren in deze rapportage. Dit komt door atmosferische verstrooiing/bewolking en een deel van de reflectie wordt geblokkeerd door de gebouwen op het erf centraal ten zuiden van de zonneweide en het bos ten westen van de zonneweide.

Of de hinderlijke reflectie ook daadwerkelijk tot last is voor de omwonenden is sterk afhankelijk van de afmetingen van de bomen en hagen uit het inpassingsplan, net als eventuele raam- en/of tuindecoratie bij de omwonenden. Ook bijvoorbeeld (sluier) bewolking of ochtendnevel kunnen de hinder beperken tot niet hinderlijke reflectie of zorgen ervoor dat er helemaal geen reflectie is waar te nemen.

Tabel 5.1: Kopie van Tabel 4.1: reflectieberekeningen voor omwonenden in uren per jaar die gecompenseerd zijn voor bewolking, maar waar nog geen rekening is gehouden met hinder verminderende factoren zoals bebouwing en beplanting en atmosferische verstrooiing. De exacte locaties van de observatiepunten kunnen hieronder in Figuur 5.1 gevonden worden.

Observatie punt	Niet hinderlijke reflectie	Hinderlijke reflectie
1: Tussen Kloosterweg 3 en 5	0.0	8.6
2: Kloosterweg 13	0.0	2.1
3: Kloosterweg 23	0.0	0.0
4: Tussen Kloosterweg 29 en 31	0.0	0.0
5: Kruising Molenweg / Kloosterweg	0.0	10.2
6: Op de 5 sprong: Kloosterweg / Meleveld / Langesteeg	0.0	0.0



Figuur 5.1: Locaties van de observatiepunten (OP) gebruikt voor de reflectieberekeningen.

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.

7 Bijlagen

In de 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.

Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:

- ForgeSolar Glare Report – omwonenden.pdf
- ForgeSolar Glare Report – omwonenden 1e verdieping.pdf

FORGESOLAR GLARE ANALYSIS

Project: **Zonneweide Larendeel, Druuten**

Green Trust werkt aan een vergunningsaanvraag voor zonneweide Larendeel (ca 26 ha). In het voortraject is er overleg geweest met omwonenden en er bleken zorgen over de reflectie. Eventuele reflectiehinder veroorzaakt door deze weide kan inzichtelijk worden gemaakt met een reflectiestudie. Er is gevraagd om een dergelijke studie uit te voeren om de schittering te bepalen voor omwonenden van zonneweide Larendeel. De te realiseren zonneweide is ontsloten door de N322 in het noorden, de Broeksche Leigraaf in het zuiden en de Schriksestraat in het oosten. Voor het reflectieonderzoek zal ROM3D uitgaan van eigenschappen zoals aangeleverd door de opdrachtgever.

Site configuration: **Omwonenden**

Analysis conducted by Dillen Bruil (dillen.bruil@rom3d.nl) at 17:19 on 01 Feb, 2021.

U.S. FAA 2013 Policy Adherence

The following table summarizes the policy adherence of the glare analysis based on the 2013 U.S. Federal Aviation Administration Interim Policy 78 FR 63276. This policy requires the following criteria be met for solar energy systems on airport property:

- No "yellow" glare (potential for after-image) for any flight path from threshold to 2 miles
- No glare of any kind for Air Traffic Control Tower(s) ("ATCT") at cab height.
- Default analysis and observer characteristics (see list below)

ForgeSolar does not represent or speak officially for the FAA and cannot approve or deny projects. Results are informational only.

COMPONENT	STATUS	DESCRIPTION
Analysis parameters	PASS	Analysis time interval and eye characteristics used are acceptable
2-mile flight path(s)	N/A	No flight paths analyzed
ATCT(s)	N/A	No ATCT receptors designated

Default glare analysis parameters and observer eye characteristics (for reference only):

- Analysis time interval: 1 minute
- Ocular transmission coefficient: 0.5
- Pupil diameter: 0.002 meters
- Eye focal length: 0.017 meters
- Sun subtended angle: 9.3 milliradians

FAA Policy 78 FR 63276 can be read at <https://www.federalregister.gov/d/2013-24729>

SITE CONFIGURATION

Analysis Parameters

DNI: peaks at 1,000.0 W/m²
Time interval: 1 min
Ocular transmission
coefficient: 0.5
Pupil diameter: 0.002 m
Eye focal length: 0.017 m
Sun subtended angle: 9.3
mrad
Site Config ID: 49017.8788



PV Array(s)

Name: Larendeel
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 18.0°
Orientation: 169.5°
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Reflectivity: Vary with sun
Slope error: correlate with material



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	51.870708	5.618331	5.00	1.30	6.30
2	51.872552	5.634676	5.00	1.30	6.30
3	51.871660	5.634653	5.00	1.30	6.30
4	51.869815	5.635276	5.00	1.30	6.30
5	51.869521	5.631606	5.00	1.30	6.30
6	51.872117	5.630823	5.00	1.30	6.30
7	51.871968	5.629504	5.00	1.30	6.30
8	51.869908	5.630182	5.00	1.30	6.30
9	51.869602	5.627060	5.00	1.30	6.30
10	51.869119	5.627186	5.00	1.30	6.30
11	51.868945	5.625011	5.00	1.30	6.30
12	51.871398	5.624450	5.00	1.30	6.30
13	51.871259	5.623200	5.00	1.30	6.30
14	51.868839	5.623861	5.00	1.30	6.30
15	51.868569	5.620311	5.00	1.30	6.30
16	51.869174	5.620140	5.00	1.30	6.30
17	51.869207	5.618713	5.00	1.30	6.30

Discrete Observation Receptors

Name	ID	Latitude (°)	Longitude (°)	Elevation (m)	Height (m)
OP 1	1	51.865904	5.616154	8.00	1.70
OP 2	2	51.865020	5.619981	8.00	1.70
OP 3	3	51.864929	5.624526	8.00	1.70
OP 4	4	51.865084	5.632850	10.00	1.70
OP 5	5	51.866542	5.613345	7.00	1.70
OP 6	6	51.864337	5.636405	6.00	1.70

GLARE ANALYSIS RESULTS

Summary of Glare

PV Array Name	Tilt (°)	Orient (°)	"Green" Glare min	"Yellow" Glare min	Energy kWh
Larendeel	18.0	169.5	3	3,763	-

Total annual glare received by each receptor

Receptor	Annual Green Glare (min)	Annual Yellow Glare (min)
OP 1	0	1539
OP 2	0	381
OP 3	0	0
OP 4	0	0
OP 5	3	1835
OP 6	0	8

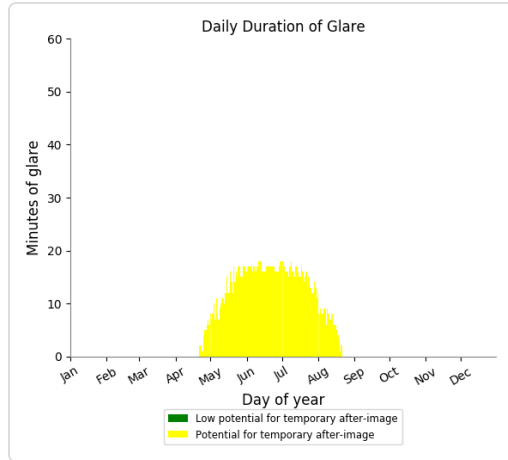
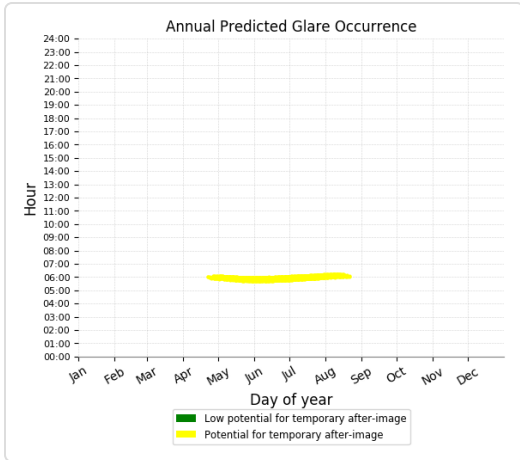
Results for: Larendeel

Receptor	Green Glare (min)	Yellow Glare (min)
OP 1	0	1539
OP 2	0	381
OP 3	0	0
OP 4	0	0
OP 5	3	1835
OP 6	0	8

Point Receptor: OP 1

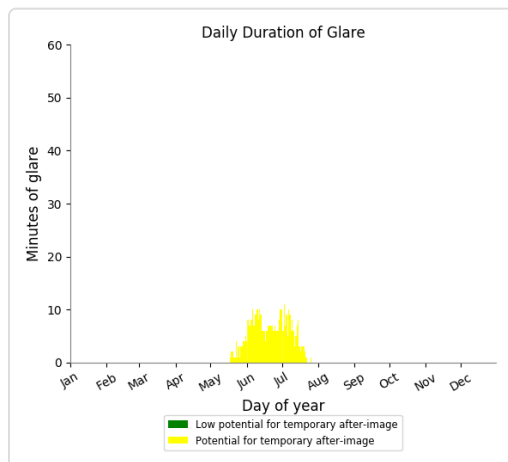
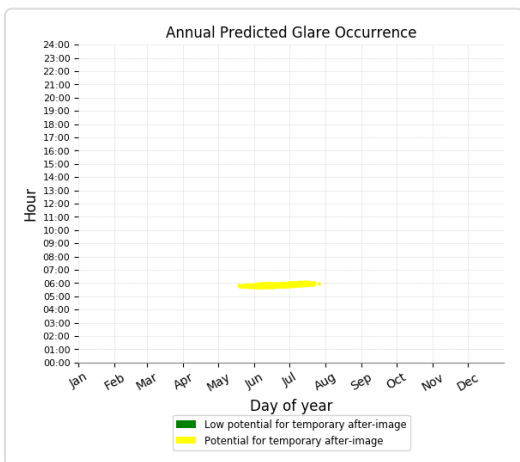
1539 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare



Point Receptor: OP 2

381 minutes of yellow glare
 0 minutes of green glare



Point Receptor: OP 3

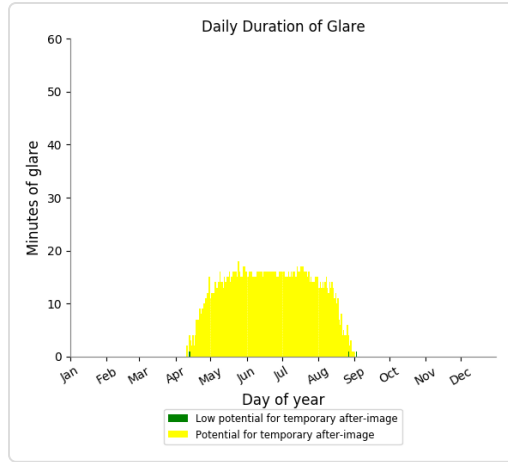
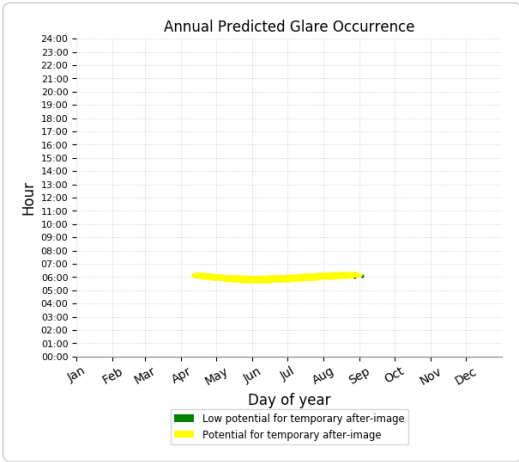
0 minutes of yellow glare
 0 minutes of green glare

Point Receptor: OP 4

0 minutes of yellow glare
 0 minutes of green glare

Point Receptor: OP 5

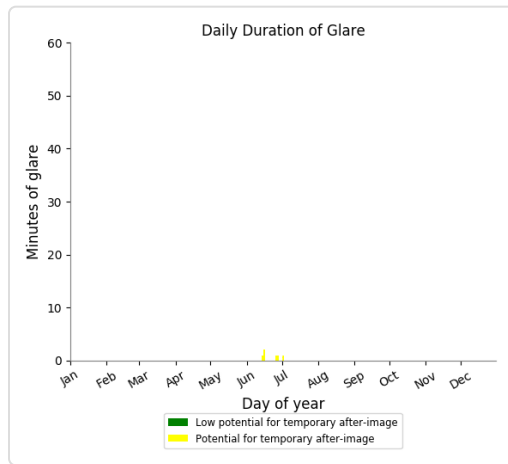
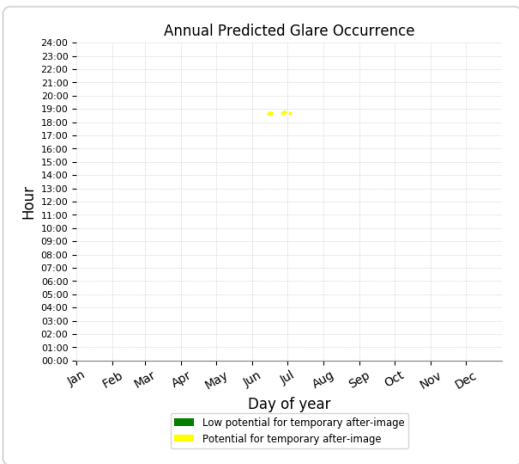
1835 minutes of yellow glare
 3 minutes of green glare



Point Receptor: OP 6

8 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare



Assumptions

"Green" glare is glare with low potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

"Yellow" glare is glare with potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.

Glare analyses do not account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.

Several calculations utilize the PV array centroid, rather than the actual glare spot location, due to algorithm limitations. This may affect results for large PV footprints. Additional analyses of array sub-sections can provide additional information on expected glare.

The subtended source angle (glare spot size) is constrained by the PV array footprint size. Partitioning large arrays into smaller sections will reduce the maximum potential subtended angle, potentially impacting results if actual glare spots are larger than the sub-array size.

Additional analyses of the combined area of adjacent sub-arrays can provide more information on potential glare hazards. (See previous point on related limitations.)

Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.

Glare vector plots are simplified representations of analysis data. Actual glare emanations and results may differ.

The glare hazard determination relies on several approximations including observer eye characteristics, angle of view, and typical blink response time. Actual results and glare occurrence may differ.

Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid based on aggregated research data. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous, not discrete, spectrum.

Refer to the Help page at www.forgesolar.com/help/ for assumptions and limitations not listed here.

FORGESOLAR GLARE ANALYSIS

Project: **Zonneweide Larendeel, Druuten**

Green Trust werkt aan een vergunningsaanvraag voor zonneweide Larendeel (ca 26 ha). In het voortraject is er overleg geweest met omwonenden en er bleken zorgen over de reflectie. Eventuele reflectiehinder veroorzaakt door deze weide kan inzichtelijk worden gemaakt met een reflectiestudie. Er is gevraagd om een dergelijke studie uit te voeren om de schittering te bepalen voor omwonenden van zonneweide Larendeel. De te realiseren zonneweide is ontsloten door de N322 in het noorden, de Broeksche Leigraaf in het zuiden en de Schriksestraat in het oosten. Voor het reflectieonderzoek zal ROM3D uitgaan van eigenschappen zoals aangeleverd door de opdrachtgever.

Site configuration: **Omwonenden - 1e verdieping**

Analysis conducted by Dillen Bruil (dillen.bruil@rom3d.nl) at 17:19 on 01 Feb, 2021.

U.S. FAA 2013 Policy Adherence

The following table summarizes the policy adherence of the glare analysis based on the 2013 U.S. Federal Aviation Administration Interim Policy 78 FR 63276. This policy requires the following criteria be met for solar energy systems on airport property:

- No "yellow" glare (potential for after-image) for any flight path from threshold to 2 miles
- No glare of any kind for Air Traffic Control Tower(s) ("ATCT") at cab height.
- Default analysis and observer characteristics (see list below)

ForgeSolar does not represent or speak officially for the FAA and cannot approve or deny projects. Results are informational only.

COMPONENT	STATUS	DESCRIPTION
Analysis parameters	PASS	Analysis time interval and eye characteristics used are acceptable
2-mile flight path(s)	N/A	No flight paths analyzed
ATCT(s)	N/A	No ATCT receptors designated

Default glare analysis parameters and observer eye characteristics (for reference only):

- Analysis time interval: 1 minute
- Ocular transmission coefficient: 0.5
- Pupil diameter: 0.002 meters
- Eye focal length: 0.017 meters
- Sun subtended angle: 9.3 milliradians

FAA Policy 78 FR 63276 can be read at <https://www.federalregister.gov/d/2013-24729>

SITE CONFIGURATION

Analysis Parameters

DNI: peaks at 1,000.0 W/m²
Time interval: 1 min
Ocular transmission coefficient: 0.5
Pupil diameter: 0.002 m
Eye focal length: 0.017 m
Sun subtended angle: 9.3 mrad
Site Config ID: 49021.8788



PV Array(s)

Name: Larendeel

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 18.0°

Orientation: 169.5°

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	51.870708	5.618331	5.00	1.30	6.30
2	51.872552	5.634676	5.00	1.30	6.30
3	51.871660	5.634653	5.00	1.30	6.30
4	51.869815	5.635276	5.00	1.30	6.30
5	51.869521	5.631606	5.00	1.30	6.30
6	51.872117	5.630823	5.00	1.30	6.30
7	51.871968	5.629504	5.00	1.30	6.30
8	51.869908	5.630182	5.00	1.30	6.30
9	51.869602	5.627060	5.00	1.30	6.30
10	51.869119	5.627186	5.00	1.30	6.30
11	51.868945	5.625011	5.00	1.30	6.30
12	51.871398	5.624450	5.00	1.30	6.30
13	51.871259	5.623200	5.00	1.30	6.30
14	51.868839	5.623861	5.00	1.30	6.30
15	51.868569	5.620311	5.00	1.30	6.30
16	51.869174	5.620140	5.00	1.30	6.30
17	51.869207	5.618713	5.00	1.30	6.30

Discrete Observation Receptors

Name	ID	Latitude (°)	Longitude (°)	Elevation (m)	Height (m)
OP 1	1	51.865904	5.616154	8.00	4.40
OP 2	2	51.865020	5.619981	8.00	4.40
OP 3	3	51.864929	5.624526	8.00	4.40
OP 4	4	51.865084	5.632850	10.00	4.40

GLARE ANALYSIS RESULTS

Summary of Glare

PV Array Name	Tilt (°)	Orient (°)	"Green" Glare min	"Yellow" Glare min	Energy kWh
Larendeel	18.0	169.5	0	2,083	-

Total annual glare received by each receptor

Receptor	Annual Green Glare (min)	Annual Yellow Glare (min)
OP 1	0	1648
OP 2	0	435
OP 3	0	0
OP 4	0	0

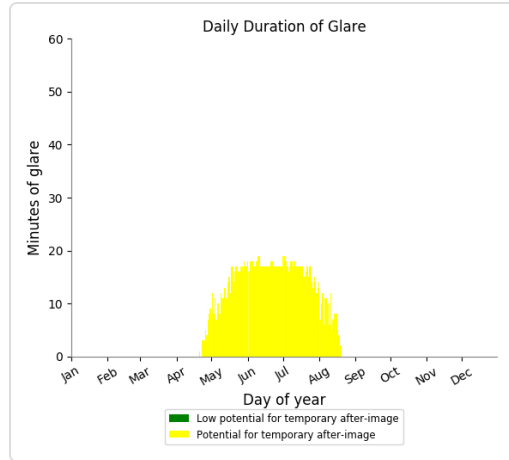
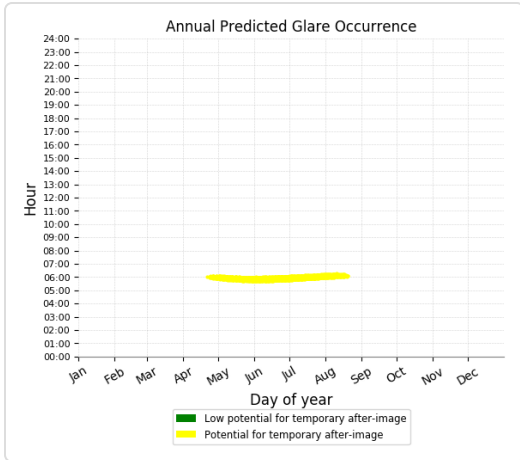
Results for: Larendeel

Receptor	Green Glare (min)	Yellow Glare (min)
OP 1	0	1648
OP 2	0	435
OP 3	0	0
OP 4	0	0

Point Receptor: OP 1

1648 minutes of yellow glare

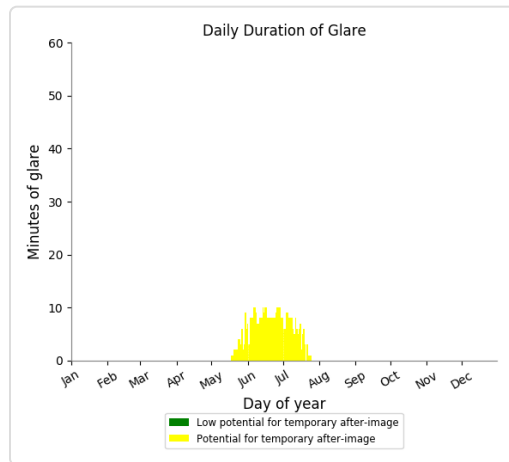
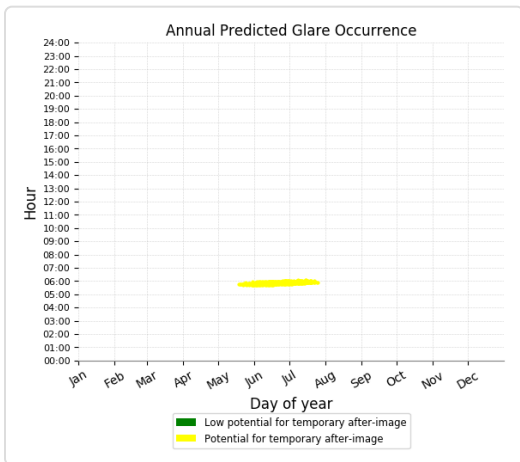
0 minutes of green glare



Point Receptor: OP 2

435 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare



Point Receptor: OP 3

0 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare

Point Receptor: OP 4

0 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare

Assumptions

"Green" glare is glare with low potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

"Yellow" glare is glare with potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.

Glare analyses do not account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.

Several calculations utilize the PV array centroid, rather than the actual glare spot location, due to algorithm limitations. This may affect results for large PV footprints. Additional analyses of array sub-sections can provide additional information on expected glare.

The subtended source angle (glare spot size) is constrained by the PV array footprint size. Partitioning large arrays into smaller sections will reduce the maximum potential subtended angle, potentially impacting results if actual glare spots are larger than the sub-array size. Additional analyses of the combined area of adjacent sub-arrays can provide more information on potential glare hazards. (See previous point on related limitations.)

Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.

Glare vector plots are simplified representations of analysis data. Actual glare emanations and results may differ.

The glare hazard determination relies on several approximations including observer eye characteristics, angle of view, and typical blink response time. Actual results and glare occurrence may differ.

Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid based on aggregated research data. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous, not discrete, spectrum.

Refer to the Help page at www.forgesolar.com/help/ for assumptions and limitations not listed here.