



Reflectie onderzoek Zonnepark N18 Eeltinkveld

Onderzoek naar reflectiehinder op
weggebruikers van de N18, afkomstig van
het beoogde zonnepark nabij Haaksbergen

11 juni 2020

ROM³_D
verhelderen · wegwijzen · vormgeven

Reflectie onderzoek Zonnepark N18 Eeltinkveld

Onderzoek naar reflectiehinder op
weggebruikers van de N18, afkomstig van
het beoogde zonnepark nabij Haaksbergen

Opdrachtgever:

Pure Energie en Energiecoöperatie Haaksbergen
Frank Schothuis

Uitgevoerd door:

ROM₃D
Dillen Bruil, MSc
Luc Henderik, MSc

Projectcode:

4521/OVHAEEL

11 juni 2020

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
	Automobilisten	11
	Vrachtwagenchauffeurs	11
5	Conclusie.....	12
6	Referenties.....	13
7	Bijlagen	14
	Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:	14

1 Introductie

Pure Energie en Energiecoöperatie Haaksbergen hebben plannen voor een zonnepark langs de N18, (gedeeltelijk) gelegen op de kadastrale percelen HBGo1 - N – 918 en HBGo1 - N - 921, 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 N18. In de voorliggende rapportage wordt hierop ingegaan. Het te realiseren zonnepark is omsloten door de N18 in het westen, de Kerkweg in het zuiden en in het oosten door de Lintelerweg, zie ook Figuur 1-1. Voor het reflectieonderzoek zal ROM₃D uitgaan van eigenschappen zoals aangeleverd door de opdrachtgever.



Figuur 1-1: Links: plangebied zonnepark N18, Eeltinkveld, rechts: de locatie van het zonnepark aangeduid met de ster. Bron: Google Earth / Pure Energie en Energiecoöperatie Haaksbergen

2 **Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie**

Voor hinder ten gevolge van reflectie bestaat géén specifiek beleid of regelgeving. 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 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.

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 condities¹, 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).

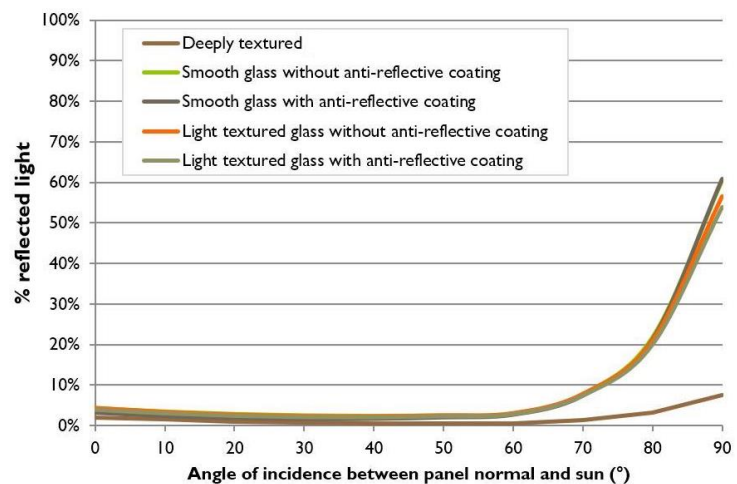
Reflectieprofielen²

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.



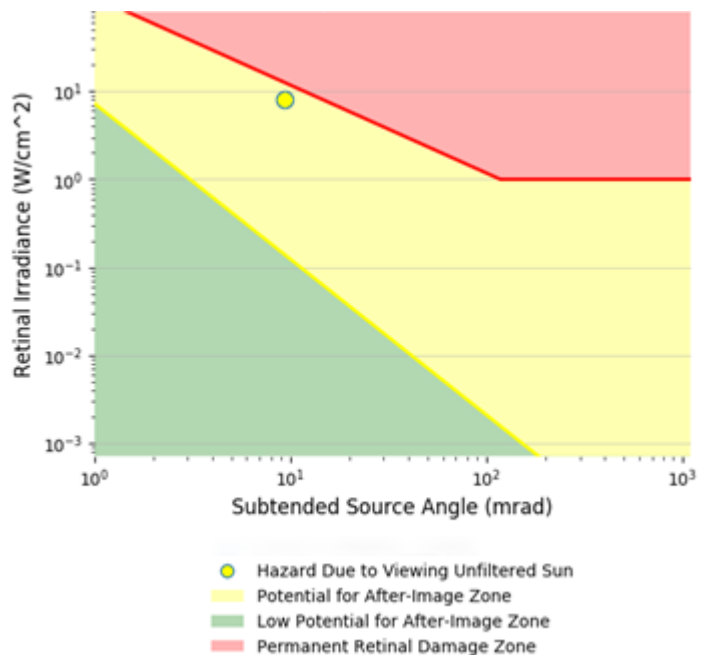
Figuur 3-1: Reflectiviteit ten opzichte van de invalshoek van het zonlicht voor de vijf generieke reflectie profielen (ForgeSolar, 2020).

¹ Perfecte condities: Geen atmosferische blokkade van zoninstraling 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. 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. Permanente 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 N18 Eeltinkveld is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

- Gemiddelde hoogte panelen³: 1.6 meter⁴
- Hellingshoek panelen: 15°
- Meedraaiend met de zon: Nee
- Oriëntatie panelen: 195°
- Panelen materiaal: Smooth glass met anti-reflectiecoating (ARC)
 - Bijbehorende 'slope error'⁵: Correleert met materiaal⁶
- Ooghoogte automobilist: 1.20 meter^{7,8}
- Ooghoogte vrachtwagenchauffeur: 2.50 meter⁸
- Kijkhoek weggebruiker voor routes⁹: 50°
- Tijdzone: UTC +1 (wintertijd)

De reflecties zijn berekend voor 2 routes, zie hiervoor ook Figuur 4-1.

Route 1. N18. Rijrichting noord, van Eibergen richting Enschede. De route start ca. 300 m ten zuiden van het zonnepark en eindigt aan de noordzijde van het zonnepark.

Route 2. N18. Rijrichting zuid, van Enschede richting Eibergen. De route start ca. 250 m ten noorden van het zonnepark en eindigt aan de zijzijde van het zonnepark.



Figuur 4-1: Ingetekende zonnepark (transparant blauwe vlak) met daarbij de twee routes waarvoor de reflectie berekend wordt.

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)

⁷ Zelfde hoogte als referentiehoogte automobilist in TNO onderzoek (TNO, 2016).

⁸ Referentie hoogtes van weggebruikers genoemd in Tabel 17 (SWOV, 2014)

⁹ Kijkhoek van de waarnemer in graden naar links en naar rechts ten opzichte van de rijrichting. FAA (Federal Aviation Administration) onderzoek heeft uitgewezen dat er buiten 50° geen impact is van schittering is op de ontvanger (ForgeSolar, 2021).

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). Hieruit is gebleken dat de gemiddelde hoogte van de ondergrond waar de tafels met panelen op staan gemiddeld op 21,0 m boven NAP ligt, de hoogte van de wegen varieert tussen 20,2 m en 26,9 m boven NAP. De exacte hoogtes per wegdeel op de route kunnen gevonden worden in de bijlage.

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 voor automobilisten - de reflectietijden in uren per jaar die gecompenseerd zijn voor bewolking en filtering door ruiten - kunnen in Tabel 4-1 gevonden worden.

Tabel 4-1: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor automobilisten in uren per jaar.

	Groene reflectie	Gele reflectie
Route 1 – N18 richting Enschede	0,0	0,0
Route 2 – N18 richting Eibergen	0,0	0,0

Zoals te zien is in Tabel 4-1 ondervinden automobilisten over de N18 geen hinder van de reflectie. Bij de berekening van de reflectie op de routes is wel rekening gehouden met een beoordelingsveld van 50 graden naar links en rechts ten opzichte van de rijrichting. Onderzoek heeft uitgewezen dat reflectie zichtbaar buiten dit beoordelingsveld geen impact heeft op de ontvanger (ForgeSolar, 2021) en zal daardoor niet tot hinderende verblinding leiden.

Vrachtwagenchauffeurs

De resultaten van het reflectieonderzoek voor vrachtwagenchauffeurs - de reflectietijden in uren per jaar die gecompenseerd zijn voor bewolking en filtering door ruiten - kunnen in Tabel 4-2 gevonden worden.

Tabel 4-2: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor vrachtwagenchauffeurs in uren per jaar.

	Groene reflectie	Gele reflectie
Route 1 – N18 richting Enschede	0,0	0,0
Route 2 – N18 richting Eibergen	0,0	0,0

Zoals te zien is in Tabel 4-2 ondervinden vrachtwagenchauffeurs, net zoals automobilisten, ook geen hinder van de reflectie.

5 Conclusie

Weggebruikers op de N18 die richting Eibergen zullen geen hinderlijke reflectie ondervinden. De situaties die zullen ontstaan is **wel** wenselijk voor de verkeersveiligheid.

6 Referenties

- Eelerwoude. (2021). *Inrichtingsplan Zonnepark N18 Eeltinkveld, Haaksbergen*. Datum: 11 mei 2021.
- ForgeSolar. (2020). *Module Reflectance Profiles*, Release 2020.04. Opgeroepen op 10 mei, 2020, van ForgeSolar Help: <https://www.forgesolar.com/help/#reflectivity>
- ForgeSolar. (2021). *Route Parameters*. Opgeroepen op 7 april, 2021, van ForgeSolar Help: <https://www.forgesolar.com/help/#route>
- 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 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 – automobilisten.pdf
- ForgeSolar Glare Report – vrachtwagenchauffeurs.pdf

In de bijlage zal te zien zijn dat er wel reflectie voor automobilisten op de N18, rijrichting noord. Echter is dit 6 minuten per jaar. Gecompenseerd is dit 0.025 uur per jaar, oftewel 0.0 uur. Om die reden is het niet genoemd in dit rapport. Mocht het zo zijn dat hier toch hinder van het park af zou komen dan zal worden geblokkeerd door de ca. 4 m hoge struweel aan de westzijde van het zonnepark, beschreven in het inrichtingsplan (Eelerwoude, 2021).