



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2023-125 | september 2023

Luchtvaartveiligheidsstudie zonnepark Schietecoven

Met betrekking tot de vliegoperaties op Maastricht Aachen Airport

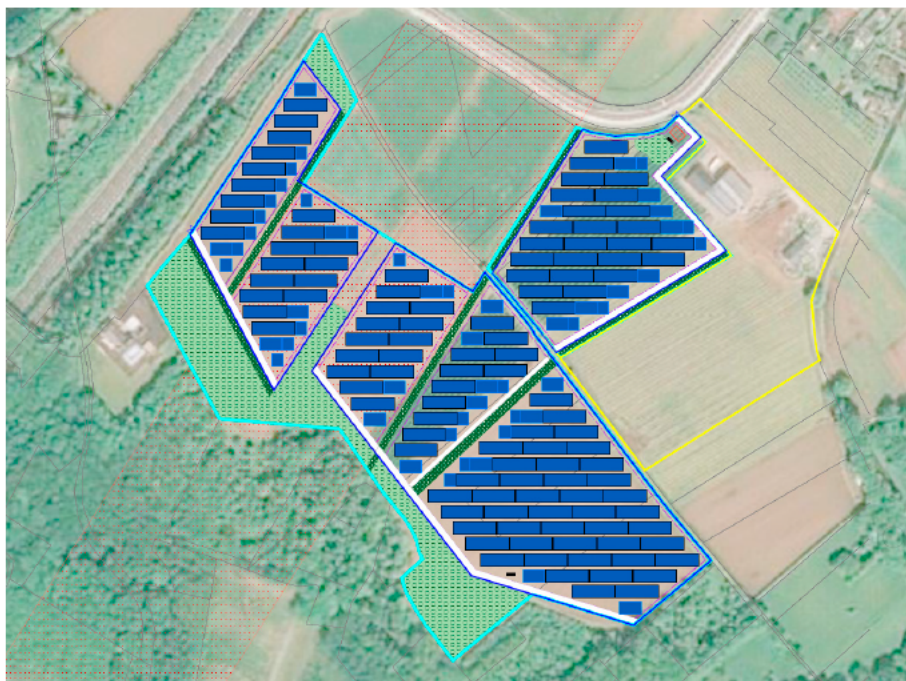
OPDRACHTGEVER: Solarpark ASE Schietecoven B.V.



Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Luchtvaartveiligheidsstudie zonnepark Schietecoven

Met betrekking tot de vliegoperaties op Maastricht Aachen Airport



Probleemstelling

Solarpark ASE Schietecoven B.V. werkt aan de realisatie van Zonnepark Schietecoven. Het plangebied voor dit zonnepark ligt ten zuiden van Maastricht Aachen Airport (MAA), in het verlengde van de start- en landingsbaan, en grenst aan het luchthaventerrein.

Vanwege de nabijheid van de luchthaven zal voor de vergunningsaanvraag een luchtvaartveiligheidsstudie moeten worden uitgevoerd. Deze studie zal moeten aantonen dat het zonnepark geen onaanvaardbaar risico vormt voor het vliegverkeer.

RAPPORTNUMMER
NLR-CR-2023-125

AUTEUR(S)
[REDACTED]

RUBRICERING RAPPORT
ONGERUBRICEERD

DATUM
september 2023

KENNISGEBIED(EN)
Luchtvaartveiligheid

TREFWOORD(EN)
Zonnepanelen
Veiligheid

Beschrijving van de werkzaamheden

De volgende veiligheidsaspecten zijn in deze studie beoordeeld:

- Interferentie met hindernisbeperkingen
- Reflecties en verblinding
- Crash- en post-crasheffecten
- Turbulentieschade

Resultaten en conclusies

Op basis van deze luchtvaartveiligheidsstudie worden de volgende conclusies getrokken:

- Het zonnepark voldoet aan alle internationale voorschriften voor hindernisbeperkingen rondom luchthavens. Wel zal het zonnepark deels binnen het veiligheidsgebied, zoals gedefinieerd in de Regeling burgerluchthavens, liggen. Ervan uitgaande dat de constructie niet zal (kunnen) voldoen aan de breekbaarheidseisen die gelden voor obstakels in dit gebied, zal het zonnepark conflicteren met de voorschriften in het Besluit burgerluchthavens, tenzij de vergunning wordt verleend vóór de inwerkingtreding van het luchthavenbesluit MAA.
- Het zonnepark zal geen reflecties veroorzaken op de verkeerstoren van MAA. Daarmee zal het zonnepark voldoen aan de FAA-criteria zoals deze sinds 2021 van kracht zijn. Wel kan het zonnepark hinderlijke reflecties veroorzaken voor vliegers op de eindnadering van baan 03. De blootstelling hieraan is beperkt en wordt op grond van het nieuwe FAA-beleid toelaatbaar geacht. De hinder kan worden verminderd door de oriëntatie van de panelen aan te passen.
- Het zonnepark zal binnen de beperkingengebieden in verband met externe veiligheid liggen. Daarom wordt aanbevolen om bij het ontwerp van het zonnepark, waar mogelijk, rekening te houden met crash- en post-crashaspecten.
- Het zonnepark kan worden blootgesteld aan significante aerodynamische krachten door overvliegende vliegtuigen. Het wordt aanbevolen om bij het ontwerp van het zonnepark rekening te houden met een maximale aerodynamische druk van 1.200N/m^2 .

Toepasbaarheid

De resultaten van deze studie kunnen gebruikt worden bij het verkrijgen van een vergunning voor de realisatie van het zonnepark en voor nader overleg en afstemming met stakeholders, zoals MAA, de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) en hulpdiensten.

NLR

Anthony Fokkerweg 2

1059 CM Amsterdam

p) +31 88 511 3113

e) info@nlr.nl i) www.nlr.nl



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2023-125 | september 2023

Luchtvaartveiligheidsstudie zonnepark Schietecoven

Met betrekking tot de vliegoperaties op Maastricht Aachen Airport

OPDRACHTGEVER: Solarpark ASE Schietecoven B.V.

AUTEUR(S):



Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar en/of opdrachtgever.

OPDRACHTGEVER	Solarpark ASE Schietecoven B.V.
CONTRACTNUMMER	---
EIGENAAR	NLR
NLR DIVISIE	Aerospace Operations
VERSPREIDING	Beperkt
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:		
AUTEUR	REVIEWER	BEHERENDE AFDELING

Inhoudsopgave

Afkortingen	4
1 Introductie	5
2 Zonnepark Schietecoven	6
3 Hindernisbeperkingen	8
4 Reflecties en verblinding	11
5 Crash- en post-crasheffecten	17
6 Turbulentieschade	20
7 Conclusies en aanbevelingen	22
8 Referenties	23
Appendix A Coördinaten en maaiveldhoogtes	24
Appendix B Reflectieanalyse	25
Appendix B.1 Invoer en instellingen	25
Appendix B.2 Observatiepunten en -routes	26

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
AC	Alternating Current
AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
AIP	Aeronautical Information Publication
AMSL	Above Mean Sea Level
ARC	Anti-Reflection Coating
ATCT	Air Traffic Control Tower
CNS	Communication, Navigation and Surveillance
DC	Direct Current
DNI	Direct Normal Irradiance
DTM	Digital Terrain Model
FAA	Federal Aviation Administration
ICAO	International Civil Aviation Organisation
IenW	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
LVNL	Luchtverkeersleiding Nederland
MAA	Maastricht Aachen Airport
MEP	Multi-Engine Propeller
METAR	Meteorological Aerodrome Report
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NLR	Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
PR	Plaatsgebonden Risico
PV	Photovoltaic
RD	Rijksdriehoek
RESA	Runway End Safety Area
RMS	Root Mean Square
SGHAT	Solar Glare Hazard Analysis Tool
UTC	Coordinated Universal Time
VFR	Visual Flight Rules
WGS-84	World Geodetic System 1984

1 Introductie

Solarpark ASE Schietecoven B.V. werkt aan de realisatie van Zonnepark Schietecoven. Het plangebied voor dit zonnepark ligt ten zuiden van Maastricht Aachen Airport (MAA), in het verlengde van de start- en landingsbaan, en grenst aan het luchthaventerrein.

Vanwege de nabijheid van de luchthaven zal voor de vergunningsaanvraag een luchtvaartveiligheidsstudie moeten worden uitgevoerd. Deze studie zal moeten aantonen dat het zonnepark geen onaanvaardbaar risico vormt voor het vliegverkeer.

Ervaring met andere zonneparken in de buurt van luchthavens leert dat de volgende veiligheidsaspecten hierbij van belang zijn:

- **Hindernisbeperkingen:** Ondanks dat zonneparken in het algemeen geen hoge obstakels zijn kunnen zij toch, dicht bij een luchthaven, interfereren met hindernisbeperkingen die de veiligheid van de vliegoperaties waarborgen.
- **Reflecties en verblinding:** Zonnepanelen kunnen de instraling van de zon weerkaatsen en zo leiden tot verblinding, zowel van vliegers die in de buurt van het zonnepark opereren, als van verkeersleiders op de verkeerstoren.
- **Crash- en post-crasheffecten:** Hoewel de kans dat een vliegtuig in de buurt van een vliegveld neerstort extreem laag is, blijft de kans altijd aanwezig. Bij een crash in een zonnepark is het mogelijk dat door de inherente eigenschappen van het zonnepark de gevolgen van de crash verergerd worden. Hierbij kan worden gedacht aan de overleefbaarheid, elektrocutie en brandgevaar, en de toegankelijkheid door hulpverleners.
- **Turbulentieschade:** Wanneer vliegtuigen op lage hoogte over een zonnepark vliegen zal de constructie worden blootgesteld aan de gevolgen van de turbulentie die door deze vliegtuigen wordt veroorzaakt. Het zonnepark zal zodanig ontworpen moeten worden dat mogelijke schade wordt voorkomen en losrakende onderdelen geen gevaar vormen voor het luchtverkeer.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de luchtvaartveiligheidsstudie naar deze aspecten.

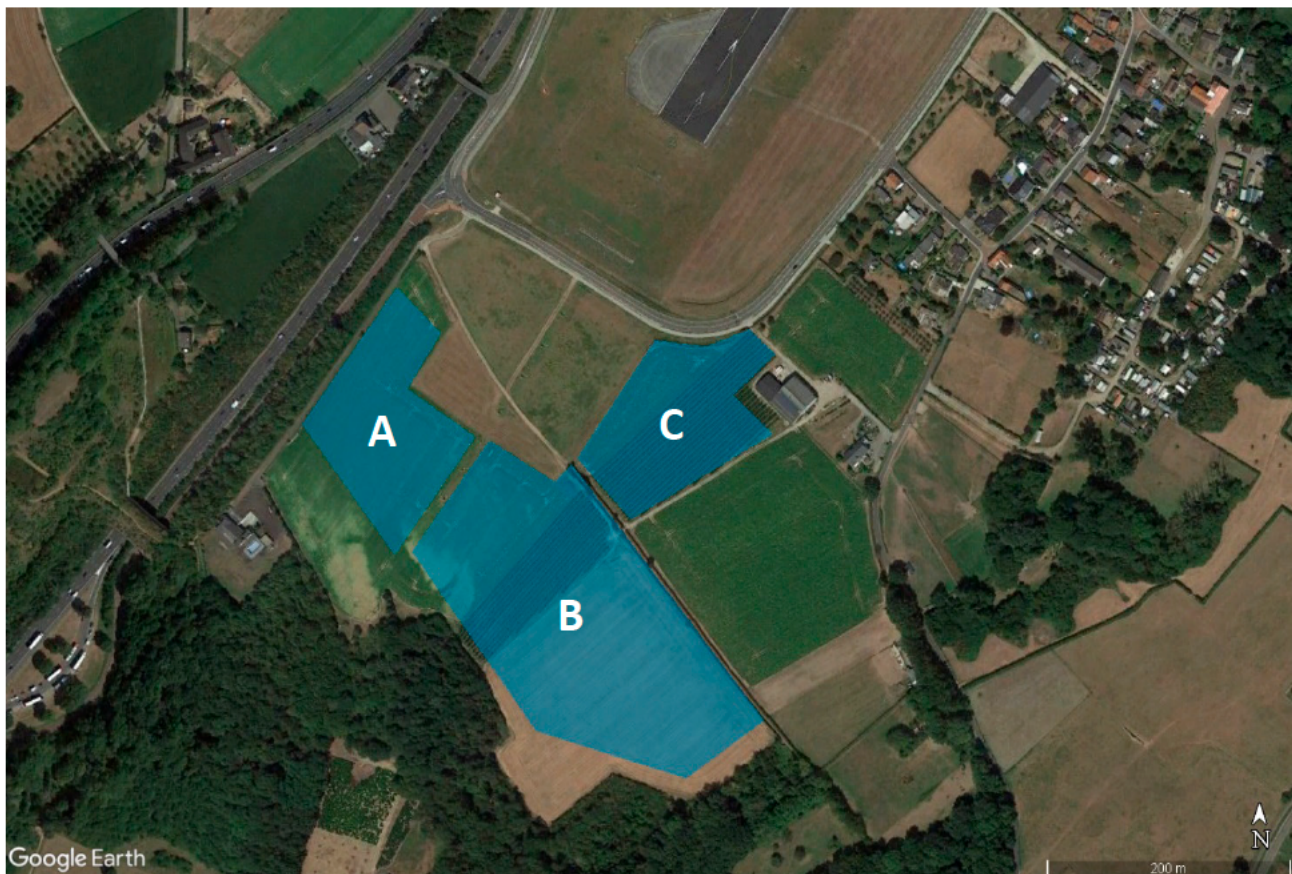
2 Zonnepark Schietecoven

Zonnepark Schietecoven is een plan voor de realisatie van 7,4ha aan zonnepanelen met een totaal potentieel vermogen van 8,88MWp. Het plangebied ligt ten zuiden van MAA, in het verlengde van de start- en landingsbaan, en grenst aan het luchthaventerrein.

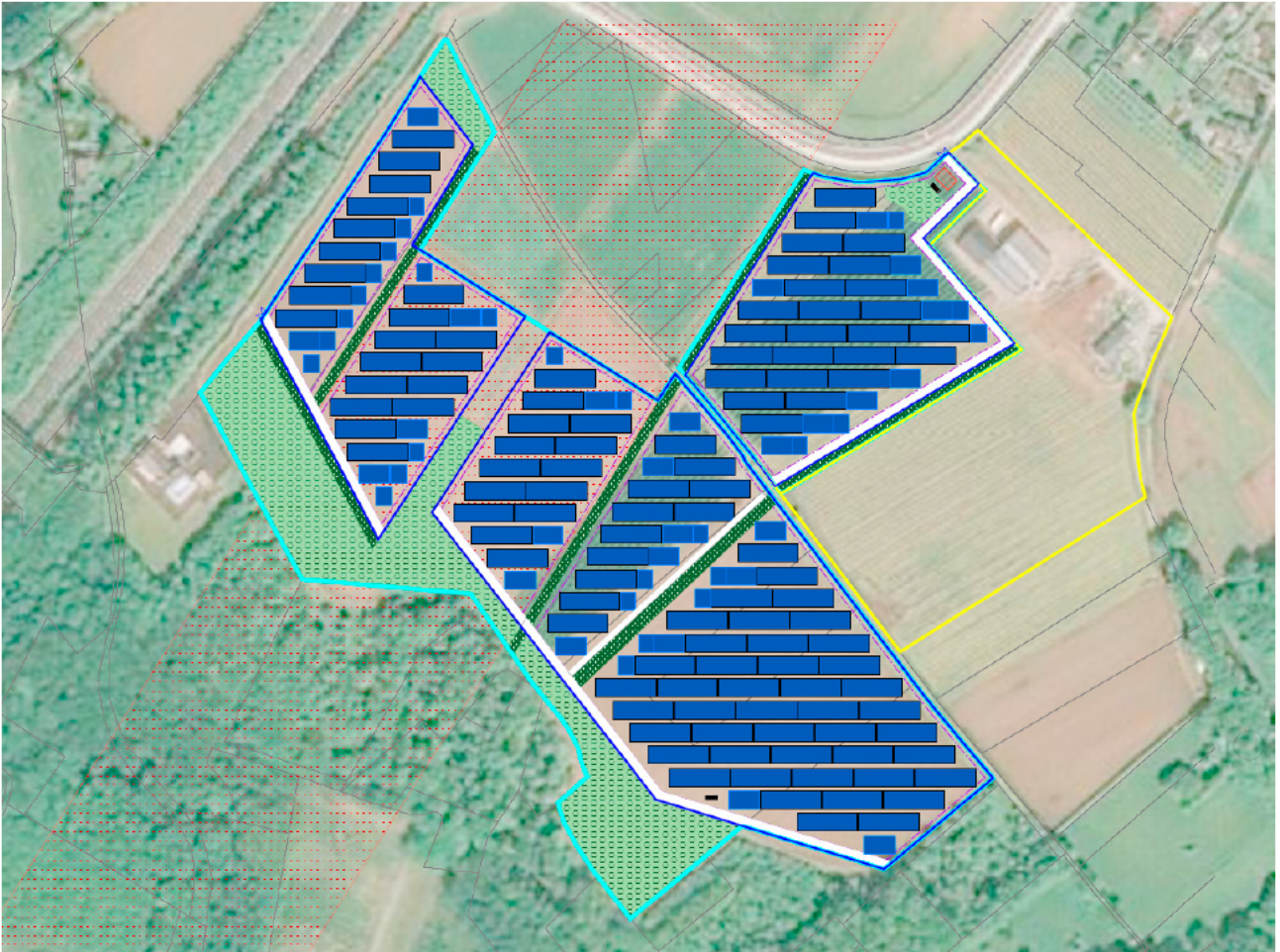
Het beoogde zonnepark bestaat uit drie deelgebieden (kamers) die zijn omgeven door een hekwerk. Deze deelgebieden zijn weergegeven in Figuur 2-1. De coördinaten en maaiveldhoogtes van de deelgebieden zijn opgenomen in Appendix A.

De voorlopige invulling van de kamers is weergegeven in Figuur 2-2. Hierin is de opstelling van de verschillende tafels met zonnepanelen geschetst. De panelen worden geplaatst in een zuid-opstelling (ofwel een oriëntatie van 180°). In totaal voorziet het plan in iets meer dan 15,000 zonnepanelen verdeeld over tafels van 4x7, 4x14 en 4x28 panelen.

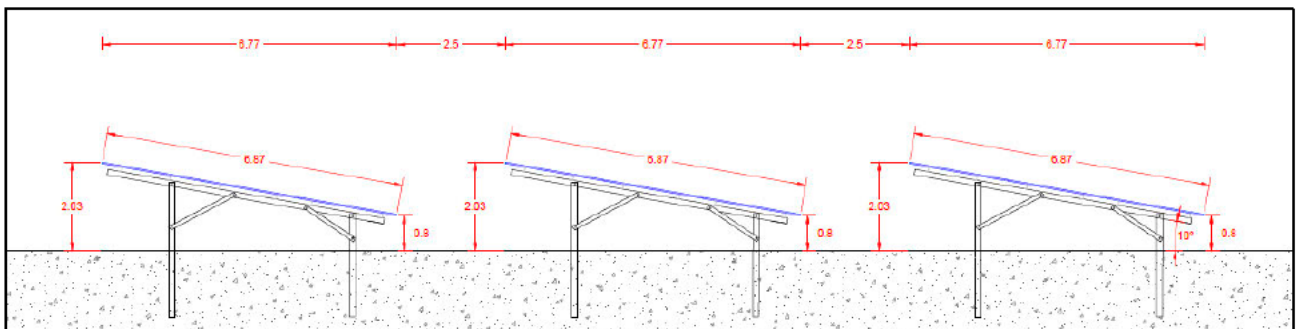
Figuur 2-3 toont de constructie van de panelen met kenmerkende afstanden. De maximale hoogte van de constructie is 2,03m ten opzichte van het maaiveld. De hellingshoek (tilt) is 10°.



Figuur 2-1: Deelgebieden (kamers) van Zonnepark Schietecoven



Figuur 2-2: Technisch schetsontwerp Zonnepark Schietecoven (Bron: Ampyr Energy Tech Solutions PVT LTD)



Figuur 2-3: Constructie van de zonnepanelen (met afstanden in meters)

3 Hindernisbeperkingen

In de omgeving van een luchthaven gelden hoogtebeperkingen voor het oprichten van nieuwe objecten. Deze hoogtebeperkingen zijn gebaseerd op internationale voorschriften en aanbevelingen (ICAO Annex 14) en richtlijnen (ICAO Doc 015) en zijn vastgelegd in nationale wet- en regelgeving (Besluit burgerluchthavens en Regeling burgerluchthavens). Er zijn verschillende beperkingen van toepassing:

- **Veiligheidsgebieden:** Artikel 7 van de Regeling burgerluchthavens schrijft veiligheidsgebieden in het verlengde van start- en landingsbanen voor. In deze gebieden zijn (nieuwe) obstakels in beginsel niet toegestaan, tenzij deze breekbaar en licht van constructie (*frangible*) zijn. Het doel van het veiligheidsgebied is om het risico van ernstige schade aan het vliegtuig – en daarmee letsel aan de inzittenden – in het geval van een te vroege landing dan wel het doorschieten van het vliegtuig na een start of landing zoveel mogelijk te voorkomen. Voor de breekbaarheidsvoorschriften verwijst de Regeling burgerluchthavens naar de internationale richtlijnen in deel 6 van ICAO Doc 9157.
- **Hindernisbeperkende vlakken:** Artikel 8 van de Regeling burgerluchthavens schrijft gebieden met hoogtebeperkingen in verband met de vliegveiligheid voor. Voor de specificaties van deze gebieden wordt verwezen naar de hindernisbeperkende vlakken (*Obstacle Limitation Surfaces*) zoals voorgeschreven in ICAO Annex 14. Deze vlakken definiëren het obstakelvrije luchtruim dat nodig is om veilig op zicht te kunnen manoeuvreren rond de luchthaven alvorens te landen, en om ruimte vrij te houden voor het ontwerp van instrumentvliegprocedures.
- **CNS-toetsvlakken:** Artikel 9 van de Regeling burgerluchthavens schrijft gebieden met hoogtebeperkingen in verband met de goede werking van de apparatuur voor luchtverkeerscommunicatie, -navigatie of -begeleiding (CNS) voor. Voor deze gebieden (*Building Restricted Areas*) met bijbehorende toetsvlakken worden de richtlijnen van ICAO Doc 015 gevolgd die zijn overgenomen in bijlage 6 van de Regeling burgerluchthavens.

Voor een specifieke luchthaven worden de genoemde hoogtebeperkingen vastgelegd in een luchthavenbesluit. Voor MAA is op dit moment (nog) geen luchthavenbesluit vastgesteld. Wel is er in 2016 een ontwerp Luchthavenbesluit Maastricht gepubliceerd waarin de (toekomstige) hoogtebeperkingen zijn uitgewerkt. Deze zullen in principe nog steeds van toepassing zijn wanneer een luchthavenbesluit voor MAA in de nabije toekomst wordt vastgesteld.

Op verzoek van Solarpark ASE Schietecoven B.V. en op basis van door NLR aangeleverde coördinaten en maaiveldhoogtes (zoals opgenomen in Appendix A), heeft de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) een CNS-toetsing uitgevoerd voor het Zonnepark Schietecoven met maximale hoogtes van 112,1 tot 113,9m NAP. Deze toetsing heeft uitgewezen dat het zonnepark geen negatieve invloed zal hebben op de correcte werking van de CNS-apparatuur van de LVNL. Het advies van de LVNL aan de initiatiefnemer is dan ook positief.

Om vast te stellen of het zonnepark zal interfereren met andere hoogtebeperkingen zijn de relevante veiligheidsgebieden en hindernisbeperkende vlakken van MAA in kaart gebracht. Deze zijn weergegeven in Figuur 3-1. Het betreft:

- **Het veiligheidsgebied aan de zuidkant van de start- en landingsbaan:** Dit gebied is symmetrisch ten opzichte van de doorgetrokken hartlijn van de baan, heeft een lengte van 840m ten opzichte van de strook (*strip*) en een breedte van 150m.

- **Het *approach surface* van baan 03:** Dit divergerende vlak met een totale lengte van 15km begint 60m voor de (vershoven) baandrempe van baan 03 op een hoogte van 111,4m NAP. In het eerste segment (tot 3km) heeft het vlak een helling van 2%. De breedte van het vlak is initieel 300m¹ en neemt toe met 15%.
- **Het *take-off climb surface* van baan 21:** Dit divergerende vlak met een lengte van 15km begint 60m na het baaneinde van baan 21 op een hoogte van 111,4m NAP. Het vlak heeft een helling van 2%. De breedte van het vlak is initieel 180m en neemt toe met 12,5% tot een maximum breedte van 1.800m.

Wat betreft de hindernisbeperkende vlakken is het *take-off climb surface* van baan 21 maatgevend. Het meest kritieke punt is waar de noordgrens van deelgebied C de (geprojecteerde) grens van dit vlak snijdt. Dit is op een afstand van 84m vanaf de binnenrand van het vlak. Op dit punt heeft het vlak een hoogte bereikt van $111,4 + 84 \cdot 2\% = 113\text{m}$ NAP. Het hoogste punt binnen deelgebied C heeft een maaiveldhoogte van 110,1m NAP. Met een maximale hoogte van 2m zal het zonnepark dus onder het vlak blijven.

Wel zullen deelgebieden A en B zich deels binnen het veiligheidsgebied bevinden. Aangezien de zonnepanelen en constructie niet zullen voldoen aan de breekbaarheidseisen voor (nieuwe) objecten binnen dit gebied, zal het zonnepark op dit punt in strijd zijn met de voorschriften. Zoals eerder opgemerkt, is er echter nog geen luchthavenbesluit. Het is dus de vraag in hoeverre deze voorschriften al toegepast moeten worden. Artikel 13 van het Besluit burgerluchthavens geeft namelijk aan dat obstakels waarvoor vóór de inwerkingtreding van het luchthavenbesluit een bouwvergunning of aanlegvergunning is verleend wel zijn toegestaan in het veiligheidsgebied.

Los van de juridische vraag of de initiatiefnemer en de gemeente al rekening moeten houden met het veiligheidsgebied in een toekomstig luchthavenbesluit, kan de vraag worden gesteld of het beoogde veiligheidsniveau ook niet kan worden gewaarborgd door een kleiner gebied vrij te houden van obstakels. Internationale voorschriften (ICAO Annex 14) schrijven namelijk een veiligheidsgebied (*Runway End Safety Area – RESA*) voor met een lengte van ten minste 90m. De aanbevolen lengte is 240m. In Figuur 3-1 is de RESA van 240x150m weergegeven met de rode contour. Te zien is dat het zonnepark zodanig is aangepast dat dit gebied (de *recommended RESA*) wordt vrijgehouden. Volgens internationale standaarden is hiermee het risico van ernstige schade en/of letsel in het geval van een te vroege landing dan wel het doorschieten van het vliegtuig na een start of landing voldoende beperkt.

In Nederland worden dus strengere eisen gesteld ten aanzien van de RESA. Mogelijk kan een aeronautische studie hier nog uitkomst bieden. NLR heeft dergelijke studies in het verleden uitgevoerd, bijvoorbeeld voor Twente Airport. Hierin kan dan gekeken worden naar nut en noodzaak van een *extended RESA* van 840m in het specifieke geval van MAA, rekening houdend met de operationele aspecten zoals de baankarakteristieken, het type verkeer en het aantal vliegbewegingen. In de aeronautische studie voor Twente Airport uit 2016 is op deze wijze vastgesteld dat het toepassen van een *extended RESA* slechts een zeer beperkt (verwaarloosbaar) positief veiligheidseffect heeft ten opzichte van een *recommended RESA* en dat het beoogde veiligheidsniveau ook met een *recommended RESA* zou worden bereikt.

¹ Deze initiële breedte is opgenomen in het ontwerp Luchthavenbesluit Maastricht. In ICAO Annex 14 is deze inmiddels verlaagd naar 280m.



Figuur 3-1: Ligging van Zonnepark Schietecoven ten opzichte van de hindernisbeperkende vlakken en het veiligheidsgebied

4 Reflecties en verblinding

Zonnepanelen kunnen de vliegveiligheid ook beïnvloeden door hinderlijke reflecties (verblinding). Het betreft enerzijds de mogelijkheid van verblinding van vliegers die manoeuvreren rond de luchthaven en anderzijds verblinding van verkeersleiders op de verkeersstoren, die het vliegverkeer begeleiden.

Criteria

Het *Informatiebulletin toepassing zonnecollectoren op en rond luchthavens* van lenW geeft aan dat het is toegestaan om zonnecollectoren te plaatsen op en rondom luchthavens. Voor zover bekend zijn er geen noemenswaardige incidenten als gevolg van gereflecteerd zonlicht door zonnecollectoren bekend. Het is echter niet onmogelijk dat deze installaties hinder en gevaar kunnen opleveren voor het luchtverkeer. Daarom wordt in het informatiebulletin aanbevolen pragmatisch met de toepassing van deze installaties om te gaan.

Hiervoor worden echter geen nadere richtlijnen gespecificeerd. Ook in de Europese regelgeving (Commission Regulation 139/2014 van de Europese Unie) wordt de noodzaak van het beschouwen van de effecten van reflecterende oppervlakken benoemd:

Article 9

Monitoring of aerodrome surroundings

Member States shall ensure that consultations are conducted with regard to human activities and land use such as:

- (a)
- (d) the use of highly reflective surfaces which may cause dazzling;
- (e)

Er wordt echter geen nadere aanduiding van een geaccepteerde manier van *consultation* gegeven.

In afwezigheid van Nederlandse of Europese richtlijnen wordt voor het beoordelen van het risico van mogelijke hinderlijke reflecties van het zonnepark gebruik gemaakt van de door de Amerikaanse luchtvaartautoriteit (FAA) opgestelde richtlijnen. Hierbij zijn de volgende niveaus voor de mate van verblinding (*glare*) gedefinieerd:

- *Red glare*: de mate van verblinding is zo ernstig dat er permanent oogletsel (netvliesverbranding) kan optreden;
- *Yellow glare*: de mate van verblinding is zodanig dat er een redelijke kans bestaat op nabeelden (*after-images*) van beperkte duur;
- *Green glare*: elke mate van zonnereflectie die het oog treft, met een laag risico op nabeelden.

In de *Interim Policy* die in 2013 is gepubliceerd zijn door de FAA de volgende criteria vastgesteld:

- Geen *yellow glare* toegestaan op elk eindnaderingspad vanaf 2 mijl² voor de baandrempel;
- Geen *glare* van enige soort toegestaan voor verkeersstorens op waarnemingshoogte.

In 2021 heeft de FAA een *Final Policy* gepubliceerd. Hierin wordt het eerste criterium (voor de eindnaderingspaden) niet meer gehanteerd. De eis dat er geen *glare* mag zijn op de verkeersstoren is in het nieuwe FAA-beleid echter onverminderd van kracht. Als reden hiervoor stelt de FAA het volgende:

² 2 statute mile (3.219m)

“Initially, FAA believed that solar energy systems could introduce a novel glint and glare effect to pilots on final approach. FAA has subsequently concluded that in most cases, the glint and glare from solar energy systems to pilots on final approach is similar to glint and glare pilots routinely experience from water bodies, glassfaçade buildings, parking lots, and similar features. However, FAA has continued to receive reports of potential glint and glare from on-airport solar energy systems on personnel working in ATCT cabs. Therefore, FAA has determined the scope of agency policy should be focused on the impact of on-airport solar energy systems to federally-obligated towered airports, specifically the airport’s ATCT cab.”

In het nieuwe beleid geeft de FAA dus aan dat er, op basis van voortschrijdend inzicht en praktijkervaringen met bestaande zonneparken, geen significante hinder meer wordt verwacht voor vliegers. De reflecties van zonnepanelen worden (in de meeste gevallen) als vergelijkbaar ervaren met reflecties veroorzaakt door wateroppervlakken, gebouwen met glazen gevels en autoruiten van geparkeerde auto’s. Op grond daarvan is het criterium voor vliegers op de eindnadering in het definitieve FAA-beleid komen te vervallen.

Desalniettemin is de reflectieanalyse in deze studie niet beperkt tot alleen de verkeerstoren. Zoals de FAA aangeeft is het niet uitgesloten dat vliegers aan significante reflecties worden blootgesteld (*“in most cases”*). Het is daarom goed om de blootstelling van vliegers aan reflecties ook in kaart te brengen. Het nieuwsbericht op de FAA website bij de publicatie van de *Final Policy*³ lijkt hier ook op te wijzen. Daarin staat:

“The policy requires airports to measure the visual impact of such projects on pilots and air traffic control personnel.”

Voor het beoordelen van de mogelijke hinder van Zonnepark Schietecoven voor de operaties op MAA zijn daarom zowel de verkeerstoren als de eindnaderingen en verkeerscircuits meegenomen in de analyse.

Reflectieanalyse

Voor het bepalen van de mate van reflectie is gebruik gemaakt van software van ForgeSolar, voorheen van Sandia National Laboratories: het zogenaamde Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT). Deze software is online toegankelijk. De software is wereldwijd bruikbaar en berekent, op basis van door de gebruiker verschaft parameters over de zonnepanelen en de vliegoperaties in de nabijheid, in hoeverre verblinding kan optreden, gerelateerd aan de periode in het jaar en de tijd van de dag.

Voor de berekeningen zijn de volgende aannames en uitgangspunten gebruikt:

- De omvang en ligging van het zonnepark zijn gebaseerd op de door de opdrachtgever aangeleverde coördinaten van de hoekpunten (zie Appendix A);
- De deelgebieden worden binnen het hekwerk volledig bedekt met zonnepanelen;
- De zonnepanelen worden geplaatst in een zuid-opstelling (een vaste oriëntatie van 180°);
- De zonnepanelen zijn 10° gekanteld (hoek van 10° ten opzichte van de horizontaal);
- De zonnepanelen hebben een hoogte van 2m ten opzichte van het maaiveld. Voor de maaiveldhoogte is per deelgebied het hoogste punt binnen het gebied genomen (zie Appendix A).

In de software van ForgeSolar zijn een vijftal verschillende soorten zonnepanelen beschikbaar. De eigenschappen hiervan zijn gegeven in Appendix B.1 (Tabel B-2 en Figuur B-1). De reflectieanalyse in deze studie is uitgevoerd met *light textured glass with ARC (anti-reflection coating)*. Dit is een standaard glasoort met een anti-reflectiecoating, waarbij de hoek van lichtinval ongeveer gelijk is aan de hoek van uitval waardoor een relatief smalle reflectiebundel

³ [FAA Issues Policy on Solar Projects on Airports | Federal Aviation Administration](#)

ontstaat. In de software kan ook gekozen worden voor een speciale glassoort (*deeply textured*) die de reflecties meer verstrooid. Deze glassoort levert een meer diffuse reflectiebundel, die minder intens is maar wel over een breder gebied verspreid wordt. Deze glassoort voorkomt doorgaans significante reflecties. Volgens verschillende zonneparkontwikkelaars is deze glassoort in de praktijk echter niet meer verkrijgbaar. Dit wordt daarom niet als een haalbaar alternatief beschouwd.

Voor de overige invoergegevens en instellingen (zoals de intensiteit van de instraling van de zon en de eigenschappen van het menselijk oog) zijn standaard waarden gebruikt (zie Appendix B.1).

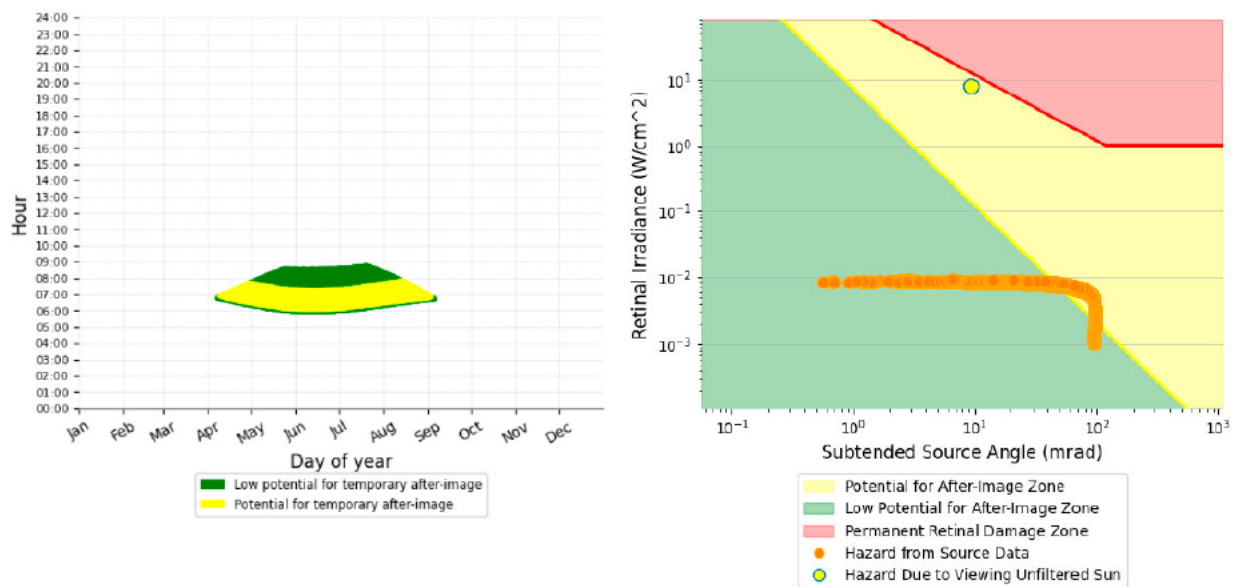
In lijn met de (oude) richtlijnen van de FAA is de mate van reflectie berekend voor beide eindnaderingen (van baan 03 en 21) en de verkeerstoren. De eindnaderingen zijn gedefinieerd als drie-graden naderingen vanaf 2 mijl in het verlengde van de baan tot 50ft (15m) boven de baandrempel. Ter plaatse van de verkeerstoren is een observatiepunt geplaatst. Voor de waarnemingshoogte is de hoogte van de verkeerstoren genomen (473ft NAP) zoals gepubliceerd in de Luchtvaartgids (AIP). Daarnaast zijn additionele analyses gedaan voor circuits voor het VFR-verkeer en de VFR rapporteringspunten GOLF en ROMEO. Appendix B.2 geeft een overzicht van alle observatiepunten en -routes.

De resultaten van de reflectieanalyse zijn samengevat in Tabel 4-1. Hieruit is het volgende op te maken:

- Het zonnepark zal geen reflecties op de verkeerstoren veroorzaken. Dit resultaat is ook in te zien wanneer de geometrie wordt beschouwd. De zonnepanelen zijn namelijk van de verkeerstoren af gericht. De verkeerstoren bevindt zich ruim onder het denkbeeldige afschermingsvlak dat vanaf het zonnepark onder een hoek van 10° (de tilt van de panelen) oploopt richting het noorden. Dit betekent dat er vanuit de toren alleen zicht is op de achterkant van de zonnepanelen en dat reflecties op de toren fysisch onmogelijk zijn. Hiermee voldoet Zonnepark Schietecoven dus aan de FAA-criteria zoals deze sinds 2021 van kracht zijn (geen *glare* op de verkeerstoren).
- Het zonnepark kan wel hinderlijke reflecties (*yellow glare*) veroorzaken op de eindnadering van baan 03. Deze reflecties zijn uitsluitend afkomstig van zonnepanelen in deelgebieden B en C. Deelgebied B is maatgevend voor de totale duur op jaarbasis van de blootstelling aan deze reflecties. De periode waarin deelgebied C deze reflecties veroorzaakt valt namelijk geheel binnen de periode waarin deelgebied B reflecties veroorzaakt. Met andere woorden, deze doen zich tegelijkertijd voor. De totale duur van de blootstelling aan hinderlijke reflecties van Zonnepark Schietecoven is daarom 158 uur op jaarbasis. Figuur 4-1 toont de blootstelling en ernst in meer detail. De hinderlijke reflecties kunnen zich voordoen van april tot september tussen 06:00 en 08:00 (lokale wintertijd). De ernst op basis van de intensiteit (*irradiance*) en de grootte van de *glare spot* (*subtended angle*) komt net binnen het gele gebied. Verwacht wordt daarom dat de mate van hinder in de praktijk beperkt zal zijn en vergelijkbaar met de hinder die veroorzaakt kan worden door andere bronnen zoals wateroppervlakken, gebouwen met glazen gevels en autoruiten van geparkeerde auto's. Het nieuwe FAA-beleid stelt geen eisen meer aan de mate van hinder voor de eindnadering. De reflecties van het zonnepark op de eindnadering van baan 03 worden daarom toelaatbaar geacht.
- Verder levert het zonnepark alleen reflecties op voor de VFR-circuits. Het westelijke circuit kan enkele uren per jaar worden blootgesteld aan hinderlijke reflecties (*yellow glare*). Dit circuit wordt echter vanwege geluidsoverlast zo min mogelijk gebruikt en alleen na toestemming van de verkeersleiding. De hinder voor de verkeerscircuits wordt daarom beschouwd als verwaarloosbaar.

Tabel 4-1: Mate en duur op jaarbasis van reflecties van Zonnepark Schietecoven bij toepassing van light textured glass met ARC

Observatiepunt/-route	Deelgebied A		Deelgebied B		Deelgebied C	
	Green glare (uren)	Yellow glare (uren)	Green glare (uren)	Yellow glare (uren)	Green glare (uren)	Yellow glare (uren)
Eindnadering 03	0	0	127	158	103	114
Eindnadering 21	0	0	0	0	0	0
Verkeerstoren	0	0	0	0	0	0
Circuit Oost	670	0	1.584	0	512	0
Circuit West	1.526	1	1.603	3	890	0
Circuit Jets/MEP	530	0	790	0	437	0
GOLF	0	0	0	0	0	0
ROMEIO	0	0	0	0	0	0



Figuur 4-1: Blootstelling en ernst van reflecties van het maatgevende deelgebied (B) van Zonnepark Schietecoven op de eindnadering van baan 03 bij toepassing van light textured glass met ARC. De tijden in de linker grafiek zijn uitgedrukt in lokale (winter)tijd (UTC+1)

Bewolking

De ForgeSolar software houdt geen rekening met weersomstandigheden waarin reflecties zich niet zullen voordoen (zoals bewolking). De werkelijke blootstelling aan hinderlijke reflecties (*yellow glare*) op de eindnadering van baan 03 zal dus lager zijn dan de worst-case blootstelling die in Tabel 4-1 is gegeven. Om dit effect te kwantificeren zijn luchtvaartmeteorologische weerrapporten (METARs⁴) voor MAA van de afgelopen vijf jaar (2018-2022) geanalyseerd.

In een METAR wordt de bedekkingsgraad (in achtsten) per wolkenlaag als volgt gerapporteerd:

- FEW (*few*): 1/8 t/m 2/8;
- SCT (*scattered*): 3/8 t/m 4/8;
- BKN (*broken*): 5/8 t/m 7/8; en
- OVC (*overcast*): 8/8.

Wanneer er geen (operationeel significante) bewolking is gedetecteerd wordt dit in de METAR aangegeven met de afkorting NSC (*no significant clouds*) of NCD (*no clouds detected*). In deze analyse is aangenomen dat er dan geen bewolking is⁵. Ook wanneer de informatie over bewolking niet beschikbaar is of wanneer CAVOK (*cloud and visibility OK*) wordt vermeldt, is aangenomen dat er geen bewolking is. Als de hoogte/bedekkingsgraad van de wolkenbasis niet meetbaar is als gevolg van intensieve neerslag of mist, dan wordt in de METAR alleen het verticale zicht gerapporteerd (indien beschikbaar). In deze gevallen is aangenomen dat het volledig bewolkt is (8/8 bedekkingsgraad).

Aan de hand van bovenstaande uitgangspunten is voor iedere METAR uitgegeven tussen 05:00 en 07:00 UTC in de maanden april t/m augustus (wanneer hinderlijke reflecties op de eindnadering van baan 03 kunnen optreden), de bedekkingsgraad per wolkenlaag bepaald. Hieruit is afgeleid wat de kans is dat reflecties worden belet door bewolking. De gemiddelde kans over alle 3.060 beschouwde METARs is 32%. Dit betekent dat in 32% van de 158 uren op jaarbasis waarin een vlieger op de eindnadering van baan 03 (geometrisch gezien) kan worden blootgesteld aan hinderlijke reflecties (*yellow glare*), de bewolking zodanig zal zijn dat er in de praktijk geen reflecties zullen optreden. De werkelijke blootstelling zal daarom circa 107 uur op jaarbasis bedragen. Dit is minder dan 2% van het aantal uren dat MAA is opengesteld voor vliegverkeer.

Baangebruik

In de uren dat een vlieger op de eindnadering van baan 03 kan worden blootgesteld aan hinderlijke reflecties (*yellow glare*), zal deze baan niet altijd in gebruik zijn. Baan 03 is niet de preferente landingsbaan. In de m.e.r.-beoordelingsnotitie ten behoeve van de aanvraag van het luchthavenbesluit is ervan uitgegaan dat 34% van de landingen op baan 03 zal worden uitgevoerd. Dit verlaagt de blootstelling nog verder tot circa 36 uur op jaarbasis (minder dan 1% van het aantal uren dat MAA is opengesteld voor vliegverkeer).

Oriëntatie van de zonnepanelen

De resultaten van de reflectieanalyse zoals in het voorgaande gepresenteerd zijn gebaseerd op een oriëntatie van de zonnepanelen van 180° (pal zuid). Deze oriëntatie heeft de voorkeur met het oog op de opbrengst van de panelen. Er kan echter overwogen worden om de oriëntatie aan te passen om de blootstelling aan reflecties op de eindnadering van baan 03 te verminderen of zelfs te vermijden. Om het effect hiervan in kaart te brengen zijn in ForgeSolar aanvullende analyses uitgevoerd met verschillende oriëntaties per deelgebied. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4-2. Hieruit is het volgende af te leiden:

⁴ Dit zijn standaard weerrapporten met luchtvaartmeteorologische informatie voor operationeel gebruik en de vluchtvoorbereiding. Voor Nederlandse luchthavens worden deze ieder half uur door het KNMI uitgegeven.

⁵ Dit is een conservatieve aanname. Wolken met een basis van 5000ft of hoger worden als niet operationeel significant beschouwd en daarom niet gerapporteerd (met uitzondering van significante convectieve wolken). Deze hoge wolkenlagen zijn dus niet meegenomen in de analyse maar kunnen wel degelijk van invloed zijn op de blootstelling aan reflecties.

- De blootstelling kan worden verminderd door de panelen in deelgebied B en C richting het zuidwesten te draaien. Een rotatie van 30° ten opzichte van de voorkeursoriëntatie (dus 210° i.p.v. 180°) levert een vermindering in de totale duur van de reflecties op van circa 50%.
- Een, naast de beoogde zuid-opstelling, eveneens gangbare oost-west opstelling van de panelen (90° + 270°) zal geen noemenswaardig effect hebben. De blootstelling door het maatgevende deelgebied (B) is in beide opstellingen nagenoeg gelijk.

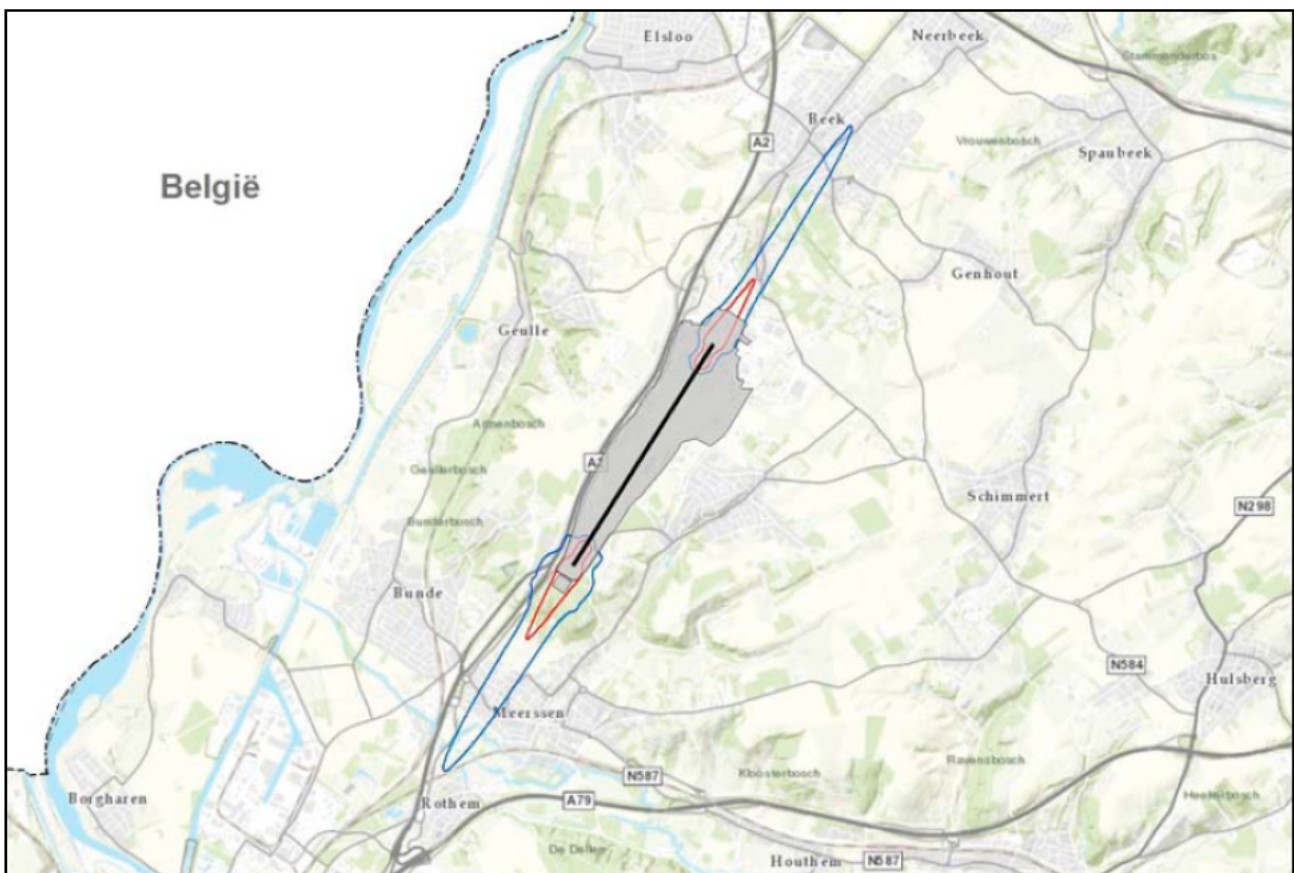
Tabel 4-2: Blootstelling (in uren op jaarbasis) aan hinderlijke reflecties (yellow glare) op de eindnadering van baan 03 bij verschillende oriëntaties van de zonnepanelen

Oriëntatie	Deelgebied A	Deelgebied B	Deelgebied C
90°	0	154	25
120°	0	210	131
150°	0	230	174
180°	0	158	114
210°	0	86	51
240°	0	24	6
270°	0	0	0

5 Crash- en post-crasheffecten

De kans dat een vliegtuig neerstort is extreem klein. Desondanks is een ernstig ongeval in de buurt van MAA nooit helemaal uit te sluiten. In dit verband is het goed om op te merken dat het laatste ernstige ongeval in Nederland, de crash met de Turkish Airlines Boeing 737-800 op 25 februari 2009 bij Schiphol, plaatsvond tijdens de eindnadering en dat de crashlocatie onder de aanvliegeroute, niet ver van de landingsbaan was gelegen. Dit toont aan dat, ondanks de extreem lage ongevalskans, het toch kan gebeuren dat een vliegtuig precies in het gebied van Zonnepark Schietecoven neerstort, met name omdat het gebied zich onder een aanvliegeroute en vlakbij de baan bevindt. Een ander mogelijk ongevalsscenario dat relevant is voor Zonnepark Schietecoven is een *runway overrun* waarbij een vliegtuig aan het einde van de baan doorschiet na een landing of afgebroken start.

De bepaling van de kans dat een vliegtuig op een bepaalde plaats neerstort in de buurt van een luchthaven is het domein van de externe veiligheid. De zogenaamde plaatsgebonden risicocontouren (PR-contouren), die in dit kader bepaald worden, worden gebruikt ten behoeve van de ruimtelijke ordening rond een luchthaven om te voorkomen dat personen op de grond worden blootgesteld aan een onaanvaardbaar risico. Om deze reden worden de PR-contouren opgenomen in een luchthavenbesluit. De PR-contouren die hierbij gehanteerd worden zijn de 10^{-5} en 10^{-6} -risicocontouren. Het risico wordt uitgedrukt in de kans dat een persoon op de grond komt te overlijden ten gevolge van een vliegtuigongeval, indien deze persoon continu op een vaste plaats zou verblijven. Deze kans wordt uitgedrukt in een overlijdenskans per jaar. In Figuur 5-1 zijn de toepasselijke PR-contouren voor MAA aangegeven zoals opgenomen in het ontwerp Luchthavenbesluit Maastricht.



Figuur 5-1: Beperkingengebieden in verband met externe veiligheid zoals opgenomen in Bijlage 2 van het ontwerp Luchthavenbesluit Maastricht uit 2016 met de 10^{-5} -risicocontour in rood en de 10^{-6} -risicocontour in blauw aangegeven

Hieruit is op te maken dat Zonnepark Schietecoven grotendeels of zelfs geheel binnen de 10^{-5} -risicocontour zal liggen. Dit levert geen beperkingen op voor het zonnepark omdat er geen sprake is van nieuwbouw van een gebouw (en er dus geen personen zullen verblijven). Maar het illustreert wel dat er een zekere – maar nog steeds zeer kleine – kans bestaat dat een vliegtuig neerstort in het zonnepark. Om deze reden is het goed om de mogelijke consequenties hiervan (voor inzittenden en hulpverlening) nader te beschouwen. De volgende aspecten kunnen hierbij onderscheiden worden:

- Schade aan het luchtvaartuig en gevolgen voor de overleefbaarheid;
- Elektrocutie en brandgevaar;
- Fysieke belemmering van de hulpverlening (toegankelijkheid).

Schade aan het luchtvaartuig

Door het realiseren van een zonnepark is het mogelijk dat de kans op het overleven van een crash op de gegeven locatie wordt verminderd. Bij een crash op enige afstand van de luchthaven is de kans op overleven na een crash echter vaak slechts beperkt. Desondanks zijn vliegtuigconstructies zodanig ontworpen dat ze een zekere impact ten gevolge van een crash kunnen weerstaan. Zoals de crash met Turkish Airlines heeft aangetoond was de vliegtuigconstructie zodanig sterk dat het merendeel van de passagiers de crash heeft overleefd. Ook bij een *runway overrun* zijn de overlevingskansen doorgaans relatief hoog. De vraag die zich voordoet is in welke mate de overlevingskansen afnemen wanneer het toestel niet in de vlakke aarde maar in een zonnepark terechtkomt. Deze vraag is echter zonder diepgaande analyse niet te beantwoorden en valt buiten de scope van het huidige onderzoek. Wel is het evident dat wanneer het zonnepark zodanig ontworpen zou worden dat het in zekere mate makkelijk breekbaar zou zijn na impact, dit de kansen op overleven zou doen toenemen. Het kan dus overwogen worden om hiermee bij het ontwerp van de constructie van het zonnepark rekening te houden.

Dit geldt zeker voor de delen van het zonnepark die zich binnen het veiligheidsgebied bevinden (zoals vastgesteld in Hoofdstuk 3). Volgens de Regeling burgerluchthavens dienen obstakels in dit gebied te voldoen de breekbaarheidsvoorschriften die zijn opgenomen in bijlage 4 bij de regeling. In bijlage 4 wordt verwezen naar internationale richtlijnen (ICAO Doc 9157 Part 6). De vraag is natuurlijk of deze voorschriften technisch en financieel haalbaar zijn voor de constructie van een zonnepark. Zo niet, dan zal het veiligheidsgebied vrijgehouden moeten worden, tenzij de initiatiefnemer toestemming krijgt om hiervan af te wijken, eventueel op basis van een aeronautische studie (zie Hoofdstuk 3).

Buiten het veiligheidsgebied bestaan geen formele eisen voor de breekbaarheid van de constructie van een zonnepark of enig ander bouwwerk ten behoeve van de luchtvaartveiligheid.

Elektrocutie en brandgevaar

Een zonnepark kan grote elektrische vermogens leveren. Wanneer een vliegtuig in een zonnepark zou neerstorten is het mogelijk dat het zonnepark, geheel of gedeeltelijk, blijft functioneren. Het gevolg is dat er vonkvorming kan ontstaan die kan leiden tot brandgevaar, zeker wanneer brandbare stoffen vrijkomen na een crash. Daarnaast is het mogelijk dat passagiers of hulpverleners worden blootgesteld aan stroomvoerende elementen, hetgeen kan leiden tot elektrocutie.

Om deze reden is het van belang dat er maatregelen genomen worden om in algemene zin de veiligheid te bevorderen in de situatie na een crash voor hulpverleners en slachtoffers. Hierbij kan gedacht worden aan het dubbel isoleren van panelen en DC-kabels en de AC-kabels in de grond in te graven op een diepte van 60 tot 100cm. Voorts dient er voor het zonnepark een noodstop aanwezig te zijn om na een crash zo snel mogelijk het veld spanningsvrij te maken. Het wordt aanbevolen om daarnaast een centrale noodstopvoorziening mogelijk te maken, waarmee de hulpdiensten van buitenaf het veld spanningsvrij kunnen maken. Met deze maatregelen worden de risico's met betrekking tot elektrocutie en brandgevaar bij een vliegongeval als aanvaardbaar beschouwd.

Toegankelijkheid

Zonnepark Schietecoven is volledig gelegen buiten het luchthaventerrein. In geval van een crash in het zonnepark zullen de hulpverleners op de luchthaven en hulpverleners uit omliggende gemeenten over de openbare weg naar de crashlocatie moeten aanrijden. Deelgebied C is daarbij snel bereikbaar en toegankelijk via de Nieuwe Vliekerweg. Voor deelgebied A is een toegangspoort voorzien aan de Meerssenerbergweg. Voor deelgebied B is een toegangspoort aan de Hekstraat gepland. Voor de toegankelijkheid is het van belang dat de hulpdiensten gebruik kunnen maken van een toegangssysteem of een sleutelkuis om de toegangspoorten te openen.

Omdat een crash midden in het zonnepark zou kunnen plaatsvinden is het noodzakelijk dat er vanaf de toegangswegen onderhoudswegen en/of -paden binnen het zonnepark worden vrijgehouden. Deze wegen en paden kunnen worden gebruikt om hulpverleners toegang tot de crashlocatie te geven en om eventueel overlevenden af te voeren. De paden moeten wel zodanig ontworpen zijn dat zwaar materieel, zoals een crashtender, zich ongehinderd over deze paden kan bewegen. Het is hierbij niet noodzakelijk om de paden te verharden, indien gewaarborgd wordt dat de ondergrond (ook na veel regenval) voldoende stevig is om te voorkomen dat genoemde voertuigen zullen wegzakken of vast komen te zitten.

Desondanks zullen de zonnepanelen een beperking voor de bewegingsvrijheid van hulpverleners geven. Hiermee dient echter pragmatisch omgegaan te worden, omdat de situatie niet wezenlijk verschilt van een reddingsinzet op een andere locatie buiten de luchthaven. Het onderwerp hoort daarom vooral thuis in het aanvalsplan van de hulpverleners. Het wordt aanbevolen om dit onderwerp in ieder geval met de hulpverleningsdiensten af te stemmen.

Voorgestelde mitigerende maatregelen

Samenvattend worden voor de overleefbaarheid na een crash en de toegankelijkheid voor hulpdiensten de volgende maatregelen voor het ontwerp van het zonnepark voorgesteld:

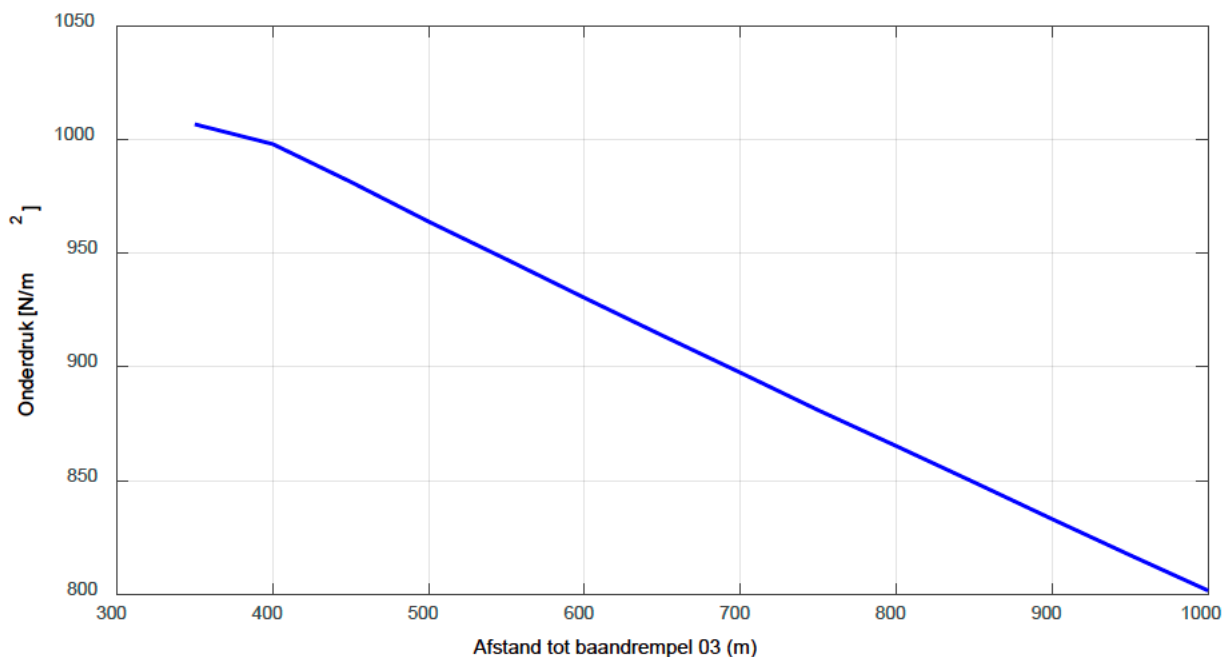
- Het beperken van de impact voor een doorschietend vliegtuig (*runway overrun*) door (binnen het veiligheidsgebied):
 - De constructie, voor zover mogelijk, een zekere mate van breekbaarheid te geven.
- Voorkomen van blootstelling aan stroomvoerende elementen door:
 - Zonnepanelen en DC-kabels (dubbel) te isoleren;
 - AC-kabels in te graven; en
 - Het zonnepark te voorzien van noodstopvoorzieningen waarmee het park van buitenaf spanningsvrij gemaakt kan worden.
- Waarborgen van de bereikbaarheid en toegankelijkheid van het zonnepark voor hulpdiensten door:
 - De toegangspoorten te voorzien van een toegangssysteem of sleutelkuis voor gebruik door hulpdiensten;
 - Bij het ontwerp van onderhoudswegen en/of -paden rekening te houden met de afmetingen en het gewicht van zwaar materieel van hulpdiensten (zoals de crashtenders van de luchthaven); en
 - De onderhoudswegen en/of -paden vrij te houden van obstakels.

Aanbevolen wordt om de nadere invulling hiervan af te stemmen met de veiligheidsregio en/of de betrokken hulpverleningsdiensten.

6 Turbulentieschade

Zonnepark Schietecoven ligt onder de eindnadering van de baan 03. Vliegtuigen die op deze baan landen zullen op lage hoogte over het zonnepark vliegen. Het zonnepark ligt op 350 tot 700m voor de baandrempel. De nominale vlieghoogte boven het zonnepark bedraagt 110 tot 170ft (33 tot 52m). De aerodynamische effecten ten gevolge van de tipwervels en neerstroming van landende vliegtuigen kunnen ter plaatse van het zonnepark significant zijn. De aerodynamische kracht die hierdoor op het zonnepark uitgeoefend kan worden, wordt bepaald door het gewicht, de afmetingen en de snelheid van het overvliegende vliegtuig en de weersomstandigheden (wind en stabiliteit van de atmosfeer).

Het NLR beschikt over software waarmee het verloop van de tipwervels kan worden gesimuleerd. Hiermee kan de snelheid waarmee de tipwervels naar de grond zakken, de mate waarin zij verzwakken en de uiteindelijke aerodynamische kracht die zij dicht bij de grond kunnen veroorzaken, worden geschat. Met deze software is het mogelijke aerodynamische effect bepaald ter plaatse van Zonnepark Schietecoven ten gevolge van een nadering met een maatgevend vliegtuig (Boeing 777-300) in een worst-case scenario: met maximaal landingsgewicht, in gunstige atmosferische omstandigheden (weinig wind en neutraal stabiele atmosfeer) en één *dot* onder het nominale glijpad⁶. De geschatte maximale aerodynamische druk die zich zou kunnen voordoen is weergegeven in Figuur 6-1. Hierin is te zien dat de resulterende druk circa 1.000N/m² kan bedragen.



Figuur 6-1: Maximale aerodynamische druk op Zonnepark Schietecoven als gevolg van de tipwervels van een overvliegende Boeing 777-300 in de eindnadering

Uit de literatuur (ref. 18 en 19) is bekend dat bij een druk van ongeveer 500N/m² schade kan ontstaan aan daken van huizen en dat bij een druk van 800N/m² significante schade kan worden verwacht. Om deze reden is het verstandig om bij het ontwerp van de constructie van het zonnepark rekening te houden met de aerodynamische krachten die

⁶ Het nominale glijpad is 3°. Eén *dot* is hier een afwijking van 0.36°.

door een overvliegend vliegtuig kunnen worden veroorzaakt. In de literatuur wordt aanbevolen om voor huizen die direct onder een aanvliegroute liggen de daken zodanig te construeren dat zij bestand zijn tegen een druk van 1.200N/m^2 . Gezien de onzekerheden in de berekening van de aerodynamische krachten is het verstandig om voor het zonnepark een bepaalde veiligheidsfactor in acht te nemen en wordt aanbevolen om bij het ontwerp van de constructie ook uit te gaan van een maximale aerodynamische druk van 1.200N/m^2 .

Ten slotte is voor Zonnepark Schietecoven nog gekeken naar mogelijke schadelijke gevolgen door de *jetblast* van een vliegtuig, de snel stromende lucht die veroorzaakt wordt door de straalmotoren. Gezien de ligging van het zonnepark zal de kritische blootstelling plaatsvinden wanneer een vliegtuig vanuit stilstand aan het einde van de baan in beweging wordt gezet om te starten van baan 03. Uit documentatie van Boeing blijkt dat significante effecten van *jetblast* bij *take-off thrust* beperkt blijven tot enkele honderden meters achter het vliegtuig en circa 20m aan weerszijden van het symmetrievlak van het vliegtuig. Zonnepark Schietecoven ligt ruim buiten deze zone. Hieruit volgt dat de *jetblast* van vliegtuigen geen belasting zal geven voor het zonnepark.

7 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van deze luchtvaartveiligheidsstudie worden de volgende conclusies getrokken ten aanzien van de veiligheidsconsequenties voor de vliegoperaties op MAA ten gevolge van Zonnepark Schietecoven:

- Het zonnepark zal geen hindernisbeperkende vlakken rondom MAA doorsnijden. De CNS-toetsing door de LVNL heeft uitgewezen dat het zonnepark geen negatieve invloed zal hebben op de correcte werking van de CNS-apparatuur. Het zonnepark zal ook buiten de internationaal aanbevolen RESA van 240x150m liggen. Het zonnepark voldoet daarmee aan alle internationale voorschriften voor hindernisbeperkingen rondom luchthavens. Wel zal het zonnepark deels binnen het veiligheidsgebied, zoals gedefinieerd in de Regeling burgerluchthavens, liggen. Dit betreft een verlengde (*extended*) RESA die alleen in Nederland wordt toegepast. In Nederland worden dus strengere eisen gesteld ten aanzien van de RESA. Ervan uitgaande dat de constructie niet zal (kunnen) voldoen aan de breekbaarheidseisen die gelden voor obstakels in dit gebied, zal het zonnepark conflicteren met de voorschriften in het Besluit burgerluchthavens, tenzij de vergunning wordt verleend vóór de inwerkingtreding van het luchthavenbesluit MAA. In hoeverre deze voorschriften afdwingbaar zijn zolang er nog geen luchthavenbesluit voor MAA is vastgesteld, is een juridische vraag die buiten de scope van deze studie valt. Mogelijk kan een aeronautische studie aantonen dat, in dit specifieke geval, het vrijhouden van de aanbevolen RESA voldoende is voor het beoogde veiligheidsniveau.
- Het zonnepark zal geen reflecties veroorzaken op de verkeerstoren van MAA. Daarmee zal het zonnepark voldoen aan de FAA-criteria zoals deze sinds 2021 van kracht zijn. De panelen in deelgebied B en C kunnen wel hinderlijke reflecties veroorzaken voor vliegers op de eindnadering van baan 03. De blootstelling hieraan is beperkt, zeker wanneer rekening wordt gehouden met bewolking en baangebruik. Uit de analyse volgt een blootstelling van circa 36 uur op jaarbasis. Dat is minder dan 1% van het aantal uren dat MAA is opengesteld voor vliegverkeer. Op grond van het nieuwe FAA-beleid wordt dit toelaatbaar geacht. Een zuidwestelijker oriëntatie van de zonnepanelen kan de blootstelling aan hinderlijke reflecties op de eindnadering van baan 03 verminderen. Wanneer het verlies in opbrengst van een zuidwestelijker oriëntatie beperkt is, kan de initiatiefnemer overwegen om dit aan te passen om zo de hinder nog verder te beperken. Een oost-west opstelling zal geen noemenswaardig effect hebben op de blootstelling.
- Het zonnepark zal binnen de beperkingengebieden in verband met externe veiligheid liggen; grotendeels of zelfs geheel binnen de 10^{-5} -risicocontour. Daarom wordt aanbevolen om bij het ontwerp van het zonnepark waar mogelijk rekening te houden met crash- en post-crashaspecten, waaronder:
 - Een zekere mate van breekbaarheid van de constructie ter voorkoming van additionele schade aan het luchtvaartuig (met name binnen het veiligheidsgebied);
 - Maatregelen die het elektrocutie- en brandgevaar zoveel mogelijk beperken;
 - Maatregelen die de toegankelijkheid van het zonnepark voor hulpdiensten waarborgen.
 Met name dit laatste aspect zal met de veiligheidsregio en/of de betrokken hulpverleningsdiensten moeten worden afgestemd.
- Het zonnepark kan worden blootgesteld aan significante aerodynamische krachten, die veroorzaakt worden door vliegtuigen in de eindnadering van baan 03, die laag over het zonnepark vliegen. Het wordt aanbevolen om bij het ontwerp van het zonnepark rekening te houden met een maximale aerodynamische druk van 1.200N/m^2 om schade aan het zonnepark te voorkomen.

8 Referenties

1. Advies zonnepark ten zuiden van MAA, LVNL PRO/BS/A2022/105, 30 maart 2023.
2. Besluit burgerluchthavens, [wetten.nl - Regeling - Besluit burgerluchthavens - BWBR0026525 \(overheid.nl\)](#).
3. Regeling burgerluchthavens, [wetten.nl - Regeling - Regeling burgerluchthavens - BWBR0026564 \(overheid.nl\)](#).
4. ICAO Annex 14 Volume I - Aerodrome Design and Operations, Eighth Edition, July 2018, AMDT 16, 4/11/21.
5. ICAO EUR Doc 015, European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas, Third Edition, 2015.
6. Kennisgeving ontwerp Luchthavenbesluit Maastricht, Staatscourant 2016, nr. 63474, 8 december 2016.
7. LievenseCSO 14A034.RAP024.FW.GL, m.e.r.-beoordelingsnotitie - Aanvraag luchthavenbesluit Maastricht Aachen Airport, v2.0, 28 juli 2016.
8. NLR-CR-2016-033, Aeronautical study on the operation of runway 05 and 23 of Twente airport in relation to non-frangible obstacles in the extend RESA, February 2016.
9. FAA Interim Policy, FAA Review of Solar Energy System Projects on Federally Obligated Airports, Federal Register / Vol. 78, No. 205 / Wednesday, October 23, 2013 / Notices.
10. FAA Policy: Review of Solar Energy System Projects on Federally-Obligated Airports, Federal Register / Vol. 86, No. 89 / Tuesday, May 11, 2021 / Rules and Regulations.
11. ILT informatiebulletin Toepassing zonnecollectoren op en rond luchthavens, 10 februari 2011.
12. Verordening (EU) nr. 139/2014 van de Commissie van 12 februari 2014 tot vaststelling van eisen en administratieve procedures met betrekking tot luchtvaartterreinen, overeenkomstig Verordening (EG) nr. 216/2008 van het Europees Parlement en de Raad.
13. FAA Interim Policy, FAA Review of Solar Energy System Projects on Federally Obligated Airports, Federal Register / Vol. 78, No. 205 / Wednesday, October 23, 2013 / Notices.
14. FAA Policy: Review of Solar Energy System Projects on Federally-Obligated Airports, Federal Register / Vol. 86, No. 89 / Tuesday, May 11, 2021 / Rules and Regulations.
15. [Home | ForgeSolar](#).
16. [eAIS Package for NETHERLANDS \(lvnl.nl\)](#)
17. ICAO Doc 9157, Aerodrome Design Manual, Part 6: Frangibility, First Edition, 2006.
18. P. Blackmore; The effects of aircraft trailing vortices on house roofs, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, No. 52, p155-170, 1994.
19. P. Blackmore; Slate and tile roofs, avoiding damage from aircraft wake vortices, Digest 467, June 2002.
20. Boeing, 777-200/300 Airplane Characteristics for Airport Planning, D6-58329, OCTOBER 2004.

Appendix A Coördinaten en maaiveldhoogtes

Tabel A-1: Deelgebied A

Punt	X-coördinaat (m RD)	Y-coördinaat (m RD)	Breedtegraad (°N WGS-84)	Lengtegraad (°O WGS-84)	Maaiveldhoogte (m NAP)*
Hoekpunt 1	180864,2236	323288,6759	50,898789	5,754837	110,6
Hoekpunt 2	180787,4653	323176,8165	50,897787	5,753738	109,9
Hoekpunt 3	180863,3475	323071,0632	50,896833	5,754809	107,1
Hoekpunt 4	180928,4357	323167,1785	50,897694	5,755741	110,1
Hoekpunt 5	180872,5175	323206,2801	50,898048	5,754949	110,0
Hoekpunt 6	180899,8664	323252,0309	50,898458	5,755341	110,4
Hoogste punt			50,89875254	5,754880576	110,6

Tabel A-2: Deelgebied B

Punt	X-coördinaat (m RD)	Y-coördinaat (m RD)	Breedtegraad (°N WGS-84)	Lengtegraad (°O WGS-84)	Maaiveldhoogte (m NAP)*
Hoekpunt 1	180940,7650	323163,7918	50,897663	5,755916	110,2
Hoekpunt 2	180994,6158	323130,2431	50,897359	5,756679	109,9
Hoekpunt 3	181008,3311	323144,9976	50,897491	5,756875	110,2
Hoekpunt 4	181167,0586	322936,5379	50,895610	5,759116	109,5
Hoekpunt 5	181103,6952	322889,0453	50,895186	5,758212	109,9
Hoekpunt 6	180980,3735	322927,2481	50,895535	5,756462	106,2
Hoekpunt 7	180878,1120	323073,1400	50,896851	5,755019	107,3
Hoogste punt			50,89733525	5,756773963	111,9

Tabel A-3: Deelgebied C

Punt	X-coördinaat (m RD)	Y-coördinaat (m RD)	Breedtegraad (°N WGS-84)	Lengtegraad (°O WGS-84)	Maaiveldhoogte (m NAP)*
Hoekpunt 1	181057,0996	323100,9661	50,897093	5,757565	109,5
Hoekpunt 2	181172,7613	323170,9742	50,897717	5,759214	107,8
Hoekpunt 3	181140,1678	323202,4040	50,898001	5,758753	108,5
Hoekpunt 4	181174,8223	323236,0669	50,898302	5,759248	108,7
Hoekpunt 5	181153,5460	323255,6503	50,898479	5,758947	109,2
Hoekpunt 6	181118,3688	323241,7876	50,898356	5,758446	108,7
Hoekpunt 7	181076,3423	323246,6921	50,898402	5,757849	109,8
Hoekpunt 8	181013,2294	323150,2512	50,897538	5,756945	110,0
Hoogste punt			50,89788996	5,757588592	110,1

* Gebaseerd op het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN4) 0,5m maaiveldraster (DTM)

Appendix B Reflectieanalyse

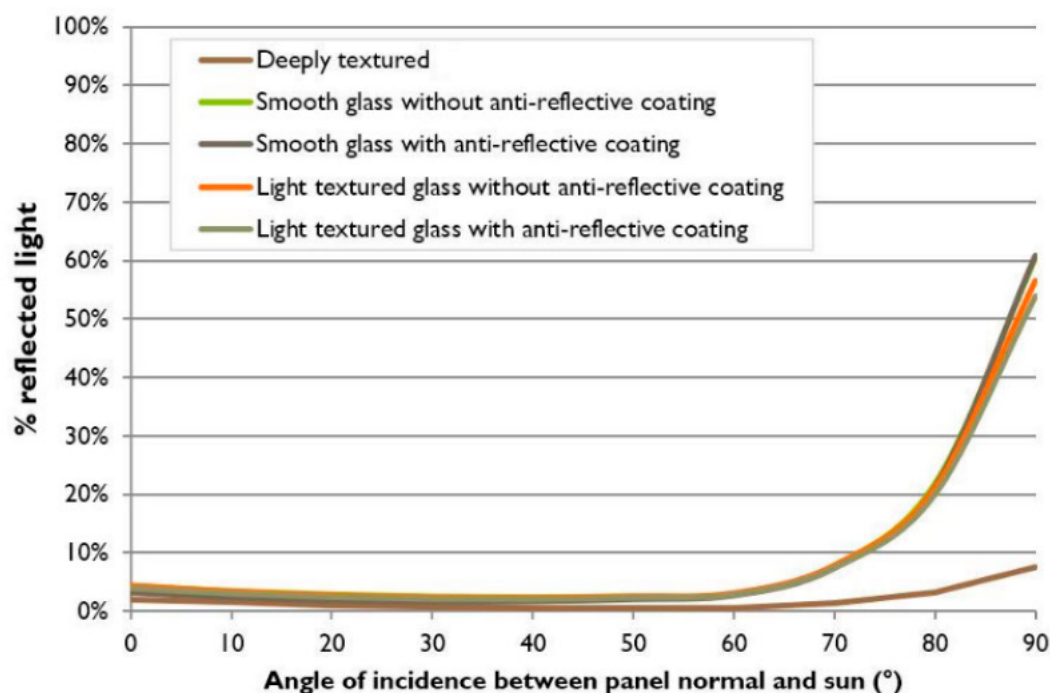
Appendix B.1 Invoer en instellingen

Tabel B-1: Gebruikte instellingen in ForgeSolar

Instelling	Waarde
Maximum Direct Normal Irradiance (DNI)	1,000W/m ²
Ocular transmission coefficient	0.5
Pupil diameter	0.002m
Eye focal length	0.017m
Sun subtended angle	9.3mrad
Vertical view	30°
Azimuthal view	50°

Tabel B-2: Eigenschappen van beschikbare paneelsoorten in ForgeSolar

PV Cover Type	Average RMS Slope Error (mrad)	Average Beam Spread (mrad)	Standard deviation of slope error	Standard deviation of beam error
Smooth glass without anti-reflection coating	6.55	87.9	4.43	53.3
Smooth glass with anti-reflection coating	8.43	110	2.58	30.9
Light textured glass without anti-reflection coating	9.70	126	2.78	33.3
Light textured glass with anti-reflection coating	9.16	119	3.17	38.0
Deeply textured	82.6	1000	N/A	N/A



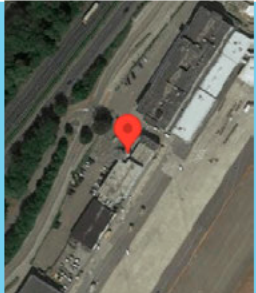
Figuur B-1: Reflectie als functie van invalshoek van beschikbare paneelsoorten in ForgeSolar

Appendix B.2 Observatiepunten en -routes

Tabel B-3: Eindnaderingen

Parameter	Baan 03	Baan 21
Threshold coordinates (WGS-84)	50.901835°N 5.760047°E	50.918896°N 5.777320°E
Threshold elevation (AMSL)	127.28m	128.20
Threshold height	15m	15m
True bearing	32.6°	212.6°
Glide path angle	3.0°	3.0°
		

Tabel B-4: Observatiepunten

Parameter	Verkeerstoren	GOLF	ROMEO
Coordinates (WGS-84)	50.915001°N 5.768531°E	50.923595°N 5.741073°E	50.885540°N 5.773512°E
Elevation (AMSL)	143.87m	548.64m (1,800ft)	548.64m (1,800ft)
			

Tabel B-5: Circuits

Parameter	Oost	West	Jets/MEP
Coordinates (WGS-84)	50.889743°N 5.776201°E 50.919729°N 5.805726°E 50.927736°N 5.786157°E 50.897323°N 5.755601°E	50.927658°N 5.786160°E 50.938693°N 5.756977°E 50.907854°N 5.727795°E 50.897353°N 5.755261°E	50.873149°N 5.733460°E 50.860798°N 5.769938°E 50.940370°N 5.845898°E 50.953294°N 5.811909°E
Elevation (AMSL)	396.24m (1,300ft)	396.24m (1,300ft)	548.64m (1,800ft)
			



Dedicated to innovation in aerospace

Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Het onderzoekscentrum Koninklijke NLR werkt op objectieve en onafhankelijke wijze met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

NLR is ruim 100 jaar een kennisorganisatie met de diepgewortelde wil om te blijven vernieuwen en zet zich in voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart.

De combinatie van diepgaand inzicht in de klantbehoefte, multidisciplinaire expertise en toonaangevende onderzoeksfaciliteiten, maakt snel innoveren mogelijk. NLR vormt in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbruggt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werkt NLR als Groot Technologisch Instituut ruim tien jaar in de TO2-federatie samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Vanuit de hoofdvestigingen in Amsterdam en Marknesse en twee satellietvestigingen, draagt NLR bij aan een veilige en duurzame maatschappij en werkt met partners in vele (defensie)programma's, onder andere aan complexe composieten constructies voor verkeersvliegtuigen en aan doelgericht gebruik van het F-35-jachtvliegtuig. Daarnaast geeft NLR invulling aan Nederlandse en Europese (klimaat)doelstellingen conform de Luchtvaartnota, de European Green Deal, Flightpath 2050, en door deelname aan programma's zoals Clean Sky en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: www.nlr.nl

Postal address

PO Box 90502
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl i) www.nlr.org

Royal NLR

Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113

Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse, The Netherlands
p) +31 88 511 4444