



Rapport Zonnepark Baggerdepot Oostoever, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Auteur
Maik Wiering

Registratienummer
20.0658053

Datum
18 juni 2020

Versie
1

Status
Concept

Afdeling
Waterketen



Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding	5
2. Uitgangssituatie	6
3. Uitdagingen	7
3.1 Veiligheidszone Munitiebunkers	7
3.2 Richtlijnen Zonneparken Gemeente Den Helder	7
3.3 Verontreiniging Grond	8
3.4 Verstoring van CNS apparatuur	8
3.5 Risicocontouren Den Helder Airport	13
3.6 Schittering	15
3.6.1 Oost-West Opstelling	18
3.6.2 Zuid Opstelling	22
4 Economische Analyse	26
4.1 Oost-West Opstelling	26
4.2 Zuid Opstelling 1,5m	32
4.3 Zuid Opstelling 2,5m	35
5 Conclusie en Aanbevelingen	38



Samenvatting

Om de duurzame aspiraties van het HHNK te kunnen bewerkstelligen worden er op verschillende locaties zonneparken gebouwd. Het HHNK aspireert ook om een zonnepark te plaatsen op het voormalig baggerdepot ten noorden van RWZI Den Helder. Dit project kent heeft een paar complicerende factoren, waaronder het feit dat het terrein zich bevindt onder de aanvliegroute van vliegveld De Kooy. Deze complicerende factoren zijn in dit rapport uitgewerkt.

Bij het maken van het definitieve ontwerp van het zonnepark moet er met een aantal zaken rekening gehouden worden. De veiligheidszones van de munitiebunkers en de hoogte restricties i.v.m. het vliegverkeer moeten bij de bouw in acht genomen worden. Ook dienen er wellicht extra veiligheidsmaatregelen te worden genomen. Daarnaast dient er ook overlegd te worden met de gemeente Den Helder over de richtlijnen voor het plaatsen van zonneparken, met name over het feit dat er gesteld wordt dat een volwassen persoon vanuit de omgeving over de panelen heen moet kunnen kijken.

De analyse van mogelijke schittering die veroorzaakt kan worden door de zonnepanelen heeft laten zien dat een normale oost-west opstelling problemen zou kunnen geven voor het luchtverkeer. Er kan voor 6 tot 7 uur per dag hinderlijke schittering ontstaan. Dit houdt in dat de schittering een tijdelijk beeld op het netvlies kan branden, in het Engels: "potential for temporary after-image". Dit probleem kan op twee manieren opgelost worden: door het gebruik van diep getextureerde zonnepanelen of door een andere opstelling voor de panelen te gebruiken. Bij het toepassen van diep getextureerde zonnepanelen wordt alle schittering omgezet naar een acceptabel niveau voor de luchtvaart: "low potential for temporary after-image". Het onderzoek naar een zuid opstelling heeft laten zien dat de mogelijke schittering richting het luchtverkeer daalt bij een grotere hellingshoek van de panelen. Onder een hoek van 38°, de hoek waarbij de opbrengst per paneel maximaal is, is er slechts kans op 750 minuten aan hinderlijke schittering per jaar. Bij deze opstelling kan er wel voor 10 minuten per dag, tussen half maart en eind september, hinderlijke schittering plaatsvinden richting het verkeer op de nabijgelegen weg. Dit zou verholpen kunnen worden door het plaatsen van een verhoging van grond of struikgewas.

Het gebruik van diep getextureerde zonnepanelen of een zuid opstelling zijn dus beide als goede opties bevonden. Aan beide opstellingen zitten voor- en nadelen. Het voordeel van een oost-west opstelling ten opzichte van een zuid opstelling is dat er een grotere hoeveelheid panelen geplaatst kan worden omdat er geen rekening gehouden hoeft te worden met de schaduw die veroorzaakt wordt door de panelen. Daarnaast zorgt een oost-west opstelling ook voor een betere verdeling van de energie opbrengst over de dag. Het voordeel van een zuid opstelling ten opzichte van een oost-west opstelling is dat de opbrengst per paneel gemaximaliseerd wordt. Dit resulteert uiteindelijk in een betere business case. Voor een zuid opstelling op deze locatie zou een hellingshoek van 38° optimaal zijn om de opbrengst per paneel zo groot mogelijk te maken. Echter, bij een hogere hellingshoek moeten de rijen panelen verder uit elkaar staan om schaduw op de volgende rij te minimaliseren. Hierdoor kunnen er minder panelen geplaatst worden waardoor de totale energie opbrengst van het zonnepark daalt. Wanneer de panelen toch dichter bij elkaar geplaatst worden, daalt de opbrengst per paneel omdat de verliezen door onderlinge schaduw stijgen. Echter, doordat er in deze situatie meer panelen op hetzelfde stuk grond passen, gaat de totale energie productie wel omhoog.

Om deze redenen zijn er drie business cases gemaakt: een oost-west opstelling met diep getextureerde panelen, een zuid opstelling met een kleine afstand tussen de panelen waardoor de opbrengst ongeveer gelijk is aan een oost-west opstelling, en een zuid opstelling met een grotere afstand tussen de panelen waardoor de opbrengst per paneel groter is.

Voor het plaatsen van een oost-west opstelling zijn de totale kosten ongeveer €6.330.000 excl. BTW, waarvan slechts €30.000 extra kosten zijn door het gebruik van diep getextureerde zonnepanelen. In deze opstelling kunnen 17.768 zonnepanelen van 340 Watt piek (Wp) geplaatst worden. De verwachte stroomopbrengst is 5,75 GWh in het eerste jaar, wat gelijk staat aan 952 kWh/kWp. Bij een SDE+ van



€0,065 per kWh zal deze opstelling naar schatting een terugverdientijd van 15,0 jaar hebben. De cumulatieve kasstroom zal rond de 1,82 miljoen euro zijn.

Een zuid opstellingen met stellingen waar 4 panelen in de lengte worden geplaatst onder een hoek van 38° met 1,5 meter tussen de stellingen, zal ongeveer €6.470.000 excl. BTW kosten. Hier kunnen rond de 18.308 panelen van 340 Wp geplaatst worden. De verwachte stroomopbrengst is 5,88 GWh in het eerste jaar, wat gelijk staat aan 945 kWh/kWp. Bij een SDE+ van €0,065 per kWh zal deze opstelling naar schatting een terugverdientijd van 15,0 jaar hebben. De cumulatieve kasstroom zal rond de 1,86 miljoen euro zijn.

Een zuid opstelling met stellingen waar 4 panelen in de lengte worden geplaatst onder een hoek van 38° met 2,5 meter tussen de stellingen, zal ongeveer €5.456.000 excl. BTW kosten. Hier kunnen rond de 15.052 panelen van 340 Wp geplaatst worden. De verwachte stroomopbrengst is 5,22 GWh, wat gelijk staat aan 1020 kWh/kWp. Bij een SDE+ van €0,065 per kWh zal deze opstelling naar schatting een terugverdientijd van 14,2 jaar hebben. De cumulatieve kasstroom zal rond de 1,94 miljoen euro zijn.

Business cases 1 en 2 zijn vergelijkbaar. Door het plaatsen van een groot aantal panelen is de totale energie opbrengst hoog, maar is de business case iets minder aantrekkelijk. In business case 3 kunnen er minder panelen geplaatst worden door de grotere afstand tussen de stellingen. Hierdoor zijn de verliezen door onderlinge schaduw tussen panelen kleiner, en dus is de opbrengst per paneel groter. Echter, omdat er minder panelen geplaatst worden is de totale energie opbrengst kleiner. Deze optie zou wel beter zijn voor de biodiversiteit op het terrein. Omdat de panelen minder dicht op elkaar staan kan het makkelijker zijn voor verschillende plant- en diersoorten om tussen de panelen te kunnen leven.



1. Inleiding

Het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is al geruime tijd bezig met verduurzaming. Het doel is om in 2025 volledig energieneutraal te zijn. Om dit te bewerkstelligen worden er op verschillende locaties zonneparken en andere energievoorzieningen gebouwd.

Het HHNK is samen met het havenbedrijf Port of Den Helder, de Nederlandse aardolie maatschappij en energiebedrijf Engie in gesprek over het ontwikkelen van een energiepark op de Oostoever in Den Helder. Dit plan maakt onderdeel uit van het energieplan Den Helder.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is voornemens om het voormalig baggerdepot Oostoever, ten noorden van de zuivering Den Helder in te richten als zonne-energiepark.

In hoofdstuk 2 wordt de uitgangssituatie beschreven. In hoofdstuk 3 wordt gekeken naar de uitdagingen rond de plannen voor dit zonnepark. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de economische analyse van dit project. Tot slot volgen de conclusie en aanbevelingen.



2. Uitgangssituatie

Het HHNK heeft als doel gesteld om in 2025 volledig energieneutraal te zijn. Om dit doel te behalen is er binnen het klimaat en energieprogramma €35.000.000 budget beschikbaar gesteld voor het ontwikkelen van zonne-energieparken. Het baggerdepot Oostoever is in 2019 ontmanteld. Het terrein is eigendom van Hollands Noorderkwartier. Hollands Noorderkwartier is voornemens om dit terrein te ontwikkelen als zonne-energiepark. Het project zonne-energiepark Oostoever kent heeft een paar complicerende factoren. Ten eerste: Het terrein bevindt zich onder de aanvliegroute van vliegveld De Kooy. Een deel van het terrein is verpacht aan defensie en op het terrein is de landingsverlichting van het vliegveld aangebracht. Door het Ministerie van defensie zijn richtlijnen opgesteld voor zonne-energieparken in de omgeving van vliegvelden. Ten tweede: Het terrein was ingericht als baggerdepot voor verontreinigde baggerspecie. Een deel van de verontreinigde grond is achtergebleven op het terrein. Het grootste deel van het perceel is licht verontreinigd (klasse industrie). Een gedeelte van het terrein is zwaarder verontreinigd en ingericht als GBT locatie (grootschalig basis toepassing). Met de aanleg van het zonnepark moet rekening worden gehouden met dit gegeven.



3. Uitdagingen

Zoals aangegeven zijn er een aantal uitdagingen rond het bouwen van dit zonnepark. De voornaamste complicatie is de locatie van het voormalig baggerdepot. Het terrein valt in de veiligheidszone van de munitiebunkers van deze basis. Dit zal besproken worden in paragraaf 3.1. Hiernaast moet er ook bij het ontwerp rekening gehouden worden met de richtlijnen voor zonneparken van de gemeente Den Helder. Deze richtlijnen worden behandeld in paragraaf 3.2. Ook moet er rekening gehouden worden met de verontreinigde grond die is achtergebleven op het terrein, wat besproken zal worden in paragraaf 3.3. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met het vliegverkeer dat over het baggerdepot vliegt van en naar marinebasis De Kooy. Deze aanvliegeroute brengt drie complicaties met zich mee. De eerste is dat er regels zijn over de hoogte van gebouwen en structuren die geplaatst mogen worden in verband met het voorkomen van storing in de CNS (Communicatie, Navigatie en Surveillance) apparatuur. Dit zal behandeld worden in paragraaf 3.4. Ook is er gekeken naar de risicocontouren van De Kooy. Dit is gedaan in paragraaf 3.5. De derde complicatie is dat de schittering die van de zonnepanelen afkomt problemen kan geven voor het zicht van de piloten. Deze schittering is afhankelijk van de positie van de zon, de oriëntatie van de zonnepanelen en de aanvliegeroute van de vliegtuigen en helikopters richting De Kooy. Dit probleem is onderzocht met behulp van de Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) van ForgeSolar. De resultaten staan in paragraaf 3.6.

3.1 Veiligheidszone Munitiebunkers

De munitiebunkers van defensie bevinden zich ten noorden van het voormalig baggerdepot. Rond deze bunkers zijn veiligheidszones bepaald. Deze zones zijn ingedeeld in drie categorieën: A, B, en C. Binnen de categorie A zone is het verboden om bebouwing, openbare (water)wegen, parkeerterreinen of recreatie te creëren. In categorie B dienen geen hoofdverkeerswegen, druk bezochte gebouwen of druk bezochte recreatieve voorzieningen geplaatst te worden. Categorie C verbiedt het plaatsen van gebouwen met een vlies- of gordijngewel constructie, en gebouwen met een zeer grote glasoppervlakte waar zich over het algemeen meer dan een groot aantal mensen bevinden. Het voormalig baggerdepot bevindt zich gedeeltelijk in zone A, gedeeltelijk in zone B en voor een klein stuk in zone C. Dit is te zien in Figuur 3 op pagina 12. Hier dient rekening mee gehouden te worden tijdens het ontwerp van het zonnepark, aangezien het verboden is om bebouwing te plaatsen in het noordelijke gedeelte.

3.2 Richtlijnen Zonneparken Gemeente Den Helder

De gemeente Den Helder heeft richtlijnen opgesteld voor het plaatsen van zonneparken. De volgende ruimtelijke randvoorwaarden zijn door de gemeente vastgesteld:

- Een volwassen persoon moet vanuit de omgeving over de panelen heen kunnen kijken. De maximale hoogte van de panelen is dus afhankelijk van de omgeving ten opzichte van het maaiveldniveau van het perceel.
- Een landschappelijke oplossing voor de beveiliging aan de randen van het zonnepark (dit houdt in dat hekwerken niet zichtbaar zijn op het maaiveld).
- De noordkant (onaantrekkelijke kant van de installaties) van de kavel en installaties als schakelcellen, algemene laagspanningsborden en transformatoren dienen uit het zicht te worden onttrokken door middel van beplanting.
- Afstand van minimaal 30 meter tot bestaande woningen.
- Rekening houden met de bestaande landschapskarakteristieken (elementen, structuren, open/gesloten etc.).
- Zoveel mogelijk clusteren van de zonnenvelden.



- De constructie van de opstellingen van panelen dient zo éénvoudig mogelijk te worden uitgevoerd, zodat ze zo min mogelijk opvallen.
- Een groene inrichting van het maaiveld (grasland) heeft de voorkeur.
- Informatie verstrekken bij het zonnepark over duurzame energie.
- Bij het ontwerp van de installaties dient rekening te worden gehouden met de eventueel aanwezige kabels en leidingen en afspraken te worden gemaakt met de betreffende beheerder.

Over het eerste punt van deze ruimtelijke randvoorwaarden dient overlegd te worden met de gemeente. Het voormalig baggerdepot is namelijk opgehoogd om de grond gelijk te kunnen trekken. Hierdoor ligt het niveau van het maaiveld hoger dan de omgeving, wat het erg lastig maakt om aan deze voorwaarde te voldoen. De andere voorwaarden zullen hoogstwaarschijnlijk geen problemen bieden. Naast de ruimtelijke randvoorwaarden heeft de gemeente Den Helder ook een aantal economische randvoorwaarden:

- De aanleg en het onderhoud van het zonnepark dient zoveel mogelijk te worden gedaan door lokale/regionale bedrijven.
- Goede afspraken met de gemeente over de eventuele tijdelijkheid van de zonneparken.
- Een zonnepark mag andere economische ontwikkelingen niet in de weg zitten (bijvoorbeeld een aantrekkelijk landschap voor het toerisme).

Voordat de bouw van het zonnepark begint dient ook dit overlegd te worden met de gemeente Den Helder.

3.3 Verontreiniging Grond

Doordat het zonnepark ontwikkeld zal worden op een voormalig baggerdepot zal er rekening gehouden moeten worden met de verontreinigde grond. Het grootste deel van het perceel is licht verontreiniging (klasse industrie). Een gedeelte van het terrein is zwaarder verontreinigd en ingericht als GBT locatie (grootschalig basis toepassing).

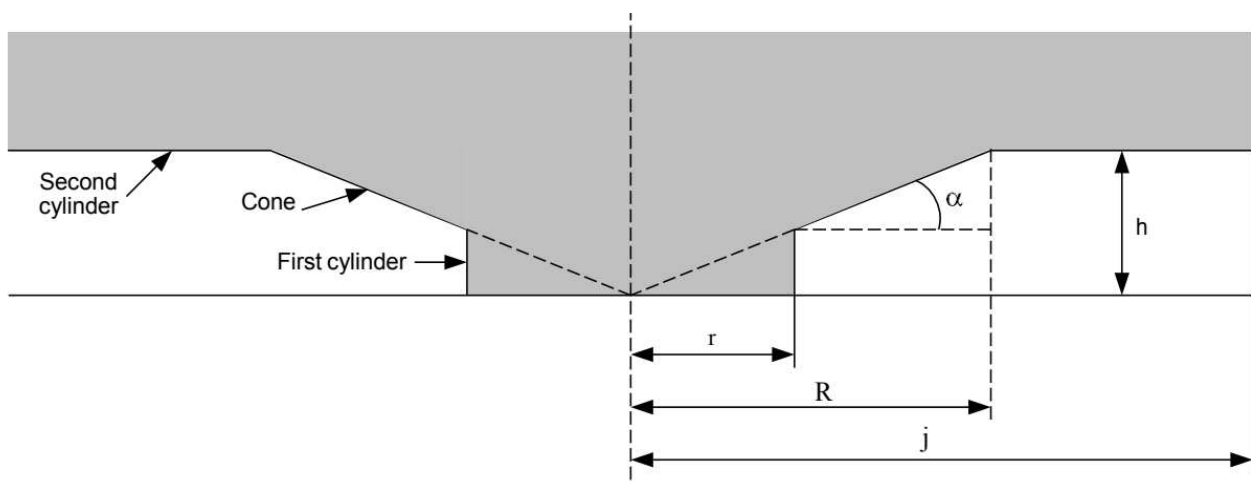
3.4 Verstoring van CNS apparatuur

Het Besluit Militaire Luchtzaken, Artikel 16, schrijft: "De maximaal toelaatbare hoogte van objecten in, op of boven de grond, die op 1 november 2006 niet in het obstakelbeheergebied aanwezig waren, is, in verband met de veiligheid van het landen van luchtvaartuigen met behulp van een instrument landings-systeem, in overeenstemming met de blijkens een in de Staatscourant bekend gemaakte mededeling van Onze Minister van kracht zijnde versie van de ICAO EUR DOC 015^[1]". Dit document is gemaakt voor de International Civil Aviation Organisation. Hierin staat dat er rekening gehouden moet worden met de Localizer- en Glide Path-zenders voor de naderingsroute van de landingsbaan die over het voormalig baggerdepot loopt. Hiernaast mag er ook geen storing veroorzaakt worden bij de VOR (Very-high-frequency Omnidirectional Range station) of DME (Distance Measurement Equipment). Door de lage hoogte van zonneparken wordt het veroorzaken van storing bij de radarsignalen uiterst onwaarschijnlijk geacht. Echter, doordat de grond waarop het zonnepark gebouwd wordt verhoogd is tot anderhalve meter boven N.A.P., is deze mogelijkheid hier wel onderzocht.

Het document ICAO EUR DOC 015^[1] beschrijft hindernis beperkende vlakken. Deze vlakken mogen niet doorkruisd worden, door bijvoorbeeld gebouwen, om het correct functioneren van de apparatuur te waarborgen. Door obstakels onder de beperkingsvlakken te houden, kan deze apparatuur veilig gebruikt blijven worden.

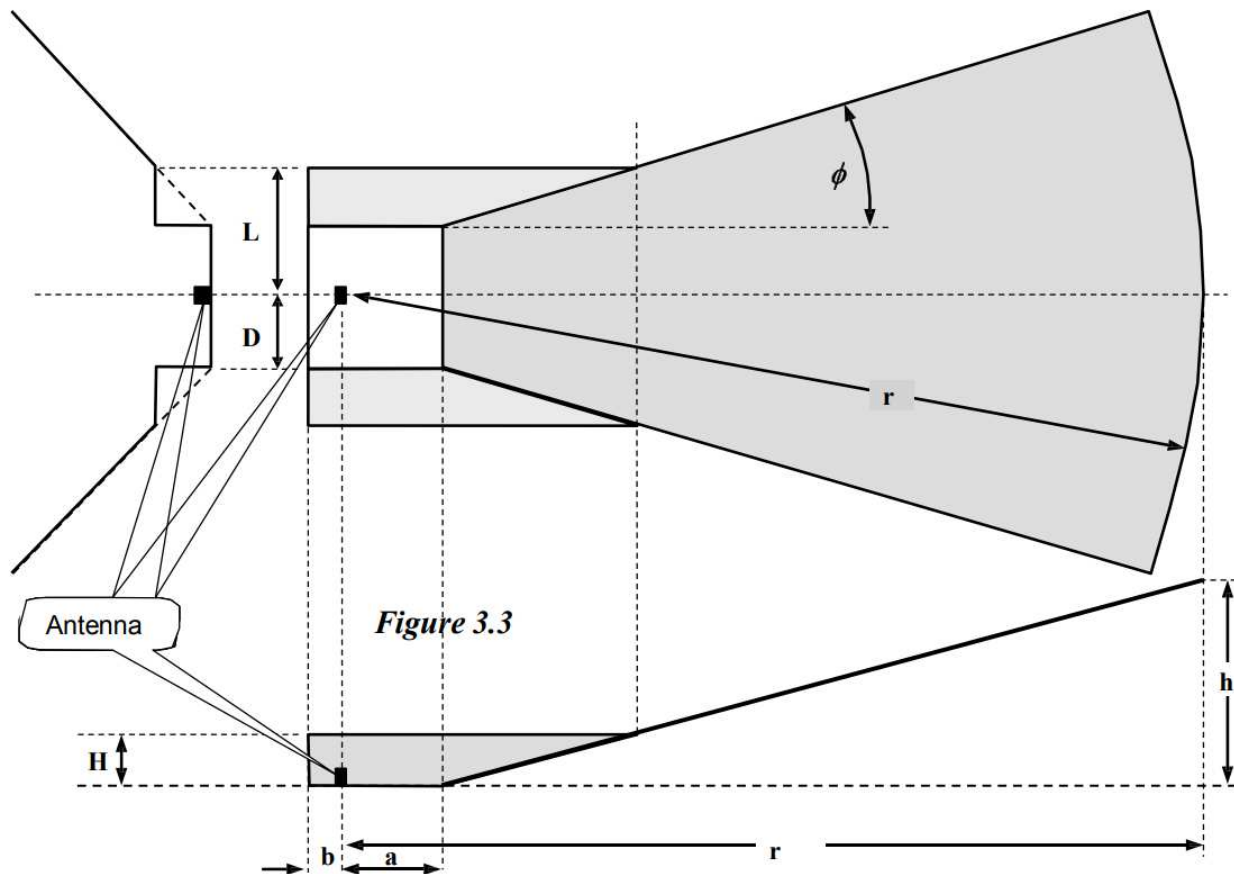


De International Civil Aviation Organisation onderscheidt twee types landings instrumenten: "omni-directional instruments" en "directional instruments". Beide types hebben verschillend gedefinieerde hinderingsvlakken. De VOR valt onder de eerste categorie. De hinderingsvlakken van deze categorie zijn gedefinieerd zoals afgebeeld in figuur Figuur 1. De straal van de kleine cilinder, straal r , is 600 meter voor de VOR. De straal van het conische gedeelte, straal R , is 3000 meter. Hiervan is de hoek α gelijk aan 1° . De afstand tussen de VOR en het zonnepark is ongeveer 3 km. De hoogte van het hinderingsvlak ligt hier op $\tan(1^\circ) \times 3000 = 52$ meter. Dit is vele malen hoger dan het zonnepark en dus zal het zonnepark geen probleem bieden



Figuur 1 : Zijaanzicht van hinderingsvlakken van "omni-directional instruments" volgens de International Civil Aviation Organisation^[1].

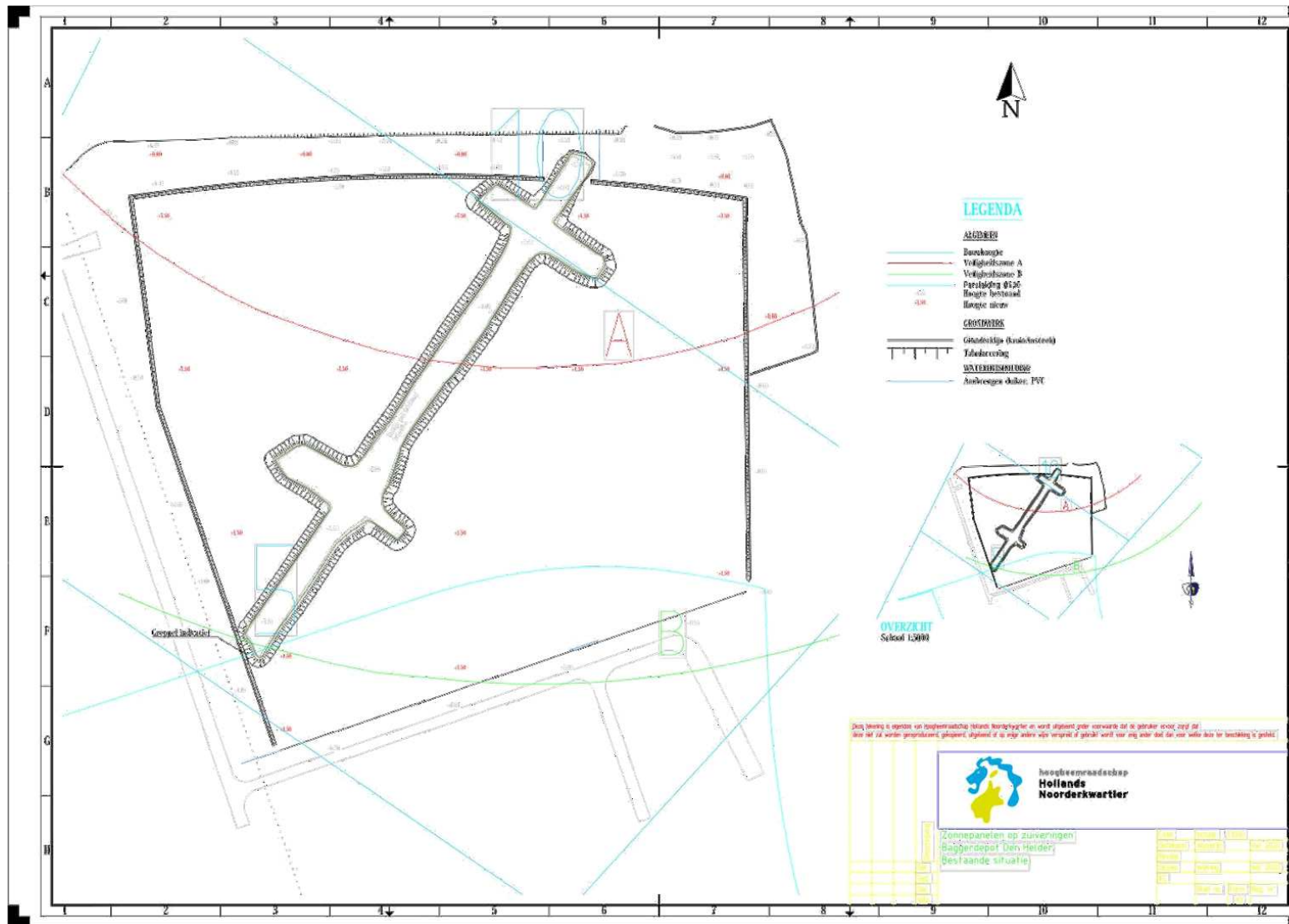
De tweede categorie, "directional instruments", heeft anders gedefinieerde hinderingsvlakken. Deze zijn te zien in Figuur 2. De Localizer- en flight path-zenders, en de directionele DME vallen onder deze categorie. Voor de localizer zender is de afstand a 1100 meter en de straal r is 6000 meter + a , dus 7100 m. De afstand tussen het zonnepark en het begin van het conische hinderingsvlak is ongeveer 500 m. Het zonnepark valt dus binnen/onder het conische gedeelte van dit hinderingsvlak. De toegestane hoogte van het park is dus afhankelijk van de hoek van dit vlak. Deze hoek is gelijk aan $\tan^{-1}(h/(r-a))$. Deze hoogte h is 70 meter, wat leidt tot een hoek van $0,67^\circ$. De toegestane bouwhoogte is dus $\tan(0,67) \times 500 = 5,8$ m. Verder van de landingsbaan stijgt de toegestane bouwhoogte. Deze hoogtebeperkingen staan afgebeeld in het lichtblauw in Figuur 3. Het hinderingsvlak van de flight path zender loopt gelijk met het vlak van de localizer zender. De eisen voor de directionele DME zijn soepeler en zullen daarom niet getoond worden.



Figuur 2 : Bovenanzicht van hinderingsvlakken van "directional instruments" volgens de International Civil Aviation Organisation^[1].

Naast de bovengenoemde beperkingsvlakken moet er ook rekening gehouden worden met elektromagnetische interferentie die mogelijk veroorzaakt kan worden door het zonnepark. Dit is eerder onderzocht door het NLR^[3]. De zonnepanelen zelf genereren DC spanning en zullen dus geen bron van magnetische interferentie zorgen. De DC spanning die van de zonnepanelen komt wordt omgezet naar AC spanning met behulp van omvormers. Deze omvormers gebruiken vaak schakelende circuits en kunnen hierdoor hoogfrequente storingen veroorzaken. De omvormers moeten voldoen aan de Europese EMC richtlijn. Hierin worden eisen gesteld aan het niveau van de stoorsignalen. Omvormers in zonneparken hoeven niet aan een specifieke productnorm te voldoen. Hierdoor vallen ze onder de generieke normen van de EMC richtlijn voor een huishoudelijke of industriële omgeving. Voor emissie zijn dat respectievelijk EN61000-6-3 en EN61000-6-4. De eisen in EN61000-6-3 zijn strenger dan de eisen in EN61000-6-4. Om de kans op elektromagnetische interferentie tot een minimum te houden is het belangrijk dat het zonnepark gebruik maakt van omvormers met emissie-eisen van EN61000-6-3. Volgens deze richtlijn is zowel de emissie op de AC-uitgang als op de DC-ingang gemeten en getoetst aan de geldende limieten. De niveaus van de mogelijke stoorsignalen zijn zodanig laag dat niet te verwachten valt dat hierdoor storing wordt veroorzaakt op de communicatie- en navigatiesystemen van de luchtvaart. Algemene apparatuur op luchthavens voldoet ook aan de eisen van de Europese EMC Richtlijn en hiervan is geen significante interferentie op communicatie of navigatiesystemen bekend. Van de omvormers loopt de AC spanning naar een trafostation. Hier wordt de spanning verhoogd zodat dit aan het net geleverd kan worden. Om ook de mogelijke magnetische interferentie van de AC-kabels te beperken, kan er gekozen worden om deze kabels in te graven.





Figuur 3 : Kaart van de grondhoogte, hoogtebeperkingen en de munitiebunker veiligheidszones.

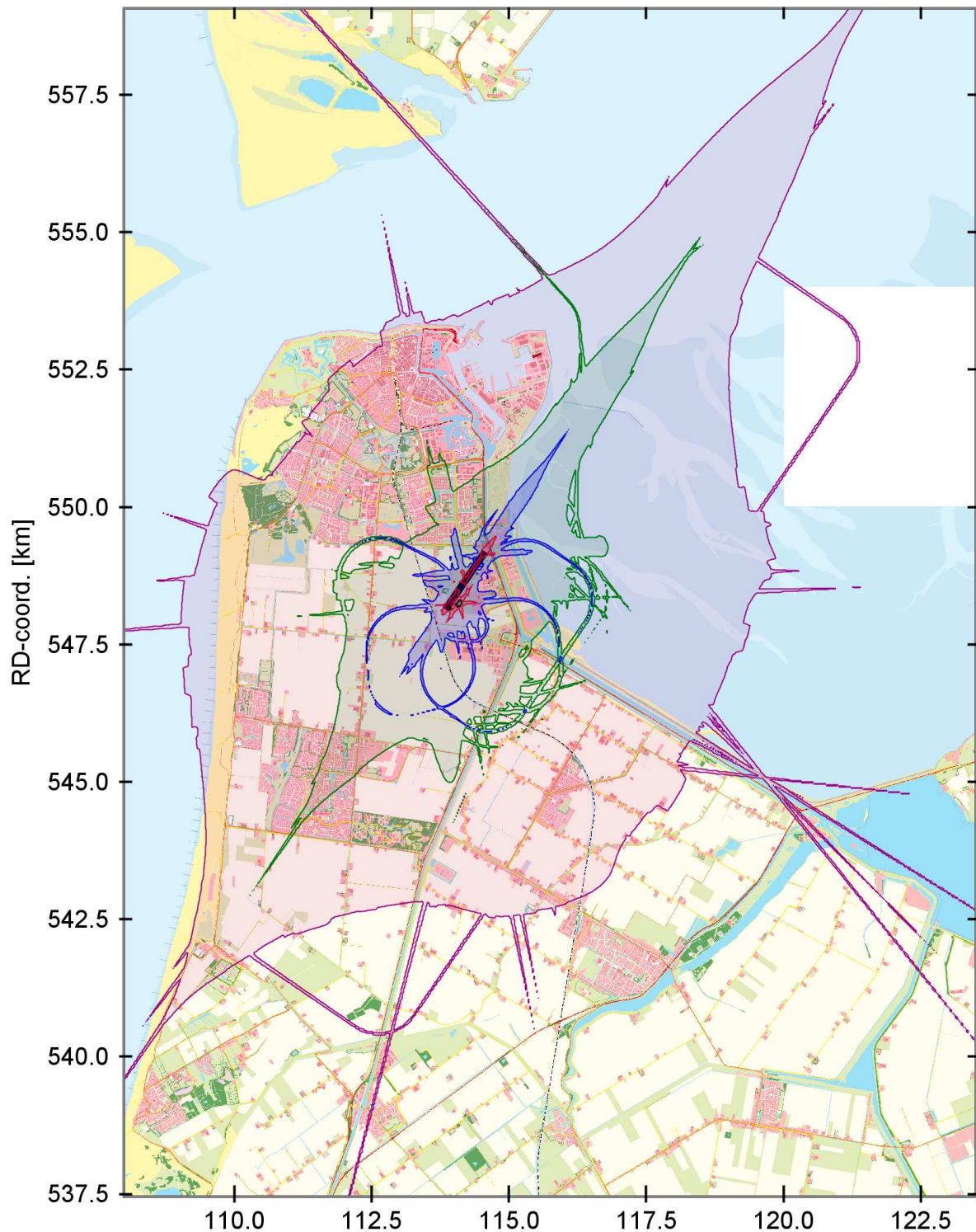


3.5 Risicocontouren Den Helder Airport

Zoals aangetoond interfereert het zonnepark in fysiek opzicht niet met de operaties van Den Helder Airport (DHA). Er moet echter ook gekeken worden naar het risico op een noodlanding. Een noodlanding in een zonnepark geeft kans op significante schade, te vergelijken met andere obstakels in de vorm van bebouwing. Hoe groot de kans op een noodlanding in verschillende gebieden rond DHA is, is onderzocht in de Milieu Effect Rapportage (MER) van DHA. In de MER van 2016 staan de plaatsgebonden risicocontouren van DHA^[2]. Dit is op de volgende pagina afgebeeld in Figuur 4. Er is hier te zien dat het zonnepark voor een klein gedeelte in de 10^{-5} contour valt. Dit gedeelte betreft voornamelijk de landingsverlichting van DHA. Hierin zullen geen zonnepanelen geplaatst worden. Het grootste van het zonnepark valt in de 10^{-6} contour. De 10^{-6} contour wordt als laag risico beschouwd, er mogen dus bedrijven gevestigd zijn waar mensen een gedeelte van de dag verblijven. Alleen woningen worden hier afgeraden. Er zal op het zonnepark verder geen bedrijvigheid plaatsvinden. Het individueel risico van het zonnepark als crashlocatie is dus erg laag.

Uit eerder onderzoek door het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) in 2017 is gebleken dat dit risico acceptabel is^[3]. Uitgangspunt van deze berekeningen zijn de ongevalskansen per helikopterbeweging zoals is opgenomen in de wettelijke berekeningsvoorschrift. Voor een landende meermotorige helikopter (MET) is deze kans 1.608×10^{-6} /beweging. In deze berekening van het NLR is rekening gehouden met een maximaal aantal vliegbewegingen van 3300 voor DHA. Hier volgt uit dat een ongeval eens in de tweehonderd jaar kan voorkomen. In FAA Order 5200.11 (FAA Airports (ARP) Safety Management System) staat voor fatale ongevallen: "Extremely improbable: Expected to occur less than every 100 years". Dit wordt voor veiligheidsberekeningen als acceptabel beschouwd volgens het NLR.

In het uiterst onwaarschijnlijke geval dat er toch een noodlanding in het zonnepark ontstaat, zijn de gevaren van een beschadigd zonnepark en het bijkomende brandgevaar uiteraard aanwezig. Hierom moet worden gezorgd voor een goede toegankelijkheid van het zonnepark voor hulpverleners. Dit moet meegenomen in het ontwerp van het park. Belangrijke punten voor bereikbaarheid zijn: de breedte van het hek, de bereikbaarheid van de onderhoudspaden en de bereikbaarheid van de omtrek van het veld voor een crashtender. Ook kunnen er andere maatregelen worden getroffen om de veiligheid van het zonnepark te vergroten. Zo kan er bijvoorbeeld gekozen worden voor dubbel geïsoleerde kabels of het plaatsen van noodstops op verschillende locaties.



Figuur 4. Plaatsgebonden risicocontouren van DHA. Gepresenteerd zijn de contouren met meteotoeslag voor de risicowaarden $5 \cdot 10^{-5}$ (zwart), $1 \cdot 10^{-5}$ (rood), $1 \cdot 10^{-6}$ (blauw) en $1 \cdot 10^{-7}$ (groen) en $1 \cdot 10^{-8}$ (paars) per jaar.^[2]



3.6 Schittering

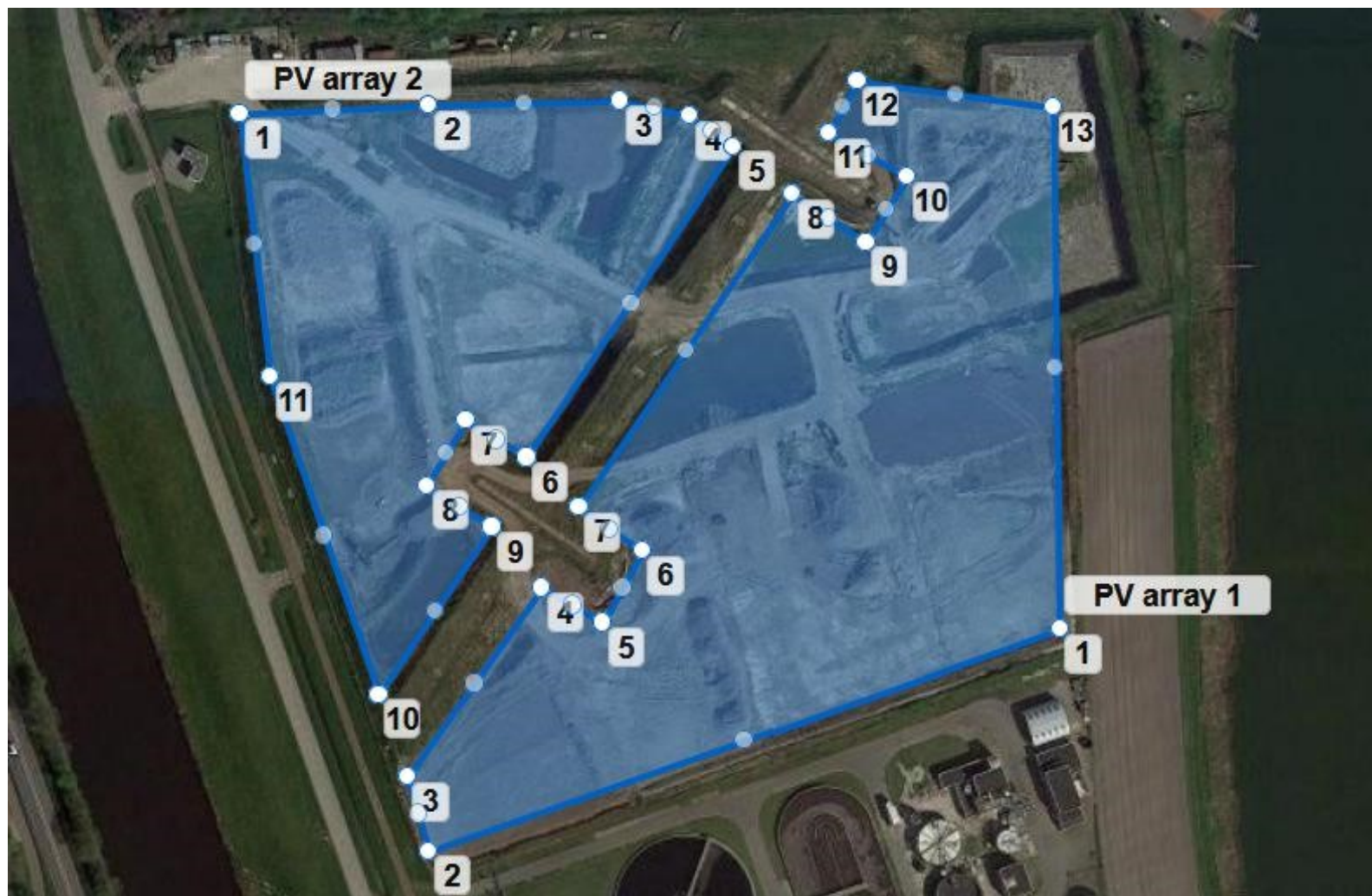
Zonnepanelen kunnen de operationele veiligheid rond luchthavens beïnvloeden doordat de mogelijkheid bestaat op hinderlijke reflecties richting het luchtverkeer of de controletoren. Inspectie Leefomgeving en Transport geeft aan dat hier rekening mee gehouden moet worden bij het plaatsen van zonnepanelen rond vliegvelden en dat er pragmatisch mee moet worden omgegaan. Echter, er zijn vanuit de Nederlandse staat en vanuit Europa geen duidelijke richtlijnen voor dit soort projecten. Hierom wordt voor de beoordeling van mogelijke hinder gebruik gemaakt van de methode die door de Amerikaanse Federal Aviation Administration (FAA) wordt gehanteerd. Dit wordt gedaan door middel van het programma ForgeSolar, een Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT). Deze software is ontwikkeld door het concentrating solar technologies department van Sandia National Laboratories. Het maakt gebruik van de positie en oriëntatie van de panelen in combinatie met de aanvliegroute om de schittering van de zonnepanelen richting de vliegtuigen en helikopters te berekenen. Hierbij wordt naast de intensiteit van de schittering, ook berekend op welke momenten in het jaar deze schittering plaats kan vinden. Deze software is gebruikt om meerdere oriëntaties van de zonnepanelen te onderzoeken, zodat de schittering wordt geminimaliseerd terwijl de opbrengst van de zonnepanelen ook in acht wordt genomen. ForgeSolar biedt de volgende mogelijkheden:

1. Het definiëren van zonnepaneelvelden op Google Maps.
2. Het specificeren van vliegroutes, wegen en observatiepunten.
3. Het visueel presenteren van de schittering richting deze naderingsroutes en observatiepunten.

Deze schittering wordt geclassificeerd in drie intensiteiten: groen, geel, en rood. Groen wordt gedefinieerd als "Low potential for temporary after image", dus een laag potentieel voor het creëren van een tijdelijk beeld op het netvlies. Gele schittering heeft de definitie "Potential for temporary after image". Dit kan hinderlijk zijn zonder zonnebril of vizier. Rode schittering is direct schadelijk voor het oog, en heeft dus de definitie "potential to cause retinal burn (permanent eye damage)". Zoals eerder genoemd is er geen regelgeving vanuit de Nederlandse staat of vanuit Europa over schittering rond vliegvelden. In de Verenigde Staten bestaat deze regelgeving wel. De FAA hanteert een verbod op gele schittering voor de aanvliegroute tot 2 mijl (3,2 km) van de landingsbaan. Groen wordt wel geaccepteerd. Voor luchtverkeerstorens wordt helemaal geen schittering toegelaten. Deze regels hoeven in Nederland niet nageleefd te worden maar geven wel een indicatie voor het niveau van schittering dat toelaatbaar is rond luchthavens.

De locaties van de zonnepaneelvelden op het baggerdepot zijn getekend in ForgeSolar zoals is aangegeven in Figuur 5. In de software wordt de volgende informatie verwerkt: De hoek van de zonnepanelen ten opzichte van het noorden, de helling van de zonnepanelen, en de glassoort. Tijdens de evaluatie van de schittering zijn meerdere combinaties van deze variabelen onderzocht. Er is gekeken naar een oost-west opstelling onder een hoek van 10 graden, zoals de zonneparken momenteel door het HHNK worden ingericht. Ook is er gekeken naar een zuid opstelling onder verschillende hoeken. Voor het glas zijn drie variaties gebruikt: Ongetextureerd glas zonder Anti-Reflection Coating (ARC), licht getextureerd glas met ARC, en diep getextureerd glas.

Er zijn drie typen ontvangers die mogelijk last kunnen hebben van de schittering die veroorzaakt wordt door de zonnepanelen. De meest voor de hand liggende is, zoals eerder genoemd, het luchtverkeer van en naar De Kooy dat over het voormalig baggerdepot heen vliegt. Daarnaast zouden ook de luchtverkeerstoren en het verkeer op de nabijgelegen weg last kunnen hebben van de schittering. Deze ontvangers zijn daarom ook gesimuleerd in ForgeSolar, dit is te zien in Figuur 6. Hier is de weg aangegeven in het lichtblauw met het label "Road". De luchtverkeerstoren is aangegeven met "1-ATCT"(Air Traffic Control Tower) met een hoogte van 24 meter. De vliegroute is aangegeven met "FP-1"(Flight Path). Er is uitgegaan van een 3 graden nadering tot 15 meter boven de drempel.



Figuur 5 : Zonnepaneelvelden baggerdepot Oostoever.



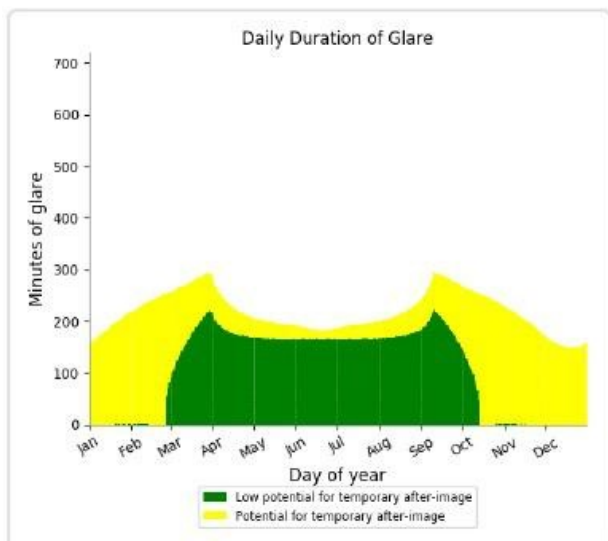
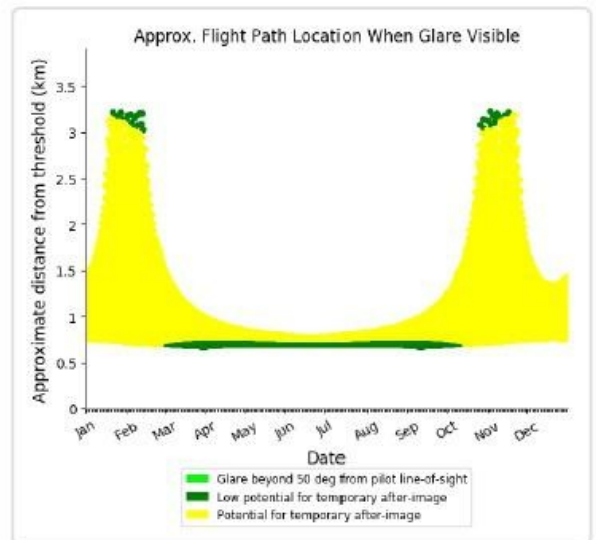
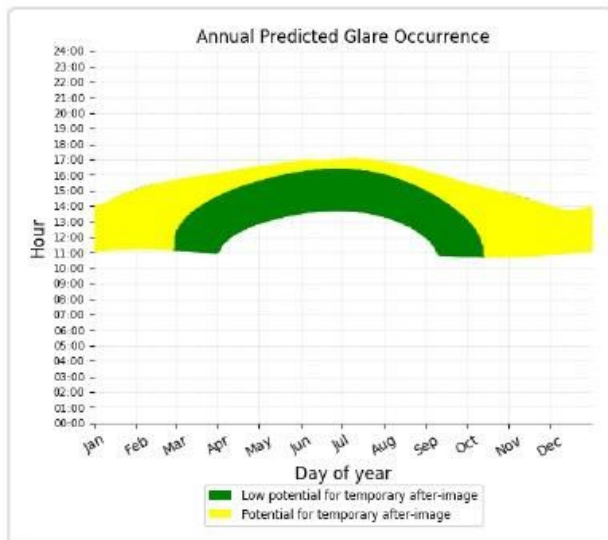
Figuur 6 : Mogelijke ontvangers van schittering.



Het HHNK heeft een voorkeur voor zonnepanelen in een oost-west opstelling. Het voordeel van een oost-west opstelling ten opzichte van een zuid opstelling is dat er een grotere hoeveelheid panelen geplaatst kan worden omdat er geen rekening gehouden hoeft te worden met de schaduw die veroorzaakt wordt door de panelen. Daarnaast zorgt een oost-west opstelling ook voor een betere verdeling van de energie opbrengst over de dag. Daarom wordt een oost-west opstelling als uitgangspunt genomen voor de analyse van de schittering.

3.6.1 Oost-West Opstelling

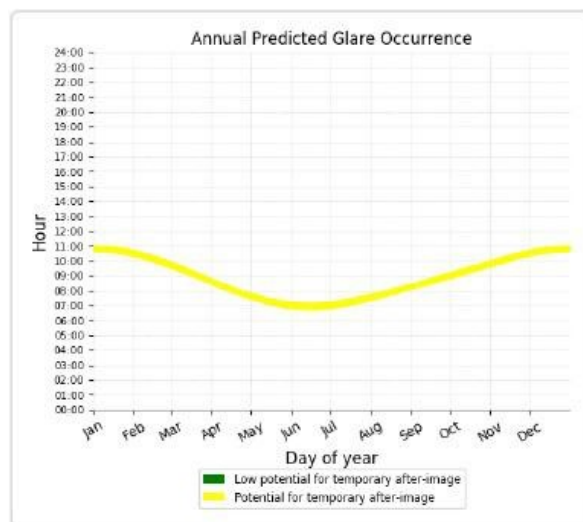
Helaas is er geen mogelijkheid in ForgeSolar om een oost-west opstelling te definiëren. Daarom is er een oost en een west opstelling gesimuleerd, beide onder een hoek van 10 graden met de grond. Uit deze simulatie blijkt dat de panelen richting het oosten geen schittering veroorzaken richting de luchtverkeerstoren en de nabijgelegen weg. Er wordt wel schittering veroorzaakt voor de vliegroute. De simulatie van deze schittering is afgebeeld in Figuur 7. De mate van hinder is uitgezet tegen datum en tijd. Daarnaast zijn de tijdsduur en de globale locatie op het vluchtpad uitgezet tegen de datum. Hier is te zien dat de panelen richting het oosten verantwoordelijk zijn voor schittering richting het luchtverkeer. Deze schittering vindt plaats tussen half oktober en eind februari, vanaf elf uur 's ochtends tot twee/drie uur 's middags op het niveau "potential for temporary after-image". Tussen maart en begin oktober kan deze schittering later op de dag plaatsvinden en verandert een groot deel van de schittering in het niveau "Low potential for temporary after image". Er wordt gedurende het hele jaar tussen de 150 en 300 minuten aan schittering per dag veroorzaakt.



Figuur 7 : Schittering richting vliegroute veroorzaakt door panelen richting het oosten.

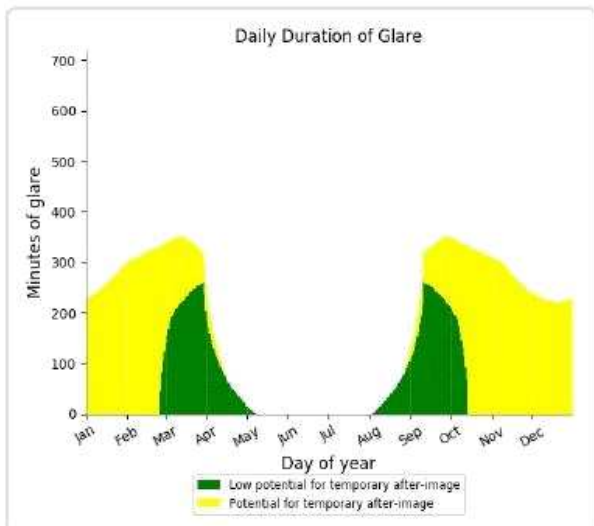
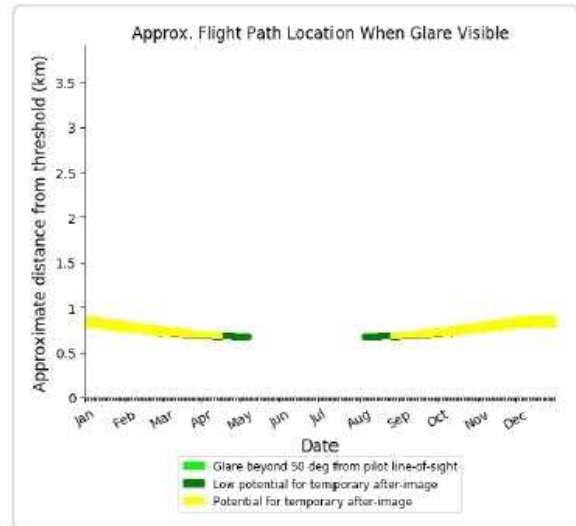
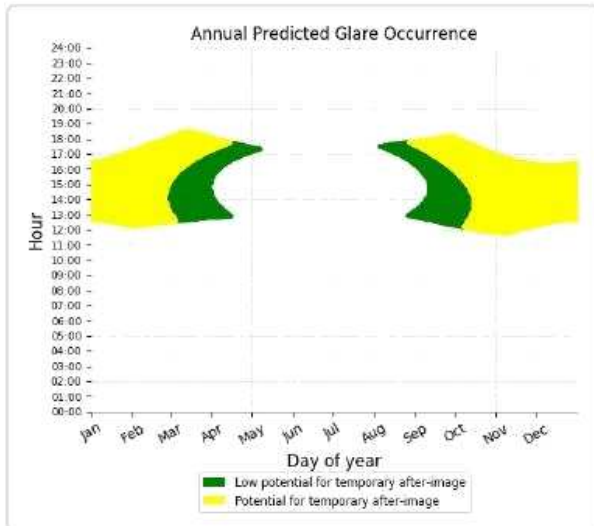


De panelen richting west veroorzaken geen schittering richting de luchtverkeerstoren. Verkeer op de weg naast het zonnepark zou wel last kunnen ervaren van schittering. Zoals afgebeeld in Figuur 8, ondervindt het verkeer rond de 15 minuten per dag schitteringshinder op het niveau "potential for temporary after-image".



Figuur 8 : Schittering richting vliegroute veroorzaakt door panelen richting het oosten.

De panelen richting het westen kunnen ook schittering veroorzaken richting het luchtverkeer. De resultaten van deze schittering zijn afgebeeld in Figuur 9. Deze schittering kan ontstaan tussen september en april tussen twaalf en vijf/zes uur 's middags, grotendeels van het niveau "potential for temporary after-image". Deze schittering kan tussen de 200 en 350 minuten per dag plaatsvinden.



Figuur 9 : Schittering richting vliegverkeer veroorzaakt door panelen richting het westen.

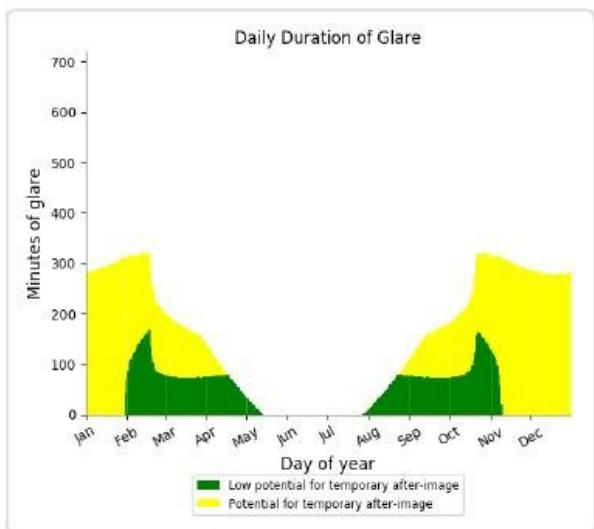
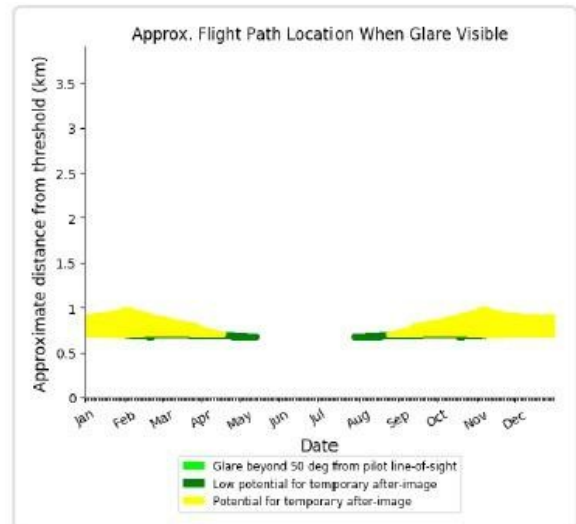
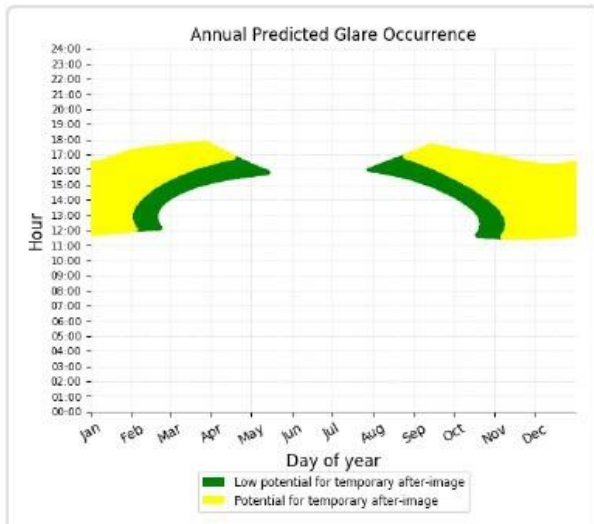
Voor een oost-west opstelling moeten deze resultaten gecombineerd worden. Tussen september en april kan er schittering ontstaan tussen 11 uur 's ochtends en vijf/zes uur 's middags van het niveau "potential for temporary after-image". Dit is dus tussen de 6/7 uur lang per dag. Tussen april en september kan er 's middags voor 2,5 uur aan schittering ontstaan, voor het grootste gedeelte van het niveau "low potential for temporary after-image". Deze hoeveelheid schittering is onacceptabel. Er moeten dus aanpassingen gemaakt worden om dit te verminderen. Dit kan op twee manieren: Het gebruik van getextureerde zonnepanelen of het neerzetten van een andere opstelling, bijvoorbeeld richting het zuiden.



Het gebruik van zonnepanelen met lichte textuur en anti-reflectie coating (ARC) vermindert de hoeveelheid schittering van het niveau geel met 7,5%. Deze 7,5% wordt omgezet in schittering van het niveau groen. Dit verschil is dus redelijk klein. Pas bij het gebruik van diep getextureerde zonnepanelen ontstaat een significante verandering. Bij dit type zonnepaneel verandert alle schittering naar het niveau groen, voor zowel de vliegroute als het verkeer op de nabijgelegen weg. Er is één nadeel, doordat deze panelen het zonlicht nog meer diffuus weerkaatsen, wordt de duur van schittering richting het verkeer op de weg hoger. Dit gaat van 15 naar 30 minuten per dag, maar wel van een lager niveau. Ook kan er tussen begin juni en half juli om half 5 's ochtends voor 5 minuten per dag groene schittering ontstaan richting de luchtverkeerstoren.

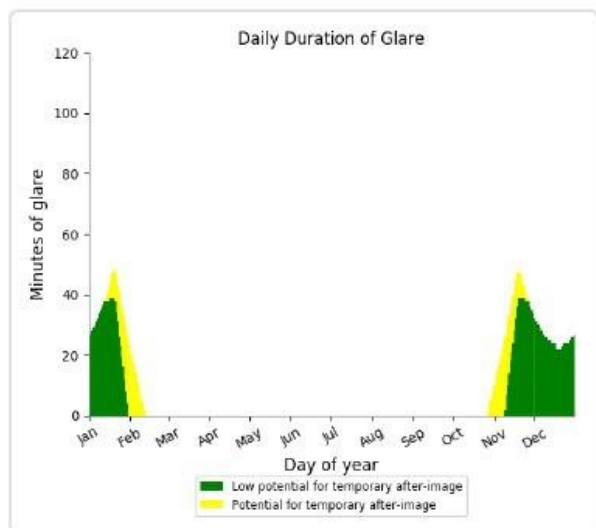
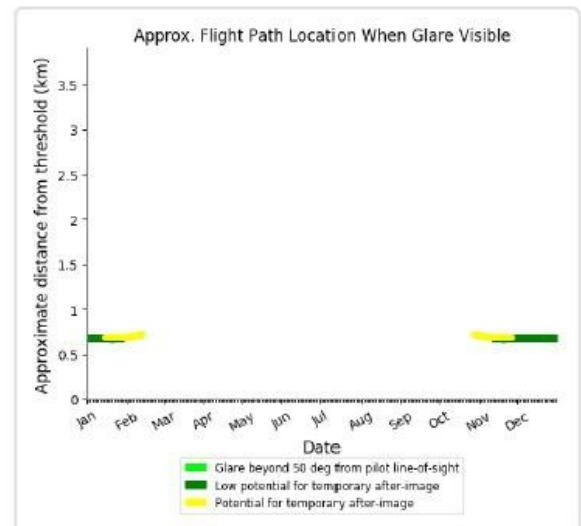
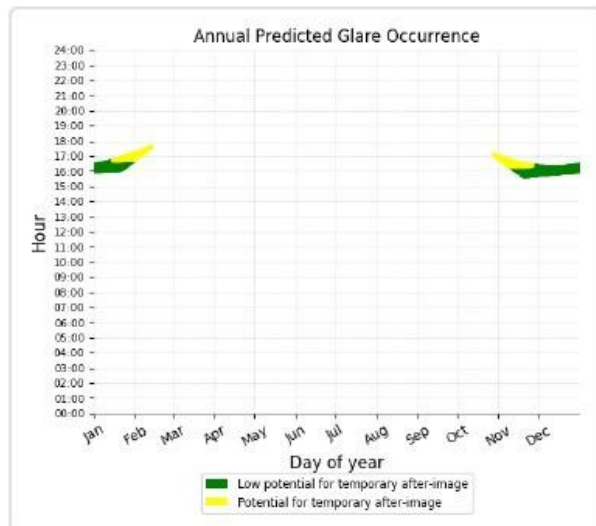
3.6.2 Zuid Opstelling

Het voordeel van een zuid opstelling ten opzichte van een oost-west opstelling is dat de opbrengst per paneel gemaximaliseerd wordt. Dit resulteert uiteindelijk in een betere business case. Voor een zuid opstelling op deze locatie zou een hellingshoek van 38° optimaal zijn om de opbrengst per paneel zo groot mogelijk te maken. Echter, bij een hogere hellingshoek moeten de rijen panelen verder uit elkaar staan om schaduw op de volgende rij te minimaliseren. Hierdoor kunnen er minder panelen geplaatst worden waardoor de totale energie opbrengst van het zonnepark daalt. Voor een optimaal gebruik van de beschikbare ruimte is het dus voordelig om de panelen onder een lage hoek te plaatsen. Hierom is gekeken naar het effect van de hellingshoek bij een zuid opstelling op de schittering richting het verkeer, zowel in de lucht als op de weg. Aangezien een lage hellingshoek dus optimaal gebruik maakt van de ruimte, is als uitgangssituatie een hellingshoek van 10° gesimuleerd. De resultaten zijn afgebeeld in Figuur 10. Hier is te zien dat er schittering plaats kan vinden tussen half oktober en half februari voor ongeveer 300 minuten per dag, tussen twaalf en vijf uur 's middags. Tussen half maart en half mei, en tussen augustus en half oktober kan er ook schittering plaatsvinden in mindere mate. De hoeveelheid potentiële schittering in deze zuid opstelling is een stuk minder dan in de oost-west opstelling, maar de schittering kan nog steeds voor erg veel overlast zorgen.



Figuur 10 : Schittering richting vliegverkeer veroorzaakt door panelen richting het zuiden met een hellingshoek van 10°.

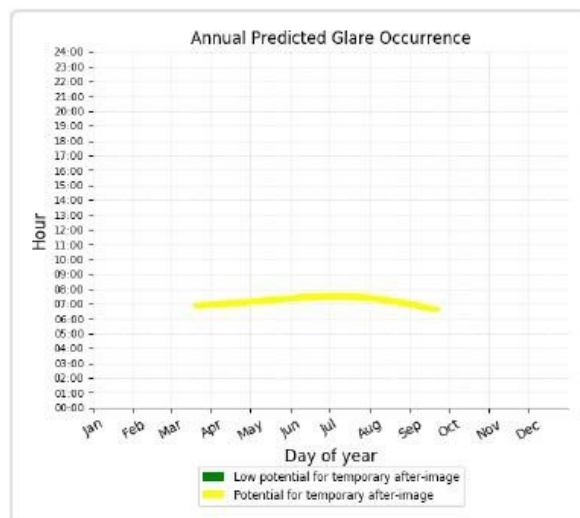
Nadat deze uitgangssituatie is vastgesteld, is er gekeken naar het effect van een andere hellingshoek op de schittering. Door de hoek te verhogen van 10° naar 20°, daalt de totale jaarlijkse gele schittering van 38000 minuten naar 16000 minuten. Bij een hoek van 30° is deze schittering nog maar 6700 minuten per jaar. Onder de optimale hoek voor maximale opbrengst per paneel van 38°, daalt de "yellow glare" verder naar 750 minuten per jaar. De resultaten voor de hellingshoek van 38° zijn afgebeeld in Figuur 11. Onder deze hellingshoek kan er tussen de 30 en 50 minuten aan schittering per dag ontstaan in de maanden november, december, januari en de eerste helft van februari.



Figuur 11 : Schittering richting vliegverkeer veroorzaakt door panelen richting het zuiden met een hellingshoek van 38°.



Bij een zuid opstelling is er echter een grotere kans op schittering richting het verkeer op de nabijgelegen weg. Onder alle bekeken hoeken is de verwachting ongeveer hetzelfde. De verwachte schittering voor een hellingshoek van 38° is afgebeeld in Figuur 12. Er kan tussen half maart en eind september voor 10 minuten per dag gele schittering plaatsvinden tussen half 7 en 8 uur 's ochtends. Deze gele schittering kan een probleem zijn voor bestuurders. Dit zou verholpen kunnen worden door het plaatsen van een verhoging van grond of struikgewas.



Figuur 12 : Schittering richting verkeer veroorzaakt door panelen richting het zuiden met een hellingshoek van 38°.



4 Economische Analyse

In dit hoofdstuk worden de investeringskosten en opbrengsten van drie opties uitgewerkt. Deze opties zijn tijdens de schitteringsanalyse het beste gebleken.

1. Het zonnepark wordt geplaatst in een oost-west opstelling met diep getextureerde zonnepanelen.
2. Het zonnepark wordt geplaatst in een zuid opstelling met een kleine afstand tussen de panelen, waardoor de opbrengst ongeveer gelijk is aan een oost-west opstelling.
3. Het zonnepark wordt geplaatst in een zuid opstelling met grotere afstand tussen de panelen, waardoor de opbrengst per paneel groter wordt.

Zoals eerder genoemd zitten er voor- en nadelen aan beide opstellingen, daarom wordt een economische analyse gedaan voor beide opties. Ook is er onderscheid gemaakt tussen een zuid opstelling met kleine afstand tussen de rijen panelen, en een zuid opstelling met een grotere afstand. Dit is gedaan om te laten zien wat voor effect dit heeft op de energie opbrengst en de business case. Tijdens het opstellen van deze business cases is ook ondervonden dat het erg voordelig is om de RWZI Den Helder en het nieuwe gemaal een aansluiting te geven die direct verbonden is met het nieuwe zonnepark, waardoor de zonne-energie direct verbruikt kan worden. Wanneer elektrische energie direct verbruikt wordt, levert het namelijk meer op dan wanneer het aan het net geleverd wordt. Dit komt omdat er energiebelasting en transportkosten vermeden worden bij direct verbruik. Dit verschil is meer dan 4 cent per kWh in 2020 zal hoogstwaarschijnlijk stijgen in de aankomende jaren, waardoor het erg voordelig kan zijn om de opgewekte elektriciteit direct te verbruiken.

4.1 Oost-West Opstelling

In deze situatie wordt ervan uitgegaan dat het zonnepark gebouwd wordt in een oost-west opstelling met diep getextureerde zonnepanelen. De kosten voor het plaatsen van het zonnepark met dit type panelen is samengevat in Tabel 1. De extra kosten voor het gebruik van diep getextureerde zonnepanelen zijn rond de 0,5 eurocent per Watt piek (Wp).

Tabel 1 : Uitgangspunten investering.

Investeringsraming		
DC-materialen en -werkzaamheden	4.822.490	Euro excl. BTW
Meerkosten diep getextureerde panelen	30.206	Euro excl. BTW
AC-materialen en -werkzaamheden	513.642	Euro excl. BTW
Aansluiting t/m 10 MVA	269.250	Euro excl. BTW
Meerlengte kabel tot onderstation (3 km)	314.400	Euro excl. BTW
Inkoopstation/transformator/hoofdverdeler	100.000	Euro excl. BTW
Bliksemafleiding/overspanningsbeveiliging	90.000	Euro excl. BTW
Leges (tariefstelling gemeente Den Helder)	102.153	Euro excl. BTW
Overig/onvoorzien	90.000	Euro excl. BTW
Totaal	€6.330.217	Euro excl. BTW



De overige uitgangspunten van de economische analyse staan in Tabel 2. Het aantal panelen (en daardoor ook het vermogen en de opbrengst) van het uiteindelijke zonnepark kan afwijken van de berekende waarde die in deze tabel staat aangegeven. Doordat de RWZI Den Helder en het nieuwe gemaal stroom kunnen gebruiken van het zonnepark, zal rond de 9,0% van de opgewekte energie direct verbruikt worden. In



Tabel 3 staan de aannames voor de leveringstarieven van stroom vermeld. Onder deze twee tabellen staat uitleg over de aannames en berekeningen in deze tabellen.

Tabel 2 : Overige uitgangspunten business case.

Overige uitgangspunten business case		
Algemeen		
Aantal zonnepanelen	17.768	Modules
Paneelvermogen	340	Wp
Vermogen systeem	6.041.120	Wp
Levensduur zonnepanelen	25	Jaar
Vermogensdegradatie zonnepanelen	0,5%	Per jaar
Investering		
Totale investering	€6.330.217	Euro excl. BTW
Totale investering (9,0% BTW plicht)	€6.449.353	Euro incl. BTW
Opbrengsten		
Geprognosticeerde stroomopbrengst	952	kWh/kWp in jaar 1
Zonnestroomproductie	5.751.146	kWh in jaar 1
Verwacht aandeel direct verbruik per jaar	9,0%	Van de totale productie
Verrekenprijs per kWh teruglevering (2019)	0,0694	Euro excl. BTW per kWh
SDE+ netto (2019) voor netlevering (fase €0,065)	0,0290	Euro per kWh
Verwachte opbrengst per kWh teruglevering 2020 (incl. SDE+)	0,0984	Euro per kWh
Verrekenprijs per kWh direct verbruik (2019)	0,1131	Euro excl. BTW per kWh
Verrekenprijs per kWh direct verbruik (2019)	0,1368	Euro incl. BTW per kWh
SDE+ netto (2019) voor niet-netlevering (fase € 0,065)	0,0080	Euro per kWh
Verwachte opbrengst per kWh direct verbruik 2020 (incl. SDE+)	0,1448	Euro per kWh
Exploitatie		
Inflatie	2,0%	Per jaar
Beheer, onderhoud, verzekering en meetkosten	1,0%	Van de investering per jaar
Reservering vervanging omvormers	0,4%	Van de investering per jaar
OZB Gemeente Den Helder	0,37%	Van de investering per jaar
Leveringstarief stroom jaar 1	Conform huidig inkoopcontract	
Leveringstarief stroom jaar 2-5	Conform actuele forwardprijzen op APX-beurs	
Indexatie leveringstarief stroom > jaar 5	1,0%	Per jaar
Indexatie teruglevertarief leverancier	-2,5%	Per jaar
Indexatie energiebelasting en transportkosten	2,0%	Per jaar
Interne rentevoet HHNK	4,5%	



Tabel 3 : Aannames leveringstarieven stroom.

Aannames leveringstarieven stroom		
Jaar	Gem. kWh-tarief	Op basis van
2019	€0,06935	Werkelijke tarieven (5/7 ^e piek en 2/7 ^e dal)
2020	€0,06163	Huidige prijs APX (5/7 ^e piek en 2/7 ^e dal)
2021	€0,05287	Forwardprijs Cal-21 (5/7 ^e piek en 2/7 ^e dal)
2022	€0,05092	Forwardprijs Cal-22 (5/7 ^e piek en 2/7 ^e dal)
2023	€0,05381	Forwardprijs Cal-23 (5/7 ^e piek en 2/7 ^e dal)
2024	€0,05684	Forwardprijs Cal-24 (5/7 ^e piek en 2/7 ^e dal)
2025	€0,05741	Indexatie van 1% op tarief 2024

- De hoogte van de investering is gebaseerd op de kosten van het bouwen van de eerste reeks zonneparken. Aangezien 91% van de opgewekte energie teruggeleverd wordt, kan HHNK ook 91% van de BTW over de investering terugclaimen. De BTW plicht is daarom maar 9,0%.
- Zonnepanelen hebben tegenwoordig een optimale prijs-kwaliteit verhouding bij een vermogen van 340 Wp per paneel.
- De levensduur van zonnepanelen wordt hier geschat op 25 jaar, alhoewel fabrikanten garanderen dat de panelen na 25 jaar nog een bepaald percentage van het originele nominale vermogen leveren. Over het algemeen is dit 80% na 25 jaar. Hierom wordt een vermogensdegradatie van 0,5% per jaar aangenomen.
- De opbrengst van zonnepanelen hangt af van de locatie, de zonoriëntatie, de hellingshoek en de schaduw op de panelen. De elektrische omzet voor deze locatie en oriëntatie wordt geschat op 952 kWh/kWp per jaar.
- De gemiddelde leveringskosten van stroom voor het HHNK in 2019 was €0,0694 (5/7^e piek en 2/7^e dal). De verandering van het leveringstarief van stroom wordt in dit model benaderd door gebruik te maken van de huidige prijs en forwardprijs op de APX beurs. De forwardprijs is de prijs voor het kopen van energie 1-4 jaar in de toekomst. Van deze APX-prijzen wordt de gemiddelde leveringskosten berekend voor het HHNK (5/7^e piek en 2/7^e dal). Vanaf jaar 5 wordt dit tarief geïndexeerd met 1% ten opzichte van het jaar ervoor.
- De vergoeding voor het terugleveren van energie wordt geschat op 100% van de energieprijzen volgens de huidige prijs op de APX beurs: €0,06163/kWh in het eerste jaar. Hierna wordt dit met -2,5% geïndexeerd omdat, naar verwachting, de waarde van elektriciteit uit zonne-energie zal dalen door overschotten.
- SDE+ kan worden aangevraagd bij de overheid voor een geldbijdrage per kWh. De SDE+ bijdrage loopt voor 15+1 jaar en geldt voor een maximum van 950 kWh/kWp. Als deze "vollasturen" aan het eind van de 15-jarige periode niet zijn opgebruikt, kunnen deze worden gebruikt in het 16^e jaar.
- Voor SDE+ wordt een basisbedrag aangevraagd van maximaal €0,069 per kWh voor het najaar van 2020. Dit basisbedrag wordt verminderd met een correctie. Dit correctiebedrag wordt elk jaar opnieuw vastgesteld aan de hand van de energieprijzen. Voor dit correctiebedrag wordt onderscheid gemaakt tussen netlevering en niet-netlevering.
- Het voorlopige correctiebedrag voor 2020 voor netlevering is vastgesteld op €0,047. Echter, door de lage huidige energieprijzen zal dit voorlopige correctiebedrag drastisch veranderen. Hierom is besloten om gebruik te maken van het definitieve correctiebedrag voor 2019 in combinatie met de energieprijzen voor het HHNK in 2019, zodat de opbrengst van stroom in 2020 nauwkeuriger bepaald kan worden. De energieprijzen in 2019 was €0,694/kWh en de definitieve SDE+ correctie voor netlevering was €0,036/kWh. Bij een SDE+ basisbedrag van €0,065/kWh, komt de verwachte opbrengst voor teruglevering uit op €0,098 per kWh.

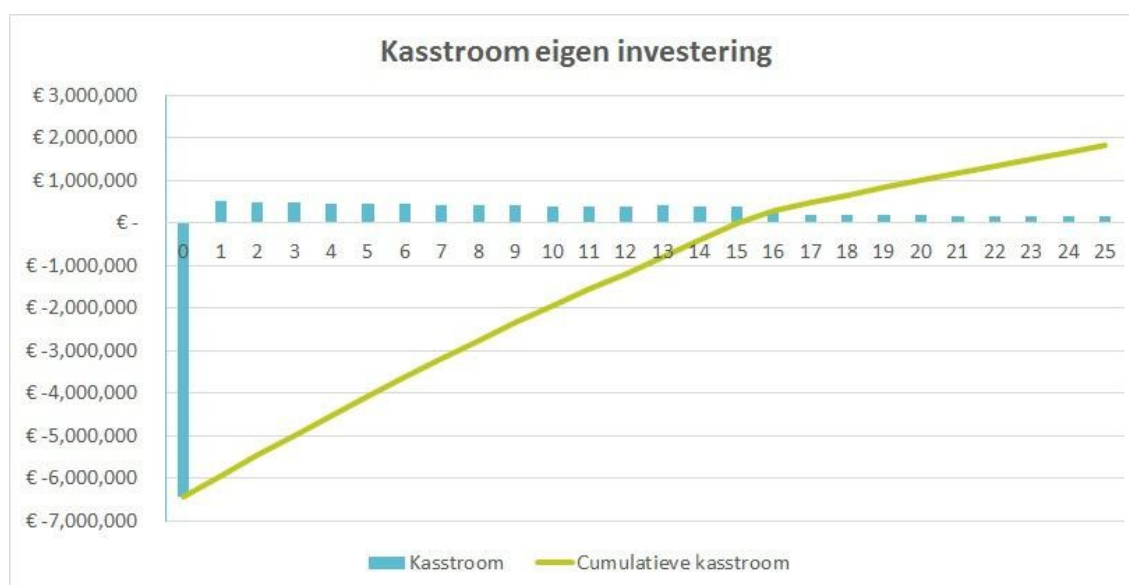


- Bij direct verbruik moet er naast de vermeden energielasten, ook rekening gehouden worden met vermeden energiebelasting en transportkosten. In 2020 is de energiebelasting (incl. ODE) gelijk aan €0,0340/kWh. De transportkosten van Liander zijn €0,0097/kWh. Samen met een energieprijz van €0,0694/kWh in 2019, zijn de vermeden energielasten gelijk aan €0,1131/kWh (€0,1368/kWh incl. BTW). Het voorlopige correctiebedrag voor 2020 voor niet-netlevering is vastgesteld op €0,069. Zoals eerder benoemd, zal dit correctiebedrag veranderen. Daarom is ook voor niet-netlevering gebruik gemaakt van het definitieve correctiebedrag voor 2019 in combinatie met de energieprijz voor het HHNK in 2019. De vermeden energielasten zijn €0,1368/kWh en de definitieve SDE+ correctie voor niet-netlevering was €0,057. Bij een SDE+ basisbedrag van €0,065/kWh, komt de verwachte opbrengst voor teruglevering uit op €0,1448 per kWh.
- Kosten voor beheer, onderhoud, meetkosten en verzekering worden ingeschat op 1% van de investering per jaar. Ook wordt voor de eerste 12 jaar, 0,4% van de investering per jaar gerekend voor de vervanging van de omvormers. Deze hebben een levensduur van 12-15 jaar en moeten dus tijdens de levensduur van het zonnepark vermoedelijk een keer vervangen moeten worden. De OZB-lasten van de gemeente Den Helder zijn 0,37% van de investering per jaar. Echter, het HHNK betaalt geen OZB-lasten en dus worden deze lasten niet meegerekend. De exploitatielasten worden geïndexeerd met 2% per jaar.



Resultaten oost-west opstelling bij SDE+ van €0,065 per kWh

- Projectrendement voor belasting: 2,6%
- Terugverdiëntijd: 15,0 jaar
- Netto constante waarde investering (WACC 4,5%): €-998.123
- Cumulatieve kasstroom incl. BTW: €1.817.139



Figuur 13 : De kasstroomontwikkeling op basis van alle uitgangspunten.

Het gekozen SDE+ basisbedrag heeft een sterke invloed op de financiële resultaten. Tabel 4 geeft een weergave van de resultaten bij verschillende SDE+ basisbedragen. Het basisbedrag kan zelf door HHNK gekozen worden maar de kans op subsidie is kleiner bij een hoger basisbedrag. Het verwachte maximum basisbedrag voor grondgebonden PV-projecten > 1MW_p is €0,069 in de najaarsronde van 2020.

Tabel 4 : Financiële resultaten bij verschillende SDE+-fasebedragen.

Basisbedrag	Rendement	Terugverdiëntijd	Kasstroom incl. BTW
€0,055 per kWh	1,4%	19,1 jaar	€956.400
€0,060 per kWh	2,0%	16,5 jaar	€1.386.770
€0,065 per kWh	2,6%	15,0 jaar	€1.817.139
€0,069 per kWh (=max)	3,1%	14,2 jaar	€2.161.435



4.2 Zuid Opstelling 1,5m

In deze situatie wordt het zonnepark gebouwd in een zuid opstelling met een hellingshoek van 38° en een afstand tussen de stellingen van 1,5 meter. Hierbij staan de panelen in "landscape" modus, dus met de lange zijde richting de grond. Per stelling worden 4 panelen in de lengte geplaatst. Een voorbeeld van deze opstelling is te zien in Figuur 14.



Figuur 14 : Voorbeeld zuid opstelling.

De kosten voor het plaatsen van het zonnepark met dit type panelen is samengevat in Tabel 5. Ten opzichte van een oost-west opstelling is de investering €140.000 hoger. Dit komt omdat er meer panelen geplaatst kunnen worden bij deze opzet van het zonnepark.

Tabel 5 : Uitgangspunten investering.

Investeringsraming		
DC-materialen en -werkzaamheden	4.969.053	Euro excl. BTW
AC-materialen en -werkzaamheden	529.252	Euro excl. BTW
Aansluiting t/m 10 MVA	269.250	Euro excl. BTW
Meerlengte kabel tot onderstation (3 km)	314.400	Euro excl. BTW
Inkoopstation/transformator/hoofdverdeler	100.000	Euro excl. BTW
Bliksemafleiding/overspanningsbeveiliging	90.000	Euro excl. BTW
Leges (tariefstelling gemeente Den Helder)	104.997	Euro excl. BTW
Overig/onvoorzien	90.000	Euro excl. BTW
Totaal	€6.470.442	Euro excl. BTW

De overige uitgangspunten van de economische analyse staan in Tabel 6. Het aantal panelen (en daardoor ook het vermogen en de opbrengst) van het uiteindelijke zonnepark kan afwijken van de berekende waarde die in deze tabel staat aangegeven. Doordat de RWZI Den Helder en het nieuwe gemaal stroom kunnen gebruiken van het zonnepark, zal rond de 8,7% van de opgewekte energie direct verbruikt worden. De verschillen met de oost-west opstelling zijn dik gedrukt afgebeeld.



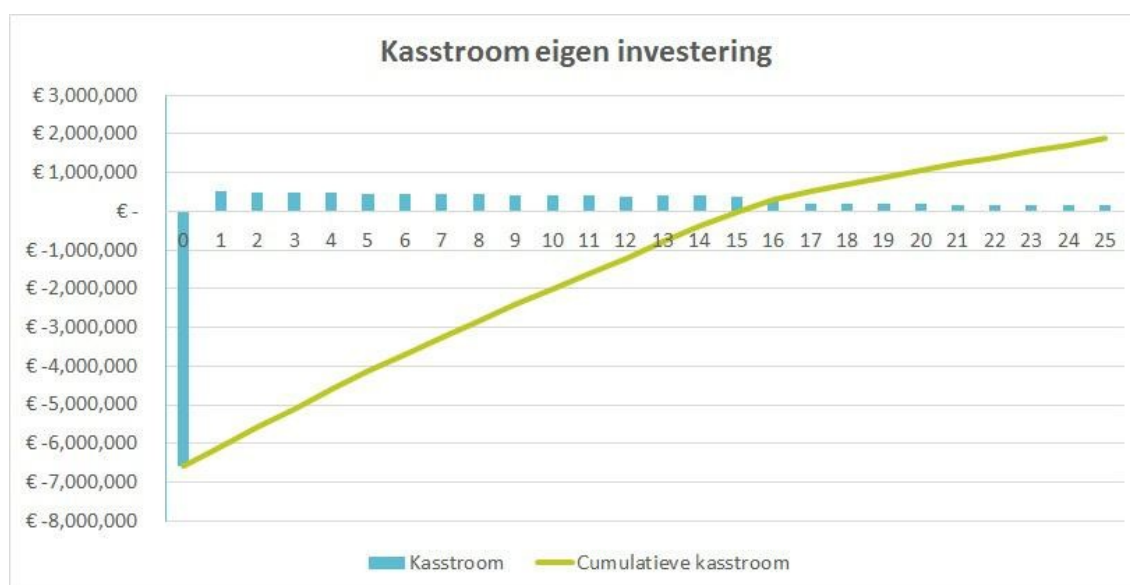
Tabel 6 : Overige uitgangspunten business case.

Overige uitgangspunten business case		
Algemeen		
Aantal zonnepanelen	18.308	Modules
Paneelvermogen	340	Wp
Vermogen systeem	6.224.720	Wp
Levensduur zonnepanelen	25	Jaar
Vermogensdegradatie zonnepanelen	0,5%	Per jaar
Investing		
Totale investering	€6.470.442	Euro excl. BTW
Totale investering (8,7% BTW plicht)	€6.589.323	Euro incl. BTW
Opbrengsten		
Geprognosticeerde stroomopbrengst	945	kWh/kWp in jaar 1
Zonnestroomproductie	5.882.360	kWh in jaar 1
Verwacht aandeel direct verbruik per jaar	8,7%	Van de totale productie
Verrekenprijs per kWh teruglevering (2019)	0,0694	Euro excl. BTW per kWh
SDE+ netto (2019) voor netlevering (fase €0,065)	0,0290	Euro per kWh
Verwachte opbrengst per kWh teruglevering 2020 (incl. SDE+)	0,0984	Euro per kWh
Verrekenprijs per kWh direct verbruik (2019)	0,1131	Euro excl. BTW per kWh
Verrekenprijs per kWh direct verbruik (2019)	0,1368	Euro incl. BTW per kWh
SDE+ netto (2019) voor niet-netlevering (fase € 0,065)	0,0080	Euro per kWh
Verwachte opbrengst per kWh direct verbruik 2020 (incl. SDE+)	0,1448	Euro per kWh
Exploitatie		
Inflatie	2,0%	Per jaar
Beheer, onderhoud, verzekering en meetkosten	1,0%	Van de investering per jaar
Reservering vervanging omvormers	0,4%	Van de investering per jaar
OZB Gemeente Den Helder	0,37%	Van de investering per jaar
Leveringstarief stroom jaar 1	Conform huidig inkoopcontract	
Leveringstarief stroom jaar 2-5	Conform actuele forwardprijzen op APX-beurs	
Indexatie leveringstarief stroom > jaar 5	1,0%	Per jaar
Indexatie teruglevertarief leverancier	-2,5%	Per jaar
Indexatie energiebelasting en transportkosten	2,0%	Per jaar
Interne rentevoet HHNK	4,5%	



Resultaten zuid opstelling 1,5m bij SDE+ van €0,065 per kWh

- Projectrendement voor belasting: 2,6%
- Terugverdiëntijd: 15,0 jaar
- Netto constante waarde investering (WACC 4,5%): €-1.014.794
- Cumulatieve kasstroom incl. BTW: €1.864.979



Figuur 15 : De kasstroomontwikkeling op basis van alle uitgangspunten.

Het gekozen SDE+ basisbedrag heeft een sterke invloed op de financiële resultaten. Tabel 7 geeft een weergave van de resultaten bij verschillende SDE+ basisbedragen. Het basisbedrag kan zelf door HHNK gekozen worden maar de kans op subsidie is kleiner bij een hoger basisbedrag. Het verwachte maximum basisbedrag voor grondgebonden PV-projecten > 1MWp is €0,069 in de najaarsronde van 2020.

Tabel 7 : Financiële resultaten bij verschillende SDE+-fasebedragen.

Basisbedrag	Rendement	Terugverdiëntijd	Kasstroom incl. BTW
€0,055 per kWh	1,4%	19,1 jaar	€977.957
€0,060 per kWh	2,0%	16,5 jaar	€1.421.468
€0,065 per kWh	2,6%	15,0 jaar	€1.864.979
€0,069 per kWh (=max)	3,1%	14,2 jaar	€2.219.788



4.3 Zuid Opstelling 2,5m

In deze situatie wordt het zonnepark gebouwd in een zuid opstelling met een hellingshoek van 38° en een afstand tussen de stellingen van 2,5 meter. Hierbij staan de panelen in "landscape" modus, dus met de lange zijde richting de grond. Per stelling worden 4 panelen in de lengte geplaatst. De kosten voor het plaatsen van het zonnepark met dit type panelen is samengevat in Tabel 8. Ten opzichte van een oost-west opstelling is de investering €860.000 lager. Dit komt omdat er minder panelen geplaatst kunnen worden bij deze opzet van het zonnepark. Dus zal de totale energie opbrengst ook lager zijn.

Tabel 8 : Uitgangspunten investering.

Investeringsraming		
DC-materialen en -werkzaamheden	4.085.328	Euro excl. BTW
AC-materialen en -werkzaamheden	435.127	Euro excl. BTW
Aansluiting t/m 10 MVA	269.250	Euro excl. BTW
Meerlengte kabel tot onderstation (3 km)	314.400	Euro excl. BTW
Inkoopstation/transformatator/hoofdverdeler	100.000	Euro excl. BTW
Bliksemafleiding/overspanningsbeveiliging	75.000	Euro excl. BTW
Leges (tariefstelling gemeente Den Helder)	110.848	Euro excl. BTW
Overig/onvoorzien	75.000	Euro excl. BTW
Totaal	€5.465.809	Euro excl. BTW

De overige uitgangspunten van de economische analyse staan in Tabel 9. Het aantal panelen (en daardoor ook het vermogen en de opbrengst) van het uiteindelijke zonnepark kan afwijken van de berekende waarde die in deze tabel staat aangegeven. Doordat de RWZI Den Helder en het nieuwe gemaal stroom kunnen gebruiken van het zonnepark, zal rond de 9,9% van de opgewekte energie direct verbruikt worden. De verschillen met de oost-west opstelling zijn dik gedrukt afgebeeld.



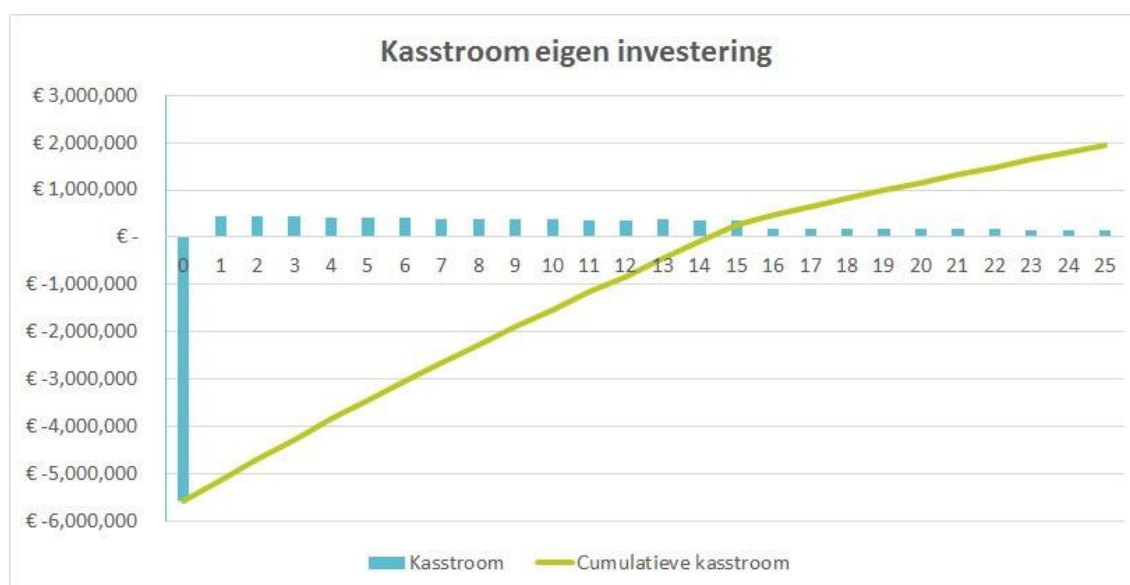
Tabel 9 : Overige uitgangspunten business case.

Overige uitgangspunten business case		
Algemeen		
Aantal zonnepanelen	15.052	Modules
Paneelvermogen	340	Wp
Vermogen systeem	5.117.680	Wp
Levensduur zonnepanelen	25	Jaar
Vermogensdegradatie zonnepanelen	0,5%	Per jaar
Investing		
Totale investering	€5.465.809	Euro excl. BTW
Totale investering (9,9% BTW plicht)	€5.579.753	Euro incl. BTW
Opbrengsten		
Geprognosticeerde stroomopbrengst	1020	kWh/kWp in jaar 1
Zonnestroomproductie	5.220.034	kWh in jaar 1
Verwacht aandeel direct verbruik per jaar	9,9%	Van de totale productie
Verrekenprijs per kWh teruglevering (2019)	0,0694	Euro excl. BTW per kWh
SDE+ netto (2019) voor netlevering (fase €0,065)	0,0290	Euro per kWh
Verwachte opbrengst per kWh teruglevering 2020 (incl. SDE+)	0,0984	Euro per kWh
Verrekenprijs per kWh direct verbruik (2019)	0,1131	Euro excl. BTW per kWh
Verrekenprijs per kWh direct verbruik (2019)	0,1368	Euro incl. BTW per kWh
SDE+ netto (2019) voor niet-netlevering (fase € 0,065)	0,0080	Euro per kWh
Verwachte opbrengst per kWh direct verbruik 2020 (incl. SDE+)	0,1448	Euro per kWh
Exploitatie		
Inflatie	2,0%	Per jaar
Beheer, onderhoud, verzekering en meetkosten	1,0%	Van de investering per jaar
Reservering vervanging omvormers	0,4%	Van de investering per jaar
OZB Gemeente Den Helder	0,37%	Van de investering per jaar
Leveringstarief stroom jaar 1	Conform huidig inkoopcontract	
Leveringstarief stroom jaar 2-5	Conform actuele forwardprijzen op APX-beurs	
Indexatie leveringstarief stroom > jaar 5	1,0%	Per jaar
Indexatie teruglevertarief leverancier	-2,5%	Per jaar
Indexatie energiebelasting en transportkosten	2,0%	Per jaar
Interne rentevoet HHNK	4,5%	



Resultaten zuid opstelling 2,5m bij SDE+ van €0,065 per kWh

- Projectrendement voor belasting: 3,1%
- Terugverdiëntijd: 14,2 jaar
- Netto constante waarde investering (WACC 4,5%): €-642.655
- Cumulatieve kasstroom incl. BTW: €1.937.847



Figuur 16 : De kasstroomontwikkeling op basis van alle uitgangspunten.

Het gekozen SDE+ basisbedrag heeft een sterke invloed op de financiële resultaten. Tabel 10 geeft een weergave van de resultaten bij verschillende SDE+ basisbedragen. Het basisbedrag kan zelf door HHNK gekozen worden maar de kans op subsidie is kleiner bij een hoger basisbedrag. Het verwachte maximum basisbedrag voor grondgebonden PV-projecten > 1MWp is €0,069 in de najaarsronde van 2020.

Tabel 10 : Financiële resultaten bij verschillende SDE+-fasebedragen.

Basisbedrag	Rendement	Terugverdiëntijd	Kasstroom incl. BTW
€0,055 per kWh	1,9%	17,4 jaar	€1.208.577
€0,060 per kWh	2,5%	15,4 jaar	€1.573.212
€0,065 per kWh	3,1%	14,2 jaar	€1.973.847
€0,069 per kWh (=max)	3,6%	13,4 jaar	€2.229.555



5 Conclusie en Aanbevelingen

Bij het maken van het definitieve ontwerp van het zonnepark moet met een aantal zaken rekening gehouden worden. De veiligheidszones van de munitiebunkers en de hoogte restricties i.v.m. het vliegverkeer moeten hierbij in acht genomen worden. Daarnaast dient er ook overlegd te worden met de gemeente Den Helder over de richtlijnen voor het plaatsen van zonneparken, met name over het feit dat er gesteld wordt dat een volwassen persoon vanuit de omgeving over de panelen heen moet kunnen kijken.

De analyse van mogelijke die schittering veroorzaakt kan worden door de zonnepanelen heeft laten zien dat een normale oost-west opstelling problemen zou kunnen geven voor het luchtverkeer. Er kan voor 6 tot 7 uur per dag schittering ontstaan op het niveau geel. Dit houdt in dat de schittering een tijdelijk beeld op het netvlies kan branden, in het Engels: "potential for temporary after-image". Dit probleem kan op twee manieren opgelost worden: door het gebruik van diep getextureerde zonnepanelen of door een andere opstelling voor de panelen te gebruiken. Bij het toepassen van diep getextureerde zonnepanelen wordt alle schittering omgezet naar het niveau groen: "low potential for temporary after-image", wat acceptabel zou moeten zijn voor de luchtvaart. Het onderzoek naar een zuid opstelling heeft laten zien dat de mogelijke schittering richting het luchtverkeer daalt bij een grotere hellingshoek van de panelen. Onder een hoek van 38°, de hoek waarbij de opbrengst per paneel maximaal is, is er slechts kans op 750 minuten aan gele schittering per jaar. Bij deze opstelling kan er wel voor 10 minuten per dag, tussen half maart en eind september, gele schittering plaatsvinden richting het verkeer op de nabijgelegen weg. Dit zou verholpen kunnen worden door het plaatsen van een verhoging van grond of struikgewas.

Het gebruik van diep getextureerde zonnepanelen of een zuid opstelling zijn dus beide als goede opties bevonden. Aan beide opstellingen zitten voor- en nadelen. Het voordeel van een oost-west opstelling ten opzichte van een zuid opstelling is dat er een grotere hoeveelheid panelen geplaatst kan worden omdat er geen rekening gehouden hoeft te worden met de schaduw die veroorzaakt wordt door de panelen. Daarnaast zorgt een oost-west opstelling ook voor een betere verdeling van de energie opbrengst over de dag. Het voordeel van een zuid opstelling ten opzichte van een oost-west opstelling is dat de opbrengst per paneel gemaximaliseerd wordt. Dit resulteert uiteindelijk in een betere business case. Voor een zuid opstelling op deze locatie zou een hellingshoek van 38° optimaal zijn om de opbrengst per paneel zo groot mogelijk te maken. Echter, bij een hogere hellingshoek moeten de rijen panelen verder uit elkaar staan om schaduw op de volgende rij te minimaliseren. Hierdoor kunnen er minder panelen geplaatst worden waardoor de totale energie opbrengst van het zonnepark daalt. Wanneer de panelen toch dichter bij elkaar geplaatst worden, daalt de opbrengst per paneel omdat de verliezen door onderlinge schaduw stijgen. Echter, doordat er in deze situatie meer panelen op hetzelfde stuk grond passen, gaat de totale energie productie wel omhoog.

Om deze reden zijn er drie business cases gemaakt: een oost-west opstelling met diep getextureerde panelen, een zuid opstelling met een kleine afstand tussen de panelen waardoor de opbrengst ongeveer gelijk is aan een oost-west opstelling, en een zuid-opstelling met een grotere afstand tussen de panelen waardoor de opbrengst per paneel groter is. Bij het maken van deze business cases is ook ondervonden dat het erg voordelig is om de RWZI Den Helder en het nieuwe gemaal een aansluiting te geven die direct verbonden is met het nieuwe zonnepark, waardoor de zonne-energie direct verbruikt kan worden.

Voor het plaatsen van een oost-west opstelling zijn de totale kosten ongeveer €6.330.000 excl. BTW, waarvan slechts €30.000 extra kosten zijn door het gebruik van diep getextureerde zonnepanelen. In deze opstelling kunnen 17.768 zonnepanelen van 340 Wp geplaatst worden. De verwachte stroomopbrengst is 5,75 GWh in het eerste jaar, wat gelijk staat aan 952 kWh/kWp. Bij een SDE+ van €0,065 per kWh zal deze opstelling naar schatting een terugverdientijd van 15,0 jaar hebben. De cumulatieve kasstroom zal rond de 1,82 miljoen euro zijn.

Een zuid opstellingen met stellingen waar 4 panelen in de lengte worden geplaatst onder een hoek van 38° met 1,5 meter tussen de stellingen, zal ongeveer €6.470.000 excl. BTW kosten. Hier kunnen rond de 18.308 panelen van 340 Wp geplaatst worden. De verwachte stroomopbrengst is 5,88 GWh in het eerste



jaar, wat gelijk staat aan 945 kWh/kWp. Bij een SDE+ van €0,065 per kWh zal deze opstelling naar schatting een terugverdientijd van 15,0 jaar hebben. De cumulatieve kasstroom zal rond de 1,86 miljoen euro zijn.

Een zuid opstelling met stellingen waar 4 panelen in de lengte worden geplaatst onder een hoek van 38° met 2,5 meter tussen de stellingen, zal ongeveer €5.456.000 excl. BTW kosten. Hier kunnen rond de 15.052 panelen van 340 Wp geplaatst worden. De verwachte stroomopbrengst is 5,22 GWh, wat gelijk staat aan 1020 kWh/kWp. Bij een SDE+ van €0,065 per kWh zal deze opstelling naar schatting een terugverdientijd van 14,2 jaar hebben. De cumulatieve kasstroom zal rond de 1,94 miljoen euro zijn.

Business cases 1 en 2 zijn vergelijkbaar. Door het plaatsen van een groot aantal panelen is de totale energie opbrengst hoog, maar is de business case iets minder aantrekkelijk. In business case 3 kunnen minder panelen geplaatst worden door de grotere afstand tussen de stellingen. Hierdoor zijn de verliezen door onderlinge schaduw tussen panelen kleiner, en dus is de opbrengst per paneel groter. Dit is goed voor de uitkomst van de business case. Echter, omdat er minder panelen geplaatst worden is de totale energie opbrengst kleiner. Deze optie zou wel beter zijn voor de biodiversiteit op het terrein. Omdat de panelen minder dicht op elkaar staan kan het makkelijker zijn voor verschillende plant- en diersoorten om tussen de panelen te kunnen leven. Verder onderzoek in deze richting zou erg interessant kunnen zijn.



Bronnen

- [1] International Civil Aviation Organization. (2015). European guidance material on managing building restricted areas.
http://www.baf.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/ICAO_Docs/ICAO_EUR_DOC_2015_ThirdEd_Nov2015.pdf?__blob=publicationFile
- [2] Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. (Oktober 2016). Externe veiligheidsrisico rond militaire luchthaven De Kooy door vliegverkeer, MER luchthaven De Kooy.
<https://www.commissiemer.nl/projectdocumenten/00002402.pdf>
- [3] Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. (Juni 2017). Safety Assessment Zonnepark De Kooy.
https://www.planviewer.nl/imro/files/NL.IMRO.0400.812OVZONNEPARKECOR-OV01/t_NL.IMRO.0400.812OVZONNEPARKECOR-OV01.pdf