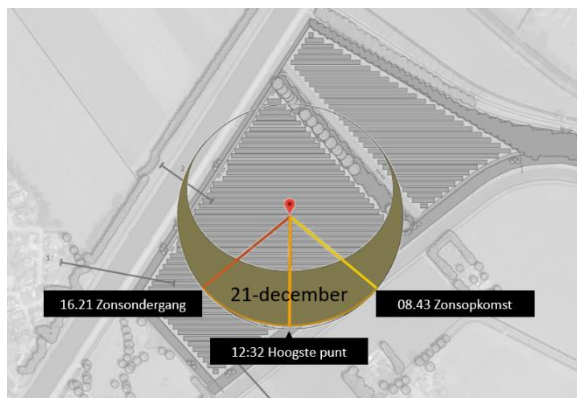


Schittering bij Zonnepark Woudhuizermark

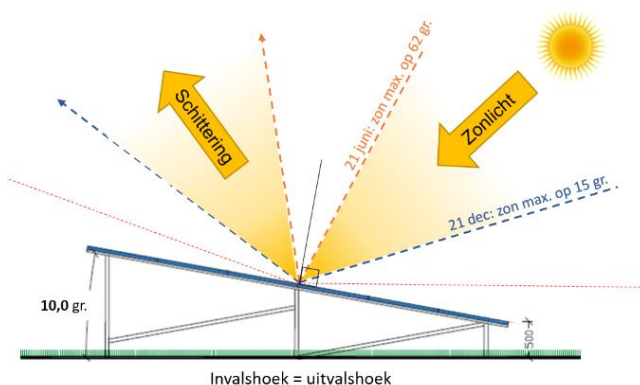
Uitleg schittering tool

QING Sustainable heeft een tool ontwikkelt om voor omwonenden van een zonnepark te bepalen of zij mogelijk last zullen krijgen van hinderlijke schittering (reflectie) vanuit een zonnepark.

De tool kan aangeven hoeveel minuten, vanaf welke oriëntatie en op welk moment van het jaar er mogelijke reflectie optreedt. Hiermee kan de ontwikkelaar of landschapsarchitect van het zonnepark dan rekening houden bij het inplannen van beplanting en de oriëntatie van de zonnemodules.



Figuur 1 – Voorbeeld: Pad van de zon



Figuur 2 – Voorbeeld: Directe schittering

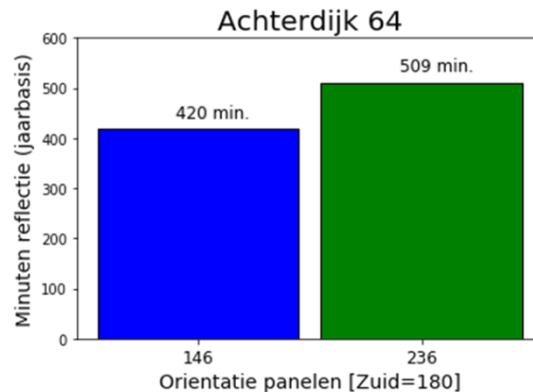
Voor het uitvoeren van de analyse zijn er referentiepunten nodig in het park. Bij het kiezen van de referentiepunten is geen rekening gehouden met de vegetatie en bebouwing tussen de woningen en de panelen. De berekening houdt hier namelijk geen rekening mee. De tool berekent en vergelijkt telkens alleen rechtstreekse instraling ('directe schittering') tussen twee vaste statische punten. Dat wil zeggen dat de berekening is uitgevoerd alsof er geen vegetatie en bebouwing aanwezig zal zijn. In deze tool wordt dus ook geen rekening gehouden met de landschappelijke inpassing van het zonnepark. De landschappelijke inpassing rondom het park kan ook als extra buffer dienen tegen hinderlijke schittering. Verder gaat de tool uit van het 100% 'clear sky' scenario. Een jaar lang geen bewolking en alleen maar zon. Kortom, de tool berekent dus de *worst case* situatie en in de praktijk zal de directe schittering door de bovengenoemde punten vermoedelijk lager uitvallen dan het aantal minuten wat wordt berekend.

Nadat de referentiepunten zijn bepaald kan de tool aan de slag gaan. De tool vergelijkt eerst welke hoogte en richting de zon moet hebben om directe schittering op een raam of ander object te krijgen. Vervolgens berekent de tool het pad van de zon voor de aangegeven locatie per minuut van het jaar. Door de schitteringshoek te

vergelijken met de zonpositie kan per minuut van het jaar worden bepaald of er schittering plaats zal vinden.

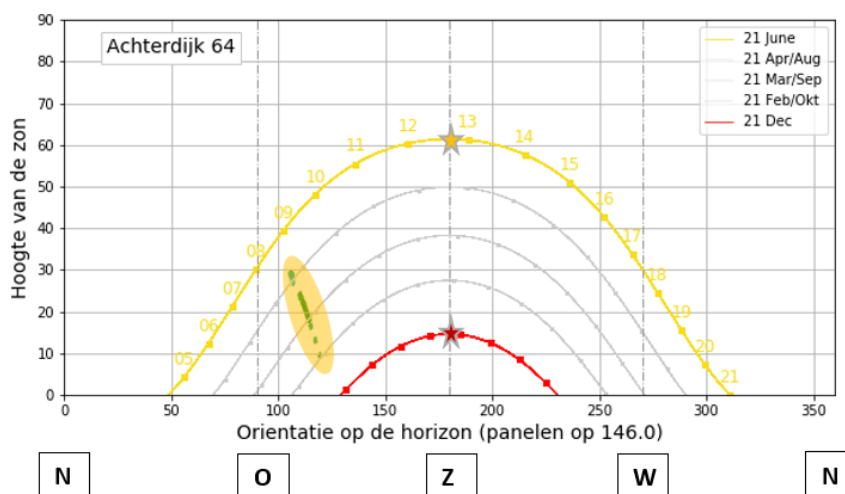
Resultaat schittering tool

De tool bepaalt welke minuten in het jaar er reflectie vanuit een punt in het zonnepark optreedt. Deze gegevens worden automatisch weggeschreven in een bestand per punt in het zonnepark. De minuten van meerdere punten in het zonnepark kunnen worden opgeteld om een inschatting te geven van het totale aantal minuten waarin reflectie (mogelijk) plaats kan vinden. Het resultaat is een barplot zoals hieronder is weergegeven.



Figuur 1 - Voorbeeld resultaat: barplot

Een barplot zegt nog niks over het moment van het jaar dat er reflectie optreedt. Om ook deze informatie te kunnen weergeven worden de reflectiepunten geplot naast een zogenaamde *solargraph* grafiek. Deze grafiek laat het pad van de zon zien op het horizontale vlak gedurende bepaalde dagen van het jaar. De momenten van reflectie worden hiernaast erin geplot.



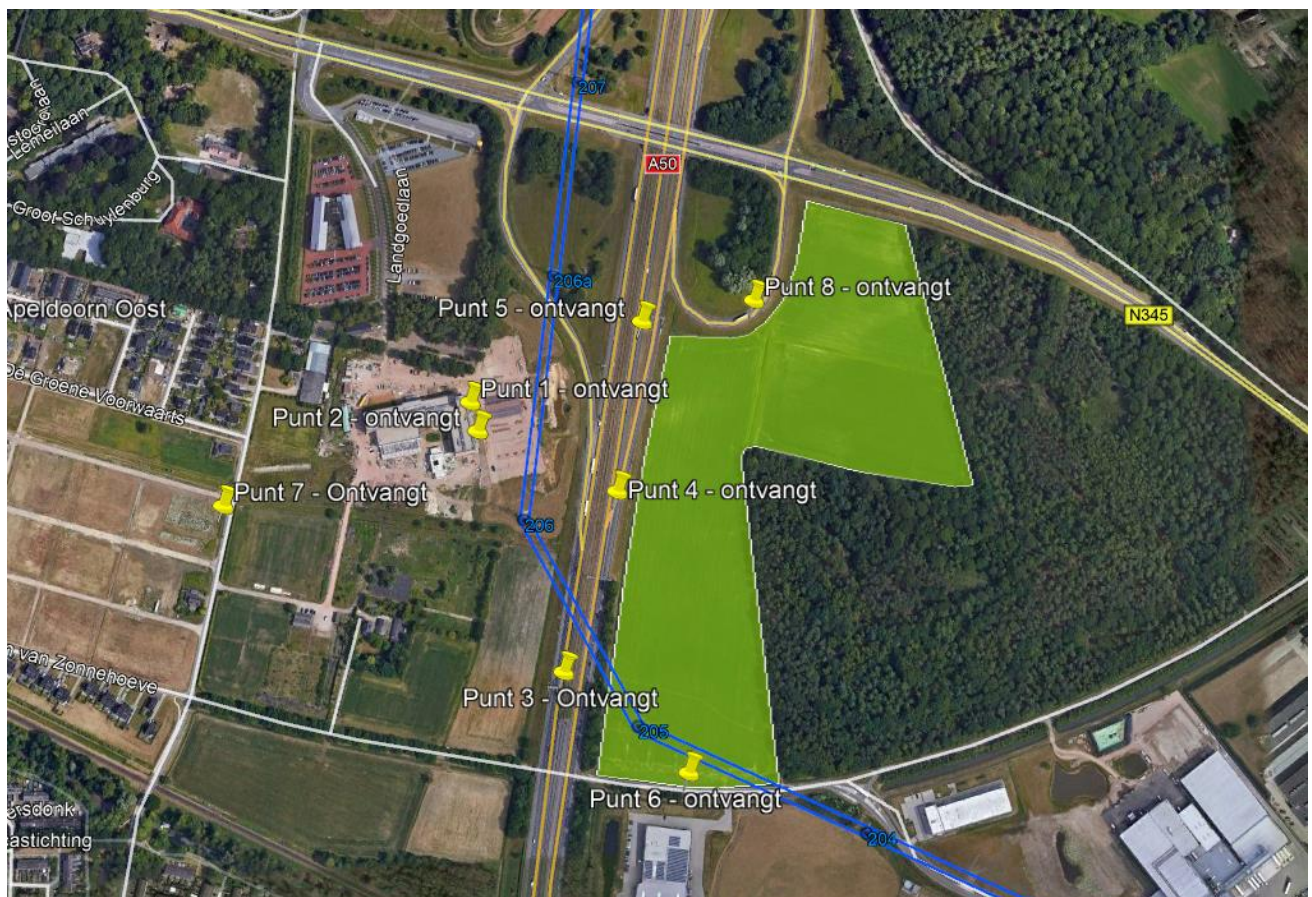
Figuur 2 - Voorbeeld resultaat: solargraph

Situatieschets zonnepark Woudhuizermark

Het beoogde zonnepark Woudhuizermark in de provincie Gelderland ligt net buiten de bouwde kom ten oosten van Apeldoorn. Het ligt ingeklemd tussen de A50 aan de gehele westkant, de N345 aan de noordkant, stukken van het Woudhuizerbos aan de gehele oostkant en de Woudhuizermark weg zelf aan de zuidkant.

Voor een eerste indicatie van de schittering vanaf het zonnepark Woudhuizermark heeft Ventolines (na overleg met QING) de volgende punten aangeleverd om te onderzoeken op mogelijke directe schittering:

- Punt 1 ontvangt: Van der Valk hotel Apeldoorn
- Punt 2 ontvangt: Van der Valk hotel Apeldoorn
- Punt 3 ontvangt: matrixbord A50 zuidelijke richting
- Punt 4 ontvangt: A50 (voertuigen) noordelijke richting
- Punt 5 ontvangt: A50 (voertuigen) noordelijke richting
- Punt 6 ontvangt: Woudmarkerweg (voertuigen)
- Punt 7 ontvangt: nieuwbouwwoning Wezel
- Punt 8 ontvangt: A50 afrit vanaf N345



Figuur 3 – ‘Interesse’ punten rondom zonnepark voor onderzoek

De volgende punten zijn gekozen om een representatief beeld te geven van mogelijke schittering vanaf het zonnepark:



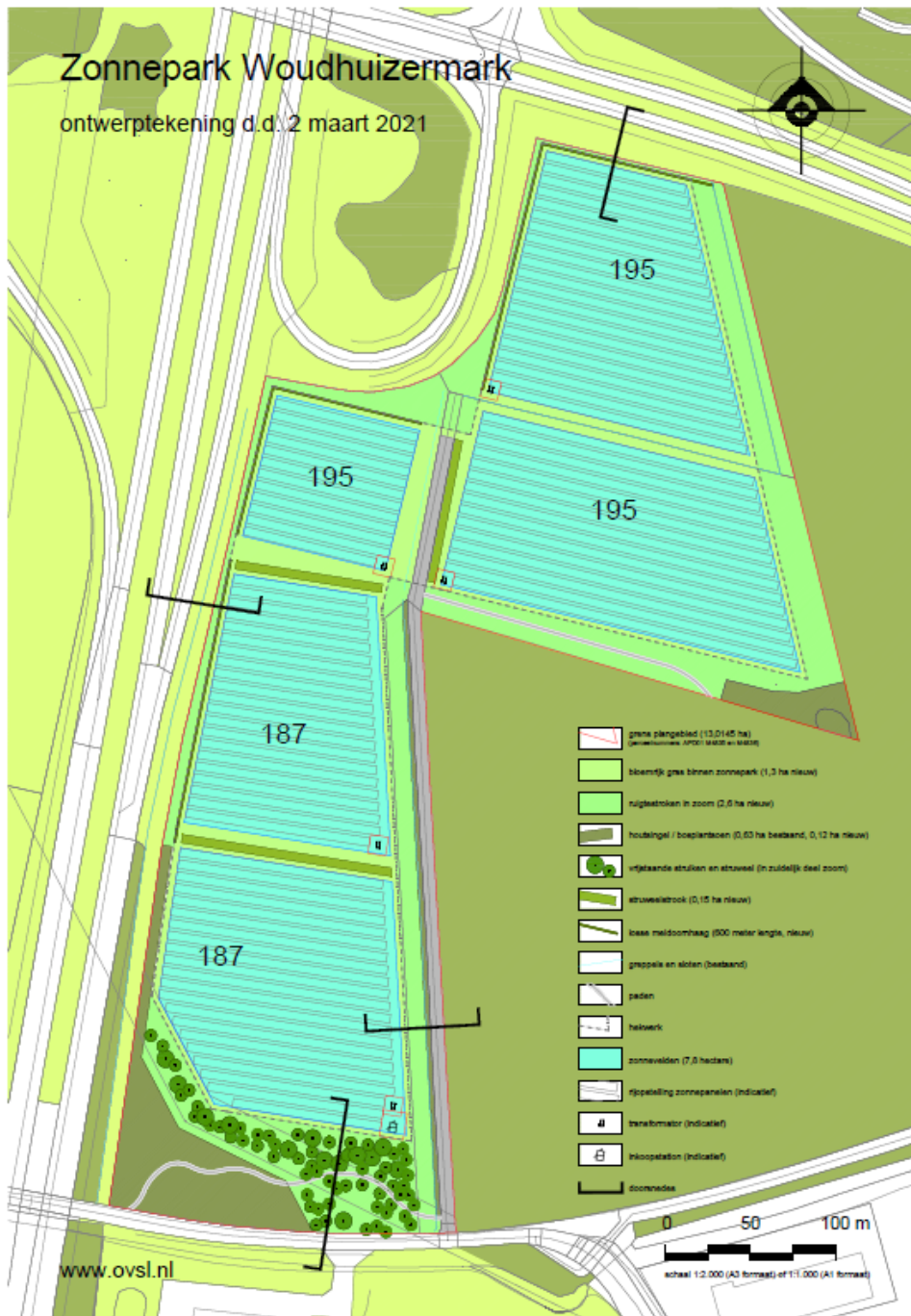
Figuur 4 – Referentiepunten op het zonnepark



Figuur 5 – Gecombineerd: alle interesse- (geel) en referentiepunten (groen)

Oriëntatie en hellingshoek panelen

De belangrijkste inputparameters voor de simulatie zijn de oriëntatie en de hellingshoek van de zonnepanelen. Het zonnepark Woudhuizermark is opgedeeld in vijf vlakken met twee verschillende oriëntaties, namelijk 187 (zuidzuidwest) en 195 graden (meer zuidwest). De hellingshoek van de zonnepanelen is hier aangenomen op 20 graden (op basis van input Ventolines).



Figuur 6 - Verschillende vlakken van Woudhuizermark met de verschillende oriëntaties (azimuth) van de zonnepanelen (ontwerptekening van 02-03-2021)

Hoogteverschillen

De opzet van de tool is zodanig dat er een hoogteverschil moet worden meegegeven als input voordat de simulatie kan starten. Het hoogteverschil is nodig om de hoek tussen een intressepunt en het maaiveld te bepalen waarop de zonnepanelen staan. Hierna wordt berekend wat deze hoek dan is ten opzichte van het modulevlak en deze hoek is cruciaal om te bepalen of de invallende zonnestralen reflecteren richting het intressepunt. Het is mogelijk om een lijst van verschillende hoogteverschillen mee te geven waarbij de tool de schittering per intressepunt voor elk hoogteverschil uitrekent.

Gezien de grote variëteit van de verschillende type interesse punten (hotel, woning, autosnelweg, matrixbord, weg binnen bebouwde kom) zijn er een groot aantal verschillende hoogteverschillen noodzakelijk.

Hotel Apeldoorn (Van der Valk)

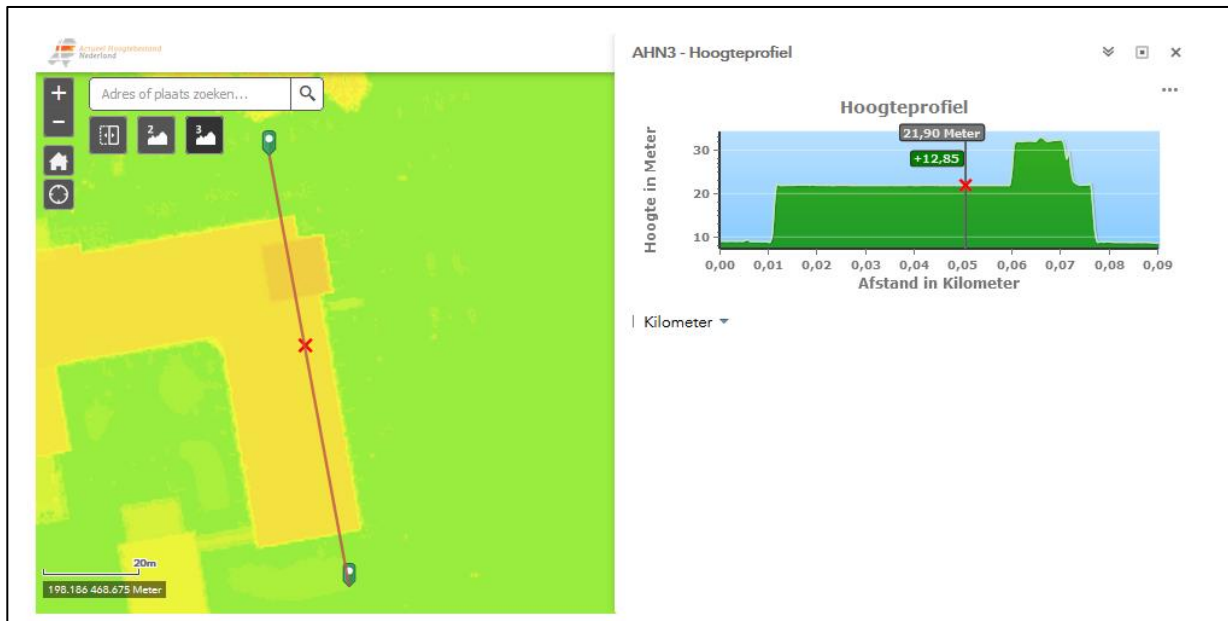
De eerste twee interesse punten waarvoor schittering onderzocht moet worden zijn voor het hotel aan de andere kant van de autosnelweg: hotel Apeldoorn. Om het hoogteverschil te bepalen tussen de zonnepanelen en de hotelkamers moet worden gekeken naar het hoogteprofiel van het hotel, van het maaiveld waar de panelen op komen en de opstelling van de panelen.



Figuur 7 - Hotel Apeldoorn gezien vanaf 'punt 1 ontvangt' (Google Streetview)

Het maaiveld van het zonnepark ligt tussen de 7.80m en 8.00m NAP (o.b.v. landschapstekeningen Ventolines). De zonnepanelen hebben een minimumhoogte van 0.50m en een maximumhoogte van 2.00m (o.b.v. dwarsdoorsnede tekening Ventolines). De gemiddelde hoogte van 1.25m boven het maaiveld is voor de zonnepanelen aangenomen als rekenwaarde.

Figuur 8 laat het hoogteprofiel zien van hotel Apeldoorn. Het hotel bestaat grotendeels uit een vierlaags blok en een zevenlaagse toren. Het maaiveld rondom het hotel ligt op ca. 9m NAP. Uit het hoogteprofiel blijkt dat de maximumhoogte van het blok is 21.90m NAP (12.90m) en de toren is 32.2m NAP (23.2m).



Figuur 8 - Hotel Apeldoorn hoogteprofiel (AHN)

Om een goed beeld te krijgen van mogelijke schittering op de gehele oostzijde van het hotel Apeldoorn is het noodzakelijk om voor elke verdieping de simulatie te laten runnen. De simulatie wordt daarbij telkens gerund op ooghoogte: 1.60m op elke etage. De tool houdt al rekening met een bandbreedte van 2m op 100m afstand. Het hotel staat op minstens 185m afstand van het zonnepark dus daarmee is dit een redelijke aanname voor het afdekken van de hele façade. Figuur 9 laat de hoogtes zien waarmee rekening wordt gehouden in de simulaties. Er wordt uitgegaan van een nieuwe verdieping op elke 2.8m vanaf het maaiveld (2.6m hoogte kamer + 200mm betonplaat).

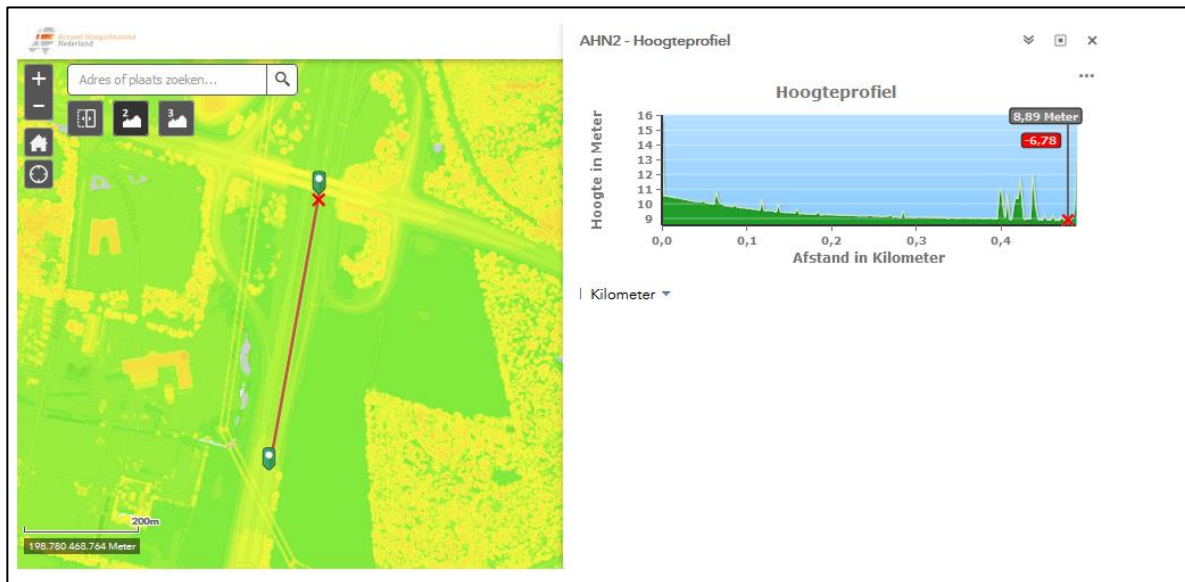
H_referentie		Hoogteverschillen - ZonPV versus hotel				$\Delta h = H_{\text{auto}} - H_{\text{ref}}$		Δh_{sim}
H_maaiveld	h_zonPV	H_ref	H_top	h_ooghoogte	H_hotel	9.05	9.25	
7.80	0.50	9.05	9.00	1.60	10.60	1.55	1.35	1.35
8.00	1.25	9.25	12.90	4.40	13.40	4.35	4.15	1.55
	2.00		23.20	7.20	16.20	7.15	6.95	4.15
				10.00	19.00	9.95	9.75	4.35
				12.80	21.80	12.75	12.55	6.95
				15.60	24.60	15.55	15.35	7.15
				18.40	27.40	18.35	18.15	9.75
								9.95
								12.55
								12.75
								15.35
								15.55
								18.15
								18.35

Figuur 9 - Hoogteverschillen nodig voor bepaling schittering op hotel Apeldoorn

Automobilisten in noordelijke richting op snelweg A50

Voor mogelijke schittering op de (statische) punten op de A50 snelweg in noordelijke richting (punt 4 ontvangt en punt 5 ontvangt) is uitgegaan van de volgende gegevens:

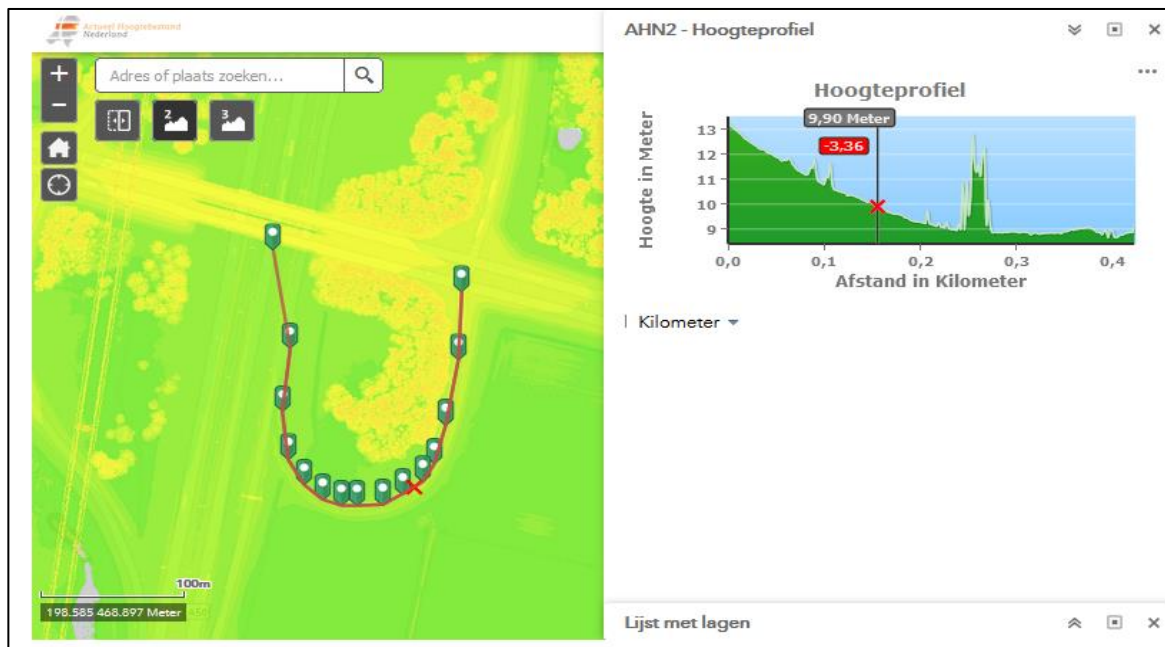
- Het maaiveld waar de panelen op komen ligt tussen de 7.80m en 8.00m NAP (o.b.v. landschapstekeningen Ventolines)
- De gemiddelde hoogte van de zonnepanelen is aangenomen als rekenwaarde
- Het wegdek van de autosnelweg ligt tussen 9.00m en 9.60m NAP (zie Figuur 10)
- De oprit van de N345 naar de A50 (bij 'punt 8 ontvangt') ligt op 9.70m NAP (o.b.v. Figuur 11)
- De ooghoogten voor automobilisten ligt tussen 1.10 en 1.50m en de ooghoogte voor vrachtwagenchauffeurs ligt op 2.50m (o.b.v. SWOV-rapport¹²)



Figuur 10 - Hoogteprofiel A50 snelweg richting kruising N345

¹ SWOV is het nationaal wetenschappelijk instituut voor verkeersveiligheidsonderzoek (Www.swov.nl)

² SWOV – Maatgevende normen in de Nederlandse richtlijnen voor wegontwerp (2014)



Figuur 11 - Hoogteprofiel oprit A50 snelweg vanaf N345

Rekening houdend met bovenstaande gegevens ontstaat een lijst van 17 verschillende hoogteverschillen voor simulatie (ook afgebeeld in onderstaand figuur).

Hoogteverschillen - ZonPV versus A50								
H_maaiveld	H_referentie h_zonPV	H_ref	H_wegdek	H_automobilist h_ooghoogte	H_auto	$\Delta h = H_{\text{auto}} - H_{\text{ref}}$		Δh_{sim}
						9.05	9.25	
7.80	0.50	9.05	9.00	1.10	10.10	1.05	0.85	0.85
8.00	1.25	9.25	9.60	1.30	10.30	1.25	1.05	1.05
	2.00		9.70	1.50	10.50	1.45	1.25	1.25
				2.50	11.50	2.45	2.25	1.45
					10.70	1.65	1.45	1.55
					10.90	1.85	1.65	1.65
					11.10	2.05	1.85	1.75
					12.10	3.05	2.85	1.85
					10.80	1.75	1.55	1.95
					11.00	1.95	1.75	2.05
					11.20	2.15	1.95	2.15
					12.20	3.15	2.95	2.25
								2.45
								2.85
								2.95
								3.05
								3.15

Figuur 12 - Hoogteverschillen nodig voor bepaling schittering op automobilisten en vrachtwagenchauffeurs in noordelijke richting op de A50

Matrixbord A50 in zuidelijke richting

Eén van de interessepunten zijn de matrix borden ter hoogte van de zuidkant van het zonnepark boven de A50 in zuidelijke richting. Als er schittering op een matrixbord valt zou het mogelijk niet meer leesbaar kunnen zijn voor passerende automobilisten. Om dit uit te zoeken is hiervoor ook een punt meegenomen in deze studie ('punt 3 ontvangt').



Figuur 13 – Matrixborden (onder verkeersbord) op A50 zuidelijke richting

Hierbij wordt aangenomen het matrixbord op 5.0m hoogte staat boven de snelweg. De snelweg ligt hier op 9.6m boven NAP en dus is de rekenwaarde voor dit bord 14.6m boven NAP. Het hoogteverschil ten opzichte van de zonnepanelen is daarmee 5.35 en 5.55m.

Woudhuizermark weg

Pal ten zuiden van het zonnepark ligt de naamgever: de Woudhuizermark weg. Ventolines is ook geïnteresseerd in de schittering op deze weg en heeft hierop een interessepunt gedefinieerd ('punt 6 – ontvangt'). De weg ligt iets hoger dan het zonnepark 8.30m boven NAP (volgens landschapstekening van Ventolines). De interesse is hier is wederom (hinderlijke) directe schittering naar automobilisten en vrachtwagens. Hiertoe zijn de hoogteverschillen wederom op afgesteld:

Hoogteverschillen - ZonPV versus Woudhuizermark								
H_maaiveld	H_referentie h_zonPV	H_ref	H_top	H_huis h_ooghoogte	H_huis	$\Delta h = H_{\text{auto}} - H_{\text{ref}}$		Δh_{sim}
7.80	0.50	9.05	8.30	1.10	9.40	9.05	9.25	0.15
8.00	1.25	9.25		1.30	9.60	0.55	0.35	0.35
	2.00			1.50	9.80	0.75	0.55	0.35
				2.50	10.80	1.75	1.55	0.55
								0.55
								0.75
								1.55
								1.75

Figuur 14 - Hoogteverschillen nodig voor bepaling schittering op automobilisten en vrachtwagens op de Woudhuizermark

Nieuwbouwwoning aan de Wezel

Als laatste is Ventolines geïnteresseerd in de schittering in de richting van de nieuwbouwwoningen aan de andere zijde van de snelweg. Specifiek is één punt gedefinieerd naar de kruising van de Barnewinkel en de Wezel. De nieuwbouwwoningen liggen ten (zuid)oosten van hotel Apeldoorn ('punt 7 – ontvangt'). Voor deze woningen is uitgegaan de bouwnorm van 2.6m per verdieping. Met twee verdiepingen (en een betonplaat van 200mm) liggen de ooghoogtes op 1.60 en 4.40m boven het maaiveld. Het maaiveld rondom deze woningen ligt op 8.60m NAP.

De hoogteverschillen voor simulatie worden daarmee:

Hoogteverschillen - ZonPV versus nieuwbouw huis								
H_maaiveld	H_referentie h_zonPV	H_ref	H_top	H_huis h_ooghoogte	H_huis	$\Delta h = H_{auto} - H_{ref}$		Δh_{sim}
7.80	0.50	9.05	8.60	1.60	10.20	1.15	0.95	0.95
8.00	1.25	9.25		4.40	13.00	3.95	3.75	1.15
	2.00							3.75
								3.95

Figuur 15 - Hoogteverschillen nodig voor bepaling schittering op nieuwbouwwoning

Hoogteverschillen overzicht

In totaal zijn er daarmee 40 unieke hoogteverschillen nodig voor simulatie (zie Figuur 16). Al deze hoogteverschillen worden als lijst ingevoerd in de tool en voor elk interesse punt (8 stuks) uitgerekend. De resultaten worden vervolgens gefilterd terug naar de hoogteverschillen behorende bij elk intressepunt.

Δh_{sim} in m	0.15	0.35	0.55	0.75	0.85	0.95	1.05	1.15	1.25	1.35
	1.45	1.55	1.65	1.75	1.85	1.95	2.05	2.15	2.25	2.45
	2.85	2.95	3.05	3.15	3.75	3.95	4.15	4.35	5.35	5.55
	6.95	7.15	9.75	9.95	12.55	12.75	15.35	15.55	18.15	18.35

Figuur 16 - Totaal overzicht unieke hoogteverschillen nodig voor simulatie

Resultaat schittering zonnepark Woudhuizermark:

Er zal voor enige momenten directe schittering op kunnen treden vanaf het zonnepark op het hotel Apeldoorn, de autosnelweg, het matrixbord boven de A50 en op de Woudhuizermark weg. Hieronder worden deze punten per stuk geanalyseerd.



Figuur 17 - Herhaling situatieschets rondom zonnepark Woudhuizermark

Hotel Apeldoorn (Van der Valk)

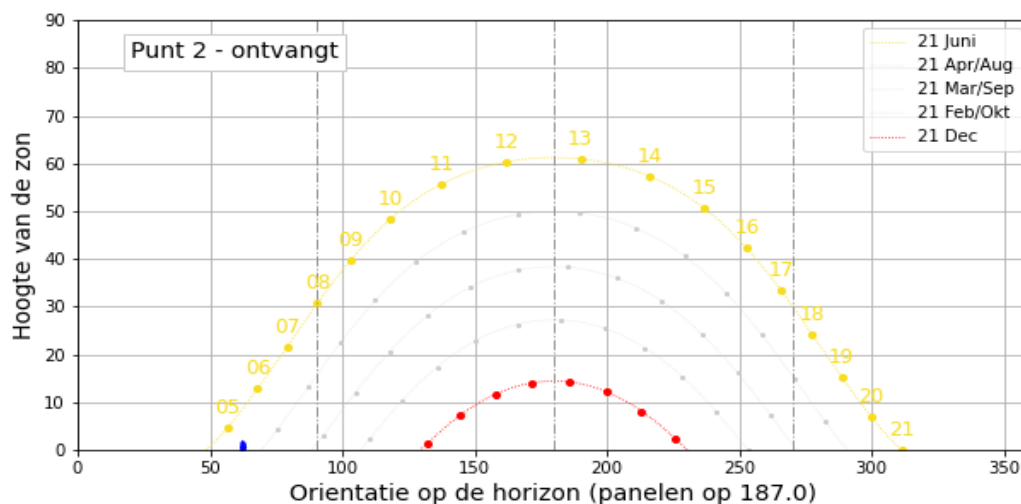
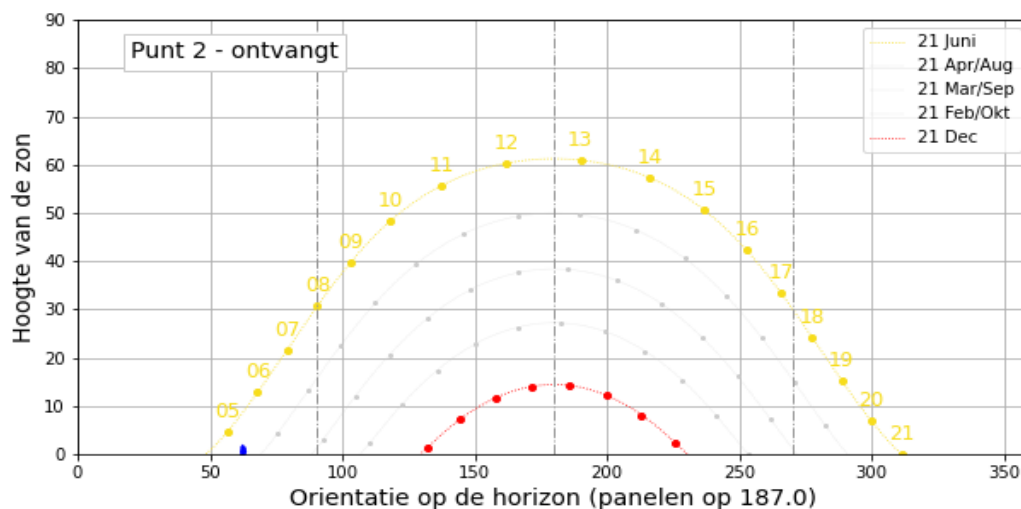
De schittering zal over het grootste gedeelte heen gaan maar kan volgens de simulatie wel de bovenste drie verdiepingen van de toren van hotel Apeldoorn treven.

Vanaf 12.55m hoogteverschil ontvangen 'punt 1 – ontvangt' en 'punt 2 ontvangt' schittering vanaf punt 1 en punt 2 van het zonnepark. Tenminste alleen bij een oriëntatie van de zonnepanelen van 187 graden (zoals het gedeelte rondom punt 2).

Schittering op Hotel Apeldoorn (van der Valk) (187 graden)

Maand	Aantal minuten per dag	Aantal minuten per maand*	Moment van de dag
Mei	1-5	20-30	zonsopgang (tussen 5-6 uur)
Juli	1-4	20-35	zonsopgang (tussen 5-6 uur)
Augustus	1-5	20-25	zonsopgang (tussen 5-6 uur)
Totaal jaar		60-80	
*bandbreedte komt door verschillende hoogteverschillen			

Het gaat om 1-5 minuten rond zonsopgang (tussen 5-6 uur) van een aantal dagen in mei, juli en augustus. De schitteringspunten zijn te herkennen in de solargraphs als blauwe punten rond de 60 graden (noordoost).



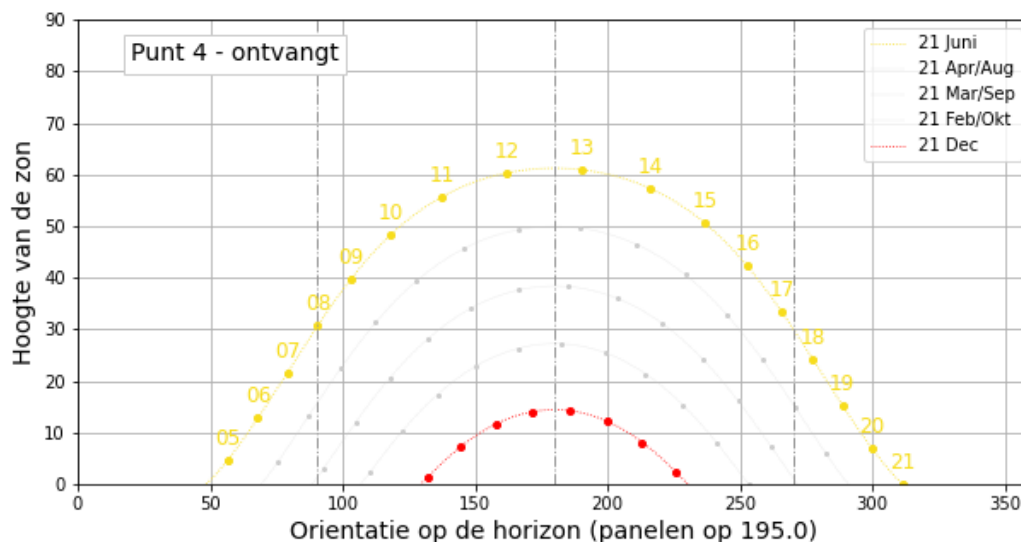
Automobilisten in noordelijke richting op snelweg A50

Schittering van referentiepunt 1 op het zonnepark in de richting van punt 4 op de snelweg vindt op alle hoogteverschillen plaats en vormt daarmee een aandachtspunt voor ontwikkeling van het zonnepark. Het lijkt er echter ook op dat deze schittering alleen optreedt bij een oriëntatiehoek van de zonnepanelen van 195 graden en niet bij 187 graden.

Figuur 6 laat de verschillende oriëntaties van de vijf vlakken van het zonnepark zien.

Schittering A50 punten noordelijke richting			
Maand	Aantal minuten per dag*	Aantal minuten per maand*	Moment van de dag
Januari	1-4	1-10	zonsondergang (ca 16 uur)
December	1-4	60-70	zonsondergang (ca 16 uur)
Totaal jaar		60-80	
*bandbreedte komt door verschillende hoogteverschillen			

Het gaat meestal om 1-3 minuten per dag aan het eind van de middagen in december (en een aantal dagen in januari). In totaal gaat het om ca. 60 minuten in het jaar. In de solargraphs is dit resultaat niet goed te zien omdat het weg valt onder de rode lijn (wanneer de zon onder gaat).



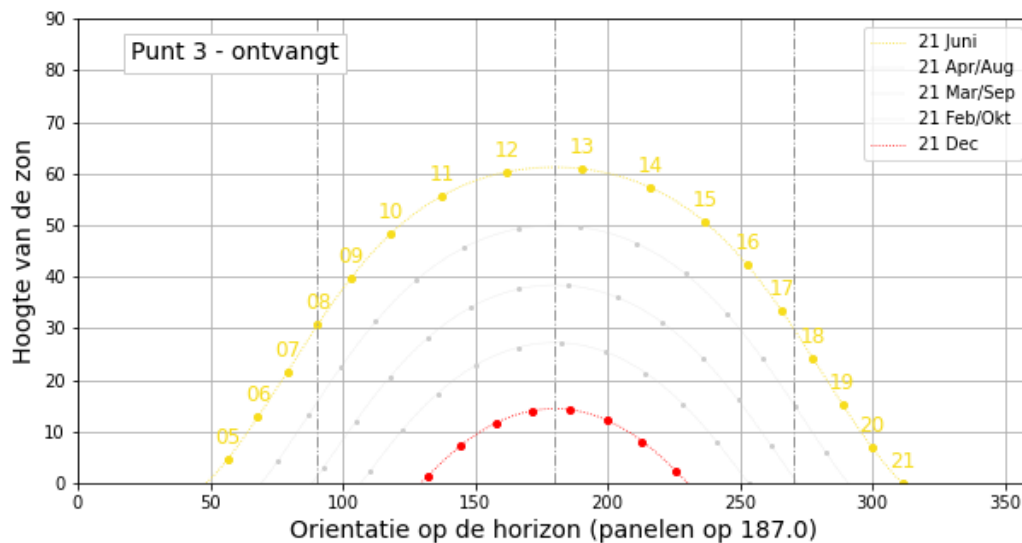
Schittering vanuit de referentiepunten 1 (op 'punt 5 – ontvangt') en 8 (op 'punt 4 – ontvangt') begint pas vanaf een hoogteverschil van 3.75m en zullen daarmee over de weggebruikers gaan. Ook bij de afrit (bij 'punt 8 – ontvangt') gaat mogelijke schittering over de weggebruikers heen.

Matrixbord boven A50 in zuidelijke richting

Ook het matrixbord zal schittering ontvangen van het stuk zonnepark rondom referentiepunt 1. Wederom lijkt het erop dat dit gebeurt bij een oriëntatie van 195 graden en niet bij 187 graden. Schittering vanaf referentiepunt 5 in de richting het matrix bord zal ruim over het bord zelf gaan (pas vanaf 15.35m).

Schittering A50 matrixbord zuidelijke richting			
Maand	Aantal minuten per dag	Aantal minuten per maand	Moment van de dag
Januari	2-4	48	zonsondergang (ca 16 uur)
November	2	2	zonsondergang (ca 16 uur)
December	2-4	60	zonsondergang (ca 16 uur)
Totaal jaar		110	

Het gaat meestal om 2-3 minuten per dag. Schittering vindt alleen plaats in de periode tussen de laatste dag van november en begin januari. In totaal ca. 110 minuten in het jaar. Wederom vallen deze weg in de solargraphs onder de rode lijn.



Woudhuizermark weg

De weg pal aan het zuiden zal zeer waarschijnlijk schittering ontvangen vanuit het park. In deze studie is slechts één referentiepunt meegenomen. Het punt op de Woudhuizermark weg zou slechts schittering kunnen ontvangen vanaf referentiepunten 1, 3 en 7 (met oriëntatie van 195 graden). Zeer waarschijnlijk zal deze schittering intern worden tegengehouden door overige zonnepanelen (punt 1) en bomen (3 en 7).

Het (laatste) ontwerp van het zonnepark houdt al rekening met schittering in zuidelijke richting vanaf het zonnepark door aan de zuidkant van het park (onder de hoogspanningslijnen) struikpassages aan te leggen.

Nieuwbouwwoning aan de Wezel

Er vindt tevens geen schittering plaats in de richting van de nieuwbouwwoning. De afstand en het hoogteverschil is te beperkt voor schittering.