

**TNO REPORT - GRONDINSTRALING A6**  
**WAARBORGEN BODEMKWALITEIT ONDER ZONNEPARKEN**  
JI LIU - BAS VAN AKEN - PAUL SOMMELING

woensdag 13 juli 2022



# › GRONDINSTRALING A6 UITGEVOERD IN OPDRACHT VAN RWS PROJECTTEAM

- De resultaten in dit rapport zijn tot stand gekomen door simulatiewerk uitgevoerd door TNO en inhoudelijke en verduidelijkende discussies met het projectteam

## RWS

- Mattijs Erberveld
- Ivo Booijink
- Guus van der Maas
- Ronald van Heerde

## TNO

- Ji Liu
- Bas van Aken
- Kay Cesar
- Paul Sommeling

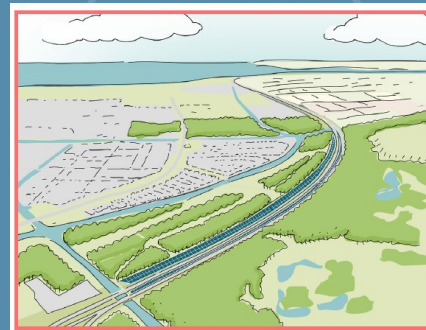
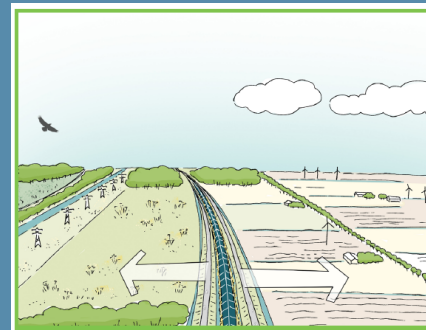
# › INHOUDSOPGAVE



Samenvatting  
Introductie

Nieuwe ontwerpstoets verankert  
bodemkwaliteit in zonneparken

Bodemtoets



Middenberm  
Bocht Lelystad



Aansluitingen  
IJsselmeerdijk

# › INHOUDSOPGAVE

- Samenvatting
- Introductie
- Bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk

## › SAMENVATTING

# GRONDINSTRALING - VERKENNING ZON A6 LELYSTAD DRONTEN

- TNO's softwarepakket BIGEYE simuleert de grondinstraling onder en tussen rijen zonnepanelen
- WUR-TNO hebben een bodemtoets ontwikkeld om een minimale instraling op de bodem en minimaal bodemleven onder een zonnepark te waarborgen, deze toets waarborgt geen bovengrondse biodiversiteit
- RWS had eerder vier mogelijkheden, *bouwstenen*, laten opstellen voor zonne-energie langs A6. Daarvoor heeft TNO nu de grondinstraling berekend en vergeleken met de bodemtoets

Conclusie: De meeste bouwstenen bij de A6 met deels licht-doorlatende zonnepanelen voldoen aan de bodemtoets, maar voldoen niet als er voor opake panelen wordt gekozen zoals het geval is bij veel typen monofacial panelen.

Niet voldoen aan de bodemtoets betekent dat de bodem schade ondervindt, die in dit geval voorkomen kan worden door voor deels licht-doorlatende zonnepanelen te kiezen.

| Bouwsteen                                              | Deels transparante panelen                      | Niet transparante panelen (opaak) |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Middenberm                                             | Voldoet                                         | Voldoet niet                      |
| Bocht Lelystad                                         | Voldoet                                         | Voldoet niet                      |
| Aansluitingen                                          | Voldoet                                         | Voldoet niet                      |
| IJsselmeerdijk<br>- Vlakke helling<br>- Steile helling | Voldoet<br>Voldoet niet, aanpassingen mogelijk* | Voldoet niet<br>Voldoet niet      |

\* verhogen van minimale hoogte en/of kleinere tafels noodzakelijk om aan toets te voldoen

## › INTRODUCTIE

# GRONDINSTRALING T.B.V. RIJKSWATERSTAAT VERKENNING ZON LANGS A6

- RWS heeft een verkenning laten uitvoeren naar mogelijkheden voor zonne-energie opwekking langs de A6 van Almere tot aan de Ketelbrug, dit heeft geleid tot vier hoofdontwerpen, *bouwstenen* genaamd, zie slide 10.
- In dit document word het beoogde ruimtelijk ontwerp getoetst aan de bodemtoets. Als wordt voldaan aan de bodemtoets is de minimale bodemkwaliteit gewaarborgd.
- Behoud van de bodemkwaliteit is belangrijk bij zonneparken. Via een model is dit vooraf te bepalen door modeluitkomsten te vergelijken met de bodemtoets.
- TNO heeft voor elke bouwsteen de grondinstraling uitgerekend, hiervoor wordt gebruik gemaakt van het Bigeye rekenmodel. Vervolgens is deze beoordeeld volgens de bodemtoets, een door WUR en TNO ontwikkeld instrument dat middels een vastgestelde ondergrens als basis bepaalt of er onder de zonneparken voldoende kwaliteit van de bodem als ecosysteem wordt gewaarborgd.
- Daarnaast is de impact op de bodeminstraling van bepaalde aanpassingen aan het ontwerp van de bouwstenen gesimuleerd.
- Voor de vier hoofdontwerpen van het synthese model A6 zon Lelystad Dronten is een indicatieve energieopbrengst gesimuleerd.

## › INTRODUCTIE

# GRONDINSTRALING T.B.V. RIJKSWATERSTAAT VERKENNING ZON LANGS A6

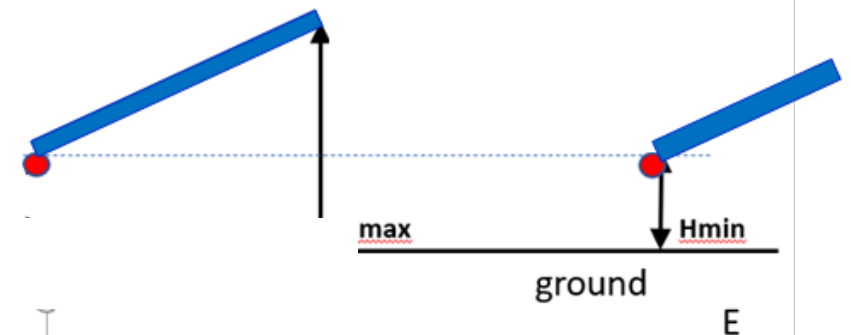
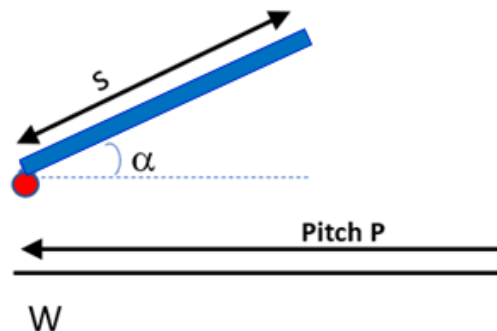
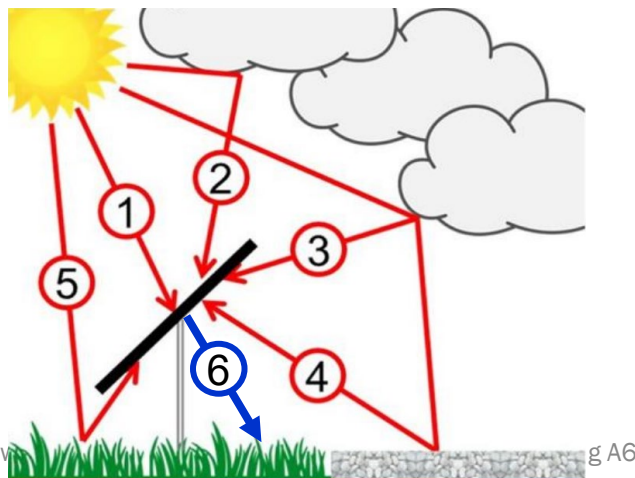
### Leestips

- [Synthesemodel - A6 zon Lelystad Dronten \(mett.nl\)](#) met resultaten van de verkenning bij de hand houden
- De bodemtoets is uitgevoerd op het ruimtelijk ontwerp uitgewerkt in het synthesemodel A6 zon Lelystad Dronten. De resultaten uit dit document zijn daarmee locatie specifiek.
- Als in dit document wordt gesproken over instraling en relatieve instraling dan wordt hier altijd de instraling op de bodem mee bedoeld
- De bodemtoets wordt vanaf slide 13 toegelicht en nog meer informatie hierover is terug te vinden in een artikel uit het tijdschrift Bodem (als bijlage bij dit rapport gevoegd). Het artikel is te [downloaden](#) op de website van het Nationaal Consortium Zon in Landschap
- Voor elke *bouwsteen* wordt eerst een overzicht gegeven
  - Gevolgd door alle variaties in het ontwerp op een slide
  - Deze worden in de daaropvolgende slides een voor een uitgelicht

## › BIGEYE REKENMODEL

### LICHTCOMPONENTEN EN ONTWERPPARAMETERS

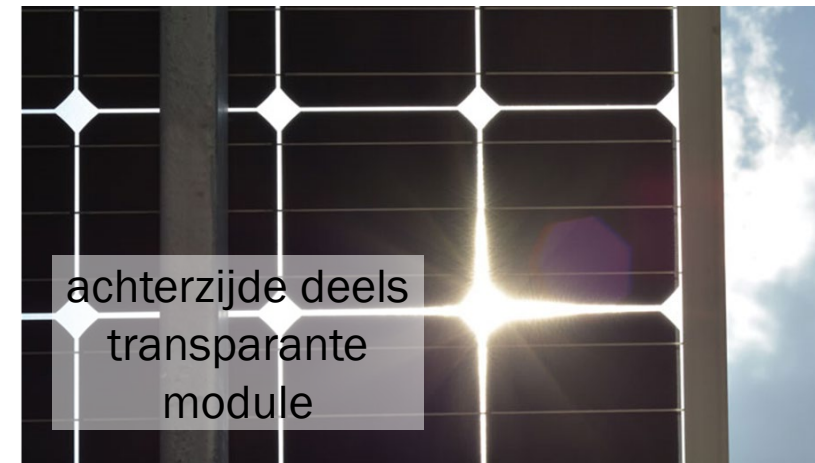
- Pijlen 1-5 in onderstaande afbeelding geven alle mogelijke vormen van instraling op een zonnepaneel weer
- Het rekenmodel BIGEYE neemt bij het bepalen van de bodeminstraling direct (zon)licht en diffuus licht (wolken, “lucht”) mee voor elke tijdstap waarvoor meteorologische data beschikbaar zijn.
- Als het paneel deels transparant is, bijvoorbeeld een glas-glas bifacial module, dan gaat er ook licht volgens [pijl 6](#) in de afbeelding. Als het paneel geen licht doorlaat, dus opaak is, dan zal er geen licht door het paneel heen naar de bodem gaan, maar kan er nog wel licht reflecteren vanaf de achterkant.
- De schets geeft een aantal belangrijke ontwerpparameters aan die in het bigeye rekenmodel ingevoerd moeten worden. De “*pitch*” is de herhalingseenheid en omvat het paneel en de tussenruimte. De *tilthoek* is de helling van het paneel, hier aangegeven met  $\alpha$ . Als we het over de hoogte hebben dan bedoelen we in dit rapport de afstand tussen paneel en bodem,  $H_{min}$ .





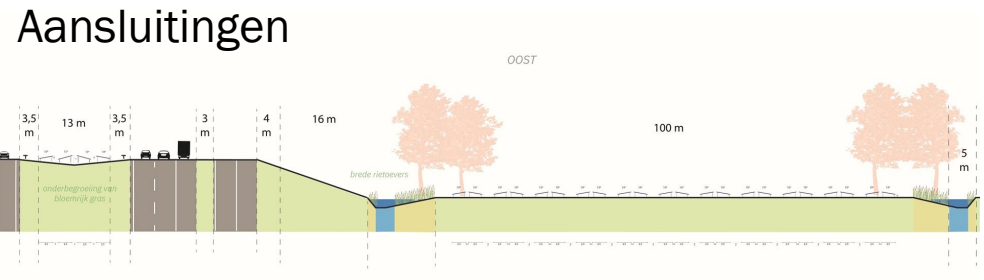
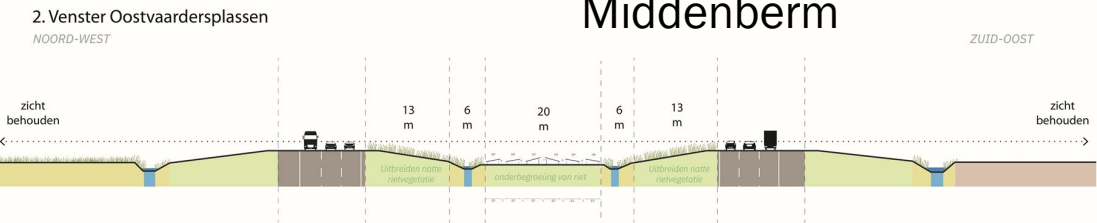
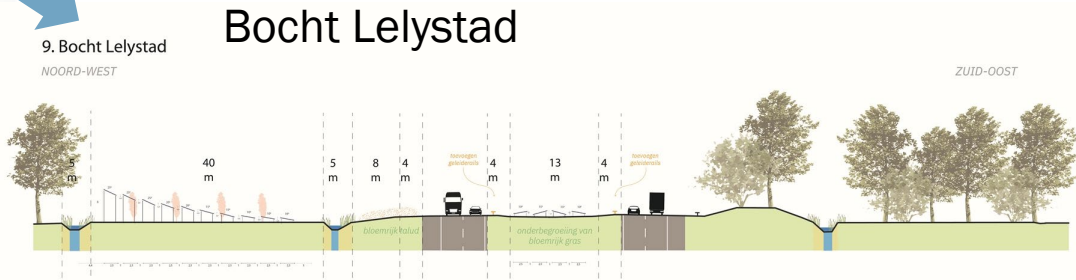
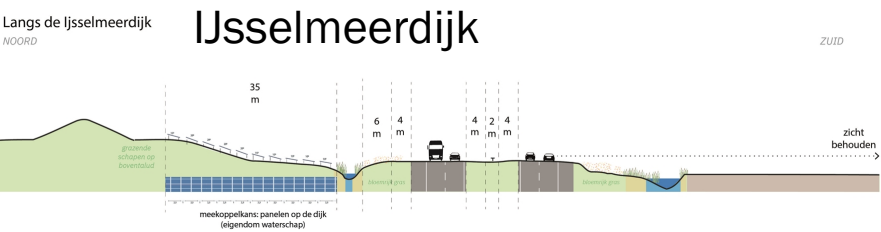
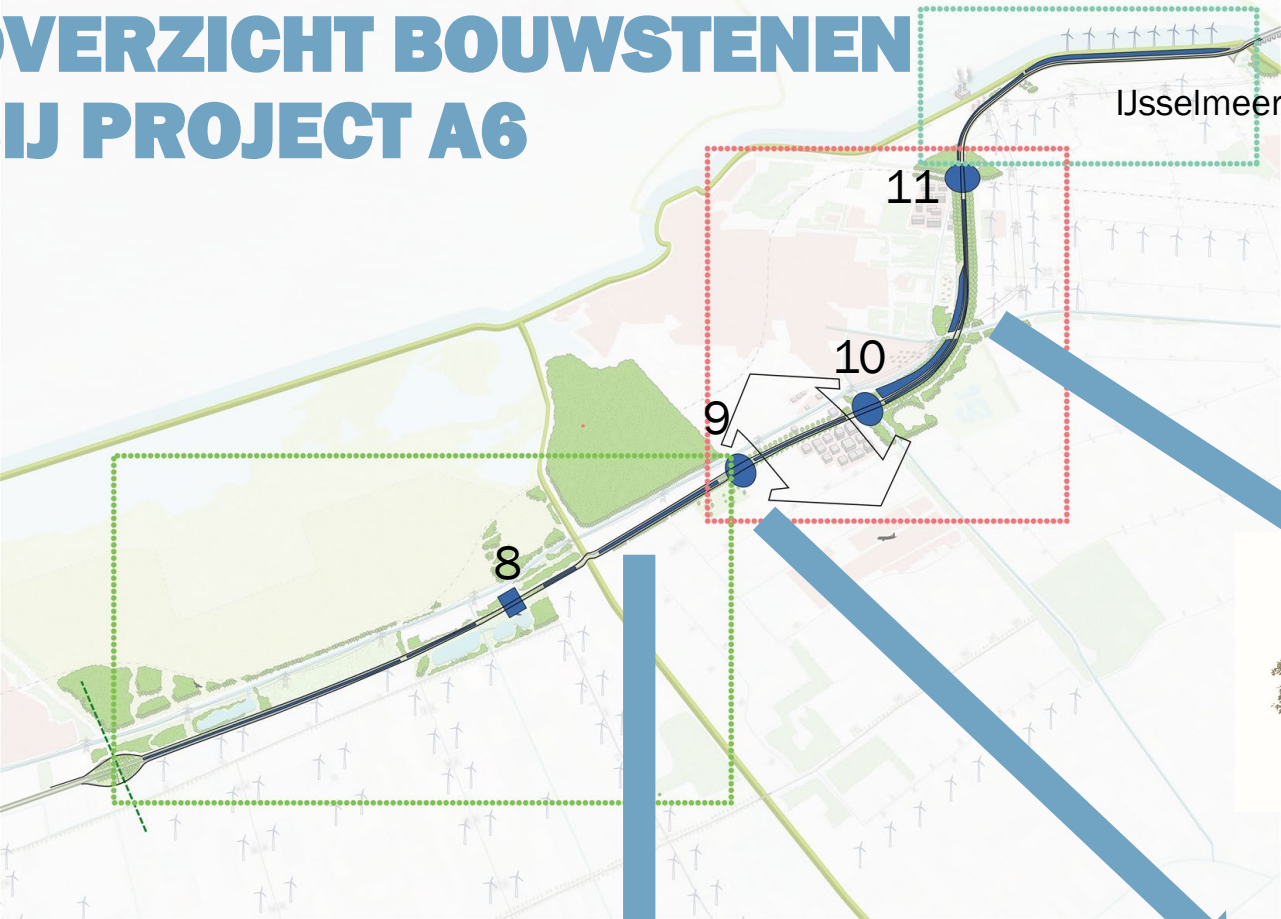
## › HET VERSCHIL TUSSEN *BIFACIAL* EN *DEELS TRANSPARANT*

- Dit zijn belangrijke begrippen in dit rapport, het gaat om twee eigenschappen:
  - Zet het paneel ook licht op de achterzijde om in elektriciteit?
  - Wordt een deel van het voorzijde licht doorgelaten richting de bodem?



- Een zonnecel is **bifacial** als het zowel aan de voor- als achterzijde belichting omzet in elektriciteit. Een zonnecel is **monofacial** als licht aan de achterzijde niet op de cel valt maar op een achterzijde van bijvoorbeeld folie of metaal, en dus niet wordt omgezet in elektriciteit.
- Een zonnepaneel is **deels transparant** als het uit twee doorzichtige platen bestaat (van bijvoorbeeld glas of polymeer), met daartussen de zonnecellen en metaalverbindingen. Er valt dan licht door de ruimte tussen de cellen en het frame en de ruimte tussen de cellen. Een paneel noemen we **ondoorzichtig** of **opaak** als de achterzijde niet doorzichtig is, als gevolg van bijvoorbeeld een witte of zwarte achterzijdefolie, en dus geen licht doorlaat.
- De meeste monofacial panelen zijn opaak en de meeste bifacial panelen zijn deels transparant

# OVERZICHT BOUWSTENEN BIJ PROJECT A6



# › INHOUDSOPGAVE

- Samenvatting
- Introductie
- bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk



# › LICHTINSTRALING EN BODEMTOETS WUR-TNO

## ARTIKEL IN “BODEM”, APRIL 2022

Bodem en RO

Grondbelichting wordt het ontwerpcriterium voor behoud bodemkwaliteit in zonneparken

## Nieuwe ontwerpbeurt verankert bodemkwaliteit in zonneparken

ontwerpruimte van zonneparken. De kwalificatie ‘veilig’ wordt gegeven als aan de volgende normen wordt voldaan:

1. De bodem ontvangt overal minimaal 10% van de openveldinstraling;
2. Minimaal 60% van de bodem ontvangt boven de 15% van de openveldinstraling;
3. Minimaal 25% van de bodem ontvangt boven de 40% van de openveldinstraling.

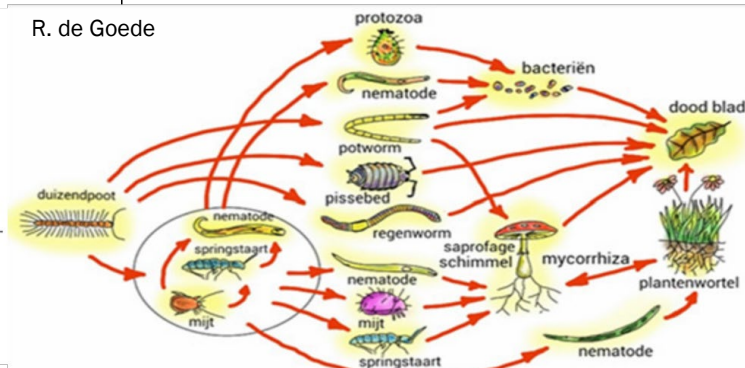
De aanleg van zonneparken in het buitengebied is een sterke troef in het versnellen van de energietransitie. De bodemkwaliteit in Nederlandse zonneparken komt echter in toenemende mate onder druk te staan doordat panelen te dicht op elkaar geplaatst worden. De afname in grondbelichting zorgt voor een afname van vegetatie en koolstofgehalte van de bodem. TNO en WUR hebben een toets ontwikkeld waarmee zonneparken ontworpen kunnen worden met behoud van bodemkwaliteit.

Door: Kay Cesar, Bas van Aken, Luuk Scholten, Ron de Goede en Alex Schotman

Het artikel is te [downloaden](#) op de website van het Nationaal Consortium Zon in Landschap

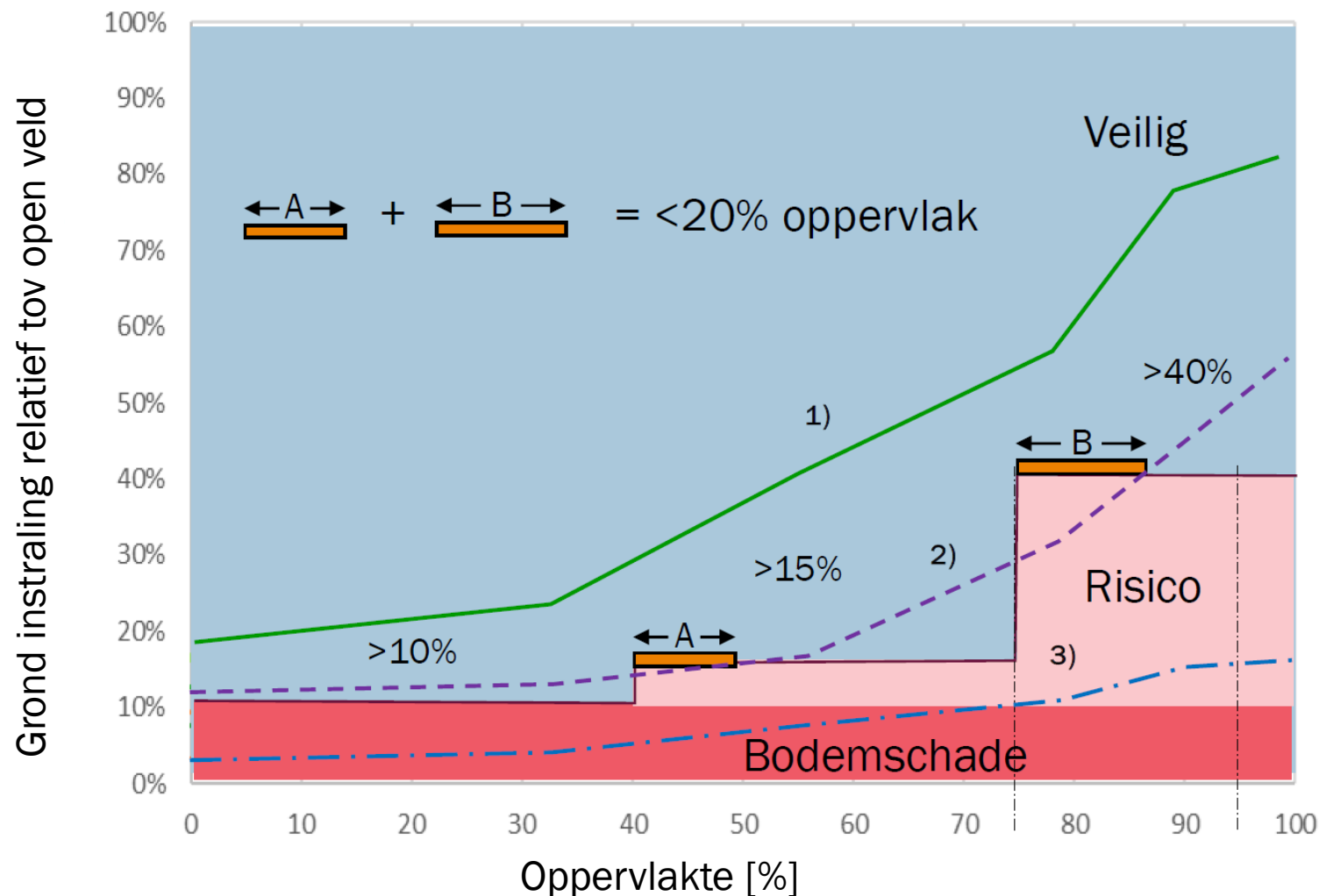


R. de Goede



# VISUALISATIE BODEMTOETS EN ONTWERPREGELS

## KWALIFICATIE VAN EEN ZONNEPARK ONTWERP



Ontwerpkwalificaties:

- Veilig
- Toelaatbaar met risico:
  - Alles boven 10% en
  - Tot 20% oppervlak voldoet niet aan andere twee eisen
- Ontoelaatbaar

Let op:

- Bodemtoets toepasbaar op grond met lage natuurwaarde, bijv. intensieve landbouwgrond
- Bodemoets is in ontwikkeling

## › TOELICHTING OP DE PERCENTAGES IN DE BODEMTOETS

- Minimaal 10% grondinstraling voor 100% van de bodem
  - Dit is op basis van huidige inzichten minimaal nodig om de bodemkwaliteit niet achteruit te laten gaan. Waarnemingen aan parken met minimale instraling <10% laten een dalend koolstof gehalte in de grond zien.
- Minimaal 15% instraling voor 60% van de bodem
  - Deze belichtingsgrens wordt gezien als een duidelijk betere voorwaarde voor vegetatieontwikkeling onder de panelen en wordt in de toets ingezet om een goede marge voor vegetatieontwikkeling onder de panelen te realiseren.
- Minimaal 40% instraling voor 25% van de bodem
  - In bestaande parken is de vegetatie tussen paneeltafels veel beter ontwikkeld dan onder de tafels. Dit gegeven wordt in de toets ingebouwd om risico's voor bodemkwaliteit af te dekken die bestaan door de nog onbekende langetermijneffecten. De verwachting is dat bij tenminste 40% van de openveldinstraling de groei en diversiteit van de vegetatie voldoende zijn om onverwachte nadelige gevolgen in de donkere gebieden op de lange termijn op te vangen.



## › WAT WORDT WEL EN NIET DOOR DE BODEMTOETS GEDEKT?

- De bepaalde ondergrens van 10% in de bodemtoets is volgens de huidige inzichten een minimum voor de instandhouding van een zekere mate van bodemleven en om plantengroei mogelijk te maken met het oog op terugkeer van het betreffende stuk land naar een agrarische of ecologische bestemming, nadat de PV installatie verwijderd wordt.
- De bodemtoets is niet gericht op natuurgebieden en garandeert geen behoud van natuurwaarde (in natuurgebieden). De toets beoogt op basis van de huidige inzichten de instandhouding van bestaand bodemleven, met het oog op het voorkomen van schade die toekomstig (agrarisch) landgebruik zou hinderen. De bodemtoets belicht maar één facet van de gevolgen van schaduw onder zonneparken. Er wordt gewerkt aan een ecolabel voor zonneparken, waarin ook bevordering van bovengrondse biodiversiteit wordt meegenomen. Naar verwachting is het ecolabel gereed in 2025.
- Effect begroeiing en groenbeheer op bodeminstraling

De grens van een acceptabele instraling zoals gedefinieerd in de bodemtoets is bepaald aan de hand van de invloed van schaduw op het bodemleven onder enkele PV installaties in de praktijk. In de parken met te veel schaduw en afnemende bodemkwaliteit én in de parken met meer licht en, tot nu toe, geen afname van de bodemkwaliteit vindt normaal groenbeheer plaats. Deze factor is impliciet meegenomen bij de bepaling van de kritische instralingswaarden
- Natuurwaarde, biodiversiteit, CO<sub>2</sub> vastlegging en waterhuishouding

Zaken als natuurwaarde en biodiversiteit (bovengrondse gebied), CO<sub>2</sub> vastlegging en waterhuishouding zijn niet gewaarborgd op basis van de bodemkwaliteitsnorm. Dit vergt andere normen. Let wel: de kritische grenzen van 15% en 40% zijn mede bepaald om ontwikkeling en variatie in vegetatie mogelijk te maken.

# › INHOUDSOPGAVE

- Samenvatting
- Introductie
- Bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk

## › UITLEG VAN RICHTING EN ORIËNTATIE A6 ONTWERP ASPECTEN

- › De autosnelweg heeft meerdere bochten
- › De rijen zonnepanelen worden altijd parallel met de snelweg uitgelijnd
- › Als de snelweg van oost naar west ligt, dan “kijken” de rijen zonnepanelen naar het zuiden (of het noorden)
- › Wij houden hier de oriëntatie van de zonnepanelen aan
- › Van Almere naar Lelystad begint de A6 in kompasrichting 60 graden, oost-noordoost
- › Dit noemen wij zuid-zuidoost, ZZO en 150 graden
- › Voorbij Lelystad gaat de A6 noord-zuid
- › De panelen staan dan op het oosten (en westen)
- › Dit noemen we oost, 0 en 90 graden



## › DETAILS VAN INVOERGEGEVENS REKENMODEL BIGEYE

### › Paneeltype

- › tweezijdig, deels transparant, n-type TOPCon, beschikbaar bij de meeste tier-1 paneel-leveranciers
  - › Afmetingen: 2281 x 1158 mm<sup>2</sup>
  - › Transparantie 6.6%, frame en gaps tussen panelen worden meegenomen in deze berekening
  - › Bifaciality 75%, vermogen achterkant tov vermogen voorkant onder standaard test condities
  - › Zogeheten half-cut zonnecellen, 6 bij 24 per paneel
- › Albedo (percentage reflectie) grasland is 20%

### Bedekking

- › We berekenen de bedekking door het totale oppervlak aan paneel te delen door het totale oppervlak van de grond, maar beperken ons tot het actieve deel van het zonnepark. Toegangswegen en –paden en randen langs hekken tellen niet mee
- › Alternatieve uitleg: je meet de tafel doorsnede in de schuine richting en deelt deze door de pitch



## ENERGIE OPWEKKING VAN DE BASIS BOUWSTENEN A6

### JAAROPBRENGST ORIGINEEL ONTWERP (BIFACIAL PANELEN)

| Bouwsteen                                    | vermogen (kWp) | opbrengst (MWh/jaar) | kWh/kWp | kWp/100 m | MWh/100m |
|----------------------------------------------|----------------|----------------------|---------|-----------|----------|
| Middenberm<br>20 m diep                      | 80             | 73                   | 915     | 141       | 129      |
| Bocht Lelystad<br>40 m diep                  | 160            | 133                  | 827     | 469       | 388      |
| Aansluiting - per<br>dubbel rij van 7 m diep | 32             | 29                   | 893     | 94        | 84       |
| Dijk – per twee rijen<br>van 7.1 m diep      | 21             | 21                   | 985     | 94        | 92       |

- › Opbrengst is indicatief. Hoeveel in de praktijk gehaald wordt hangt van veel factoren af. De kWh/kWp is de specifieke jaaropbrengst; de SDE+ subsidie is begrensd tot 950 kWh/kWp.
- › Alle systemen staan zuid-zuidoost, behalve de dijk, deze staat recht op het zuiden. Voor Middenberm en Aansluiting betekent dit dat de helft van de panelen op het noord-noordwesten gericht is, waardoor de jaaropbrengst relatief laag is vergeleken met situaties met de panelen oost en west.
- › Opbrengsten Middenberm en Bocht Lelystad zijn voor het hele systeem.
- › Opbrengst Aansluiting en Dijk zijn voor een dubbel rij of twee rijen. Hoeveel kW en kWh er op een hele aansluiting geplaatst wordt hangt af van de exacte afmetingen van het beschikbaar land en de gekozen tafelgrootte.

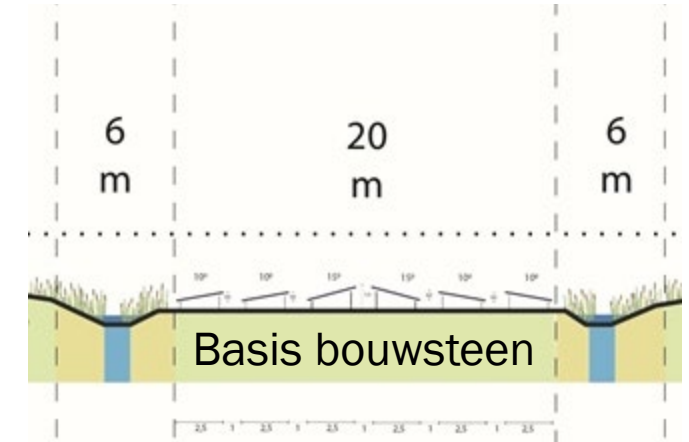
# › INHOUDSOPGAVE

- Samenvatting
- Introductie
- Bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk

# › INTRODUCTIE BASIS BOUWSTEEN MIDDENBERM

## ZIE VERKENNING A6 VOOR EEN TOELICHTING OP DE BOUWSTEEN

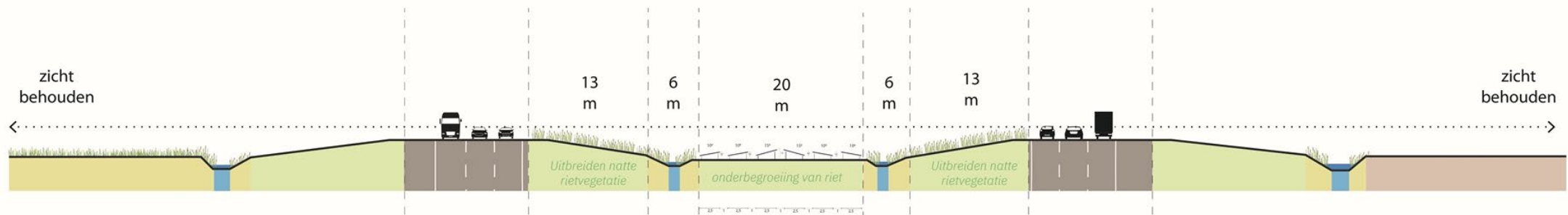
- › De bouwsteen, uit de verkenning, bestaat uit 2 sets van zonnepanelen, de ene set gericht op de rijbaan richting Amsterdam, de andere gericht op de rijbaan richting Emmeloord. De rijen worden naar het midden toe iets steiler en hoger, dit geeft een golf-effect
- › Basis ontwerp bestaat uit 3 rijen per set, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij 10 cm hoger en een paar graden steiler. Deels transparante panelen.
- › 70% bedekking – dat betekent 14 m panelen per 20 m breedte



### 2. Venster Oostvaardersplassen

NOORD-WEST

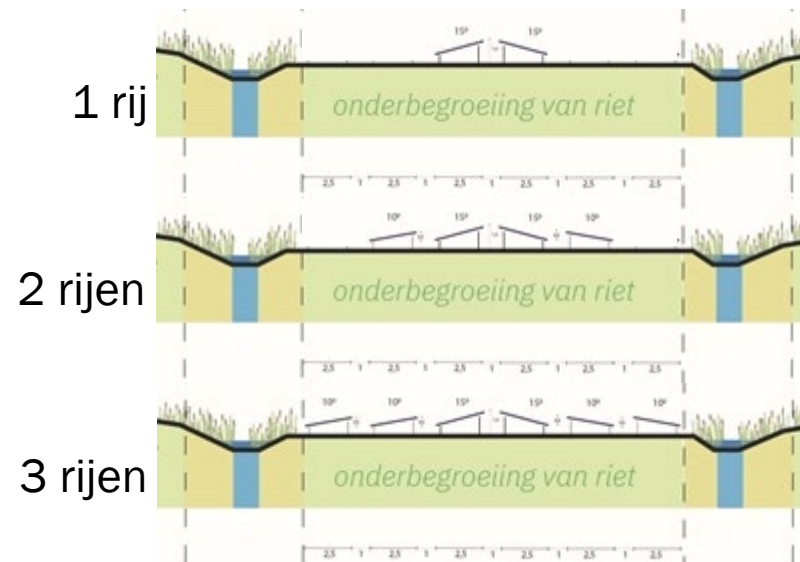
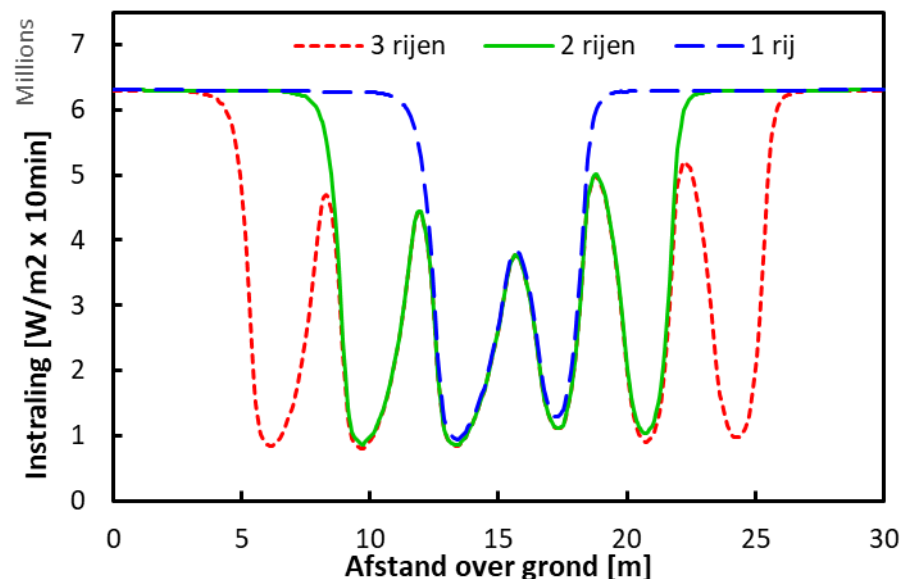
ZUID-OOST



# › BASIS BOUWSTEEN MIDDENBERM VAN SCHETS NAAR LICHTPROFIEL

Invoer gegevens:

- › Hoogte en helling panelen volgens ontwerp
- › Deels transparante panelen
- › Instraling voor groeiseizoen, mrt-okt, tijd stap 10 minuten
- › Open veld 6.3 miljoen Watt/m<sup>2</sup> x 10 min



Uitkomst:

- › We zien dat het bijna niet uitmaakt voor de bodeminstraling onder de panelen in het midden of deze wel burens (2 of 3 rijen) of geen burens (1 rij) hebben.
- › Dit maakt het systeem schaalbaar.
- › Ook voor middenbermen van ruim meer dan 20 m kan een zelfde golf-opstelling gebruikt worden



# › **BEOORDELING BASIS BOUWSTEEN MIDDENBERM**

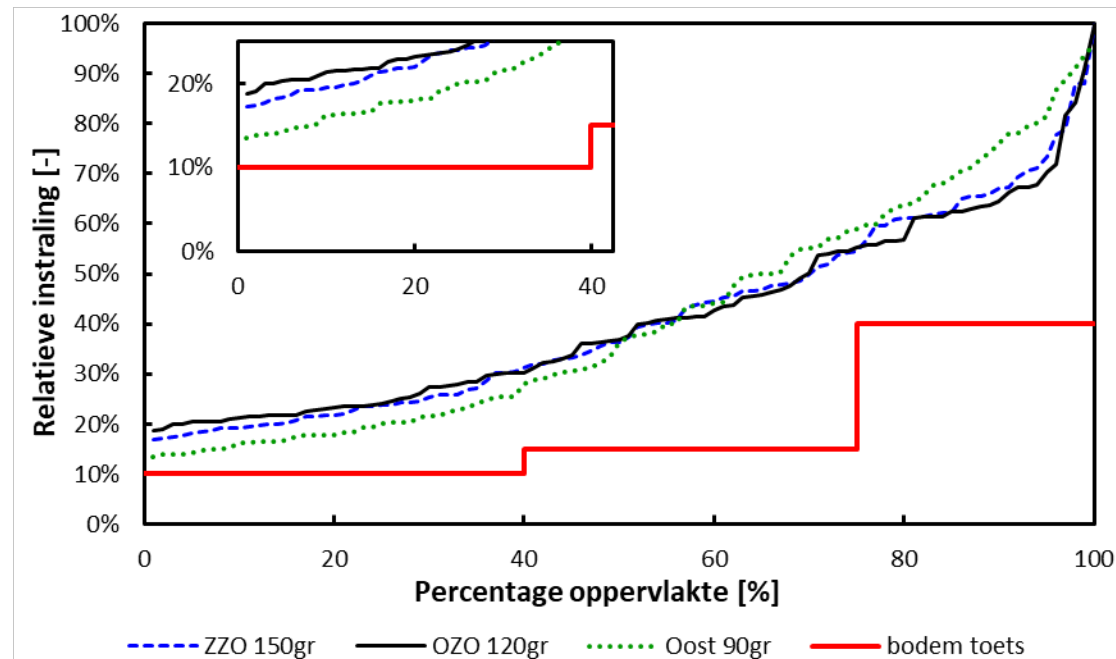
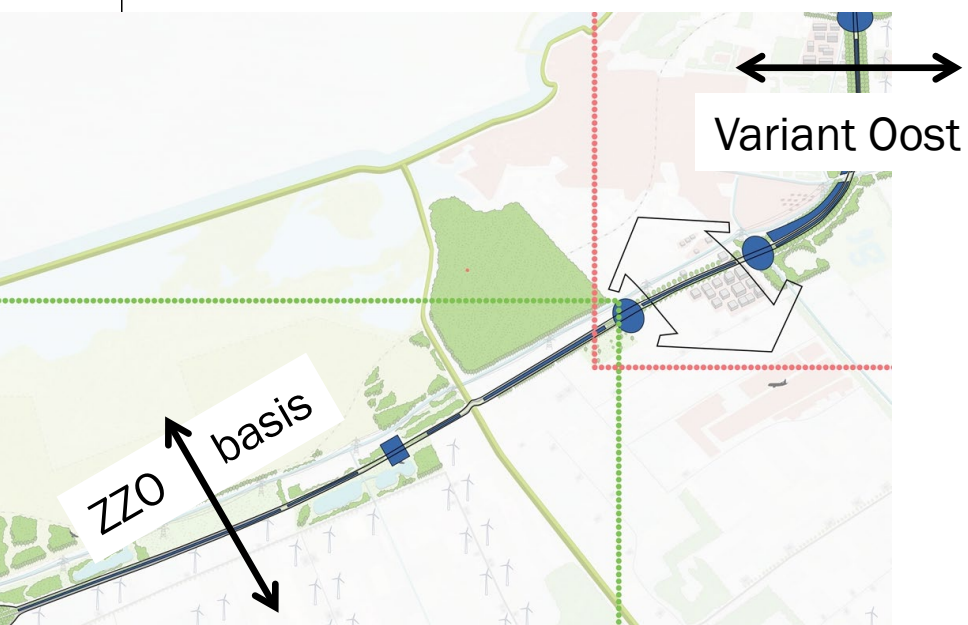
## **DEELS TRANSPARANT VOLDOET AAN BODEMTOETS WUR-TNO**

Invoer gegevens

- › Het effect van de richting van de autosnelweg op de relatieve instraling wordt hier getoond voor drie oriëntaties van de panelen: bij Almere Zuid-zuidoost (150 gr) tot Oost (90 gr) vanaf Lelystad naar dijk.

Uitkomst

- › Er zijn kleine verschillen maar voor alle richtingen binnen dit bereik geldt: Uitkomst bodem toets: **veilig**

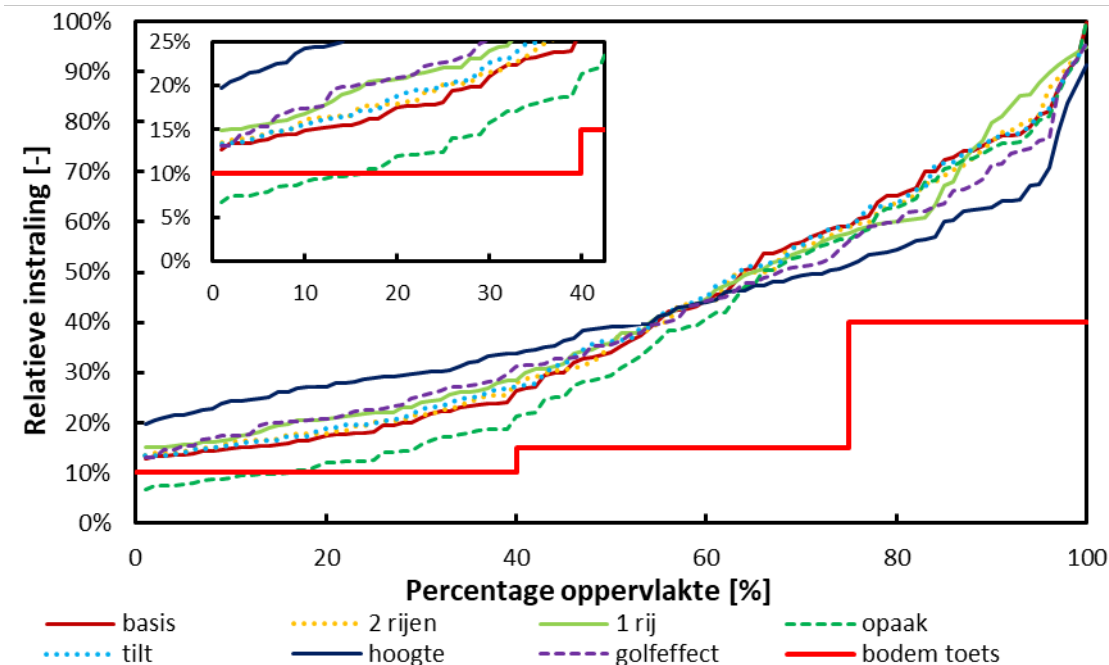


# BOUWSTEEN MIDDENBERM

## OVERZICHT VAN VARIATIES EN GEVOELIGHEID

Hieronder volgt de uitkomst van een aantal verschillende variaties op het basis ontwerp

- › Invoer: **Opaak**, niet-transparant, leidt tot te donkere stroken -----
  - › Met name met meerdere rijen
  - › Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Invoer: De minimale **hoogte** van 50 cm naar 100 cm geeft vlakkere verdeling van licht en donker —————
  - en ook een flink verbeterde donkerste strook 13->20% licht
- › Uitkomst bodemtoets: **veilig**
- › Invoer: Een versterkt **golfeffect** (stap tussen panelen van +10 cm naar +30 cm) geeft een snellere stijging in de donkerste strook - - - - -
  - › De tweede en derde rij panelen, vanaf de rijbanen naar het midden gerekend, begint steeds 10 cm hoger en de tilt neemt ook toe. Dit geeft een visueel golf-effect
  - › In deze variant beginnen de volgende rijen 30 cm hoger
- › Uitkomst bodemtoets: **veilig**



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 3 rijen, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij 10 cm hoger en een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.
- › De overige lijnen worden in de volgende slides in meer detail en afzonderlijk behandeld.

# › MIDDENBERM VARIATIE

## EFFECT AANTAL RIJEN

› Minder rijen leidt niet tot enige belangrijke verandering op de bodeminstraling

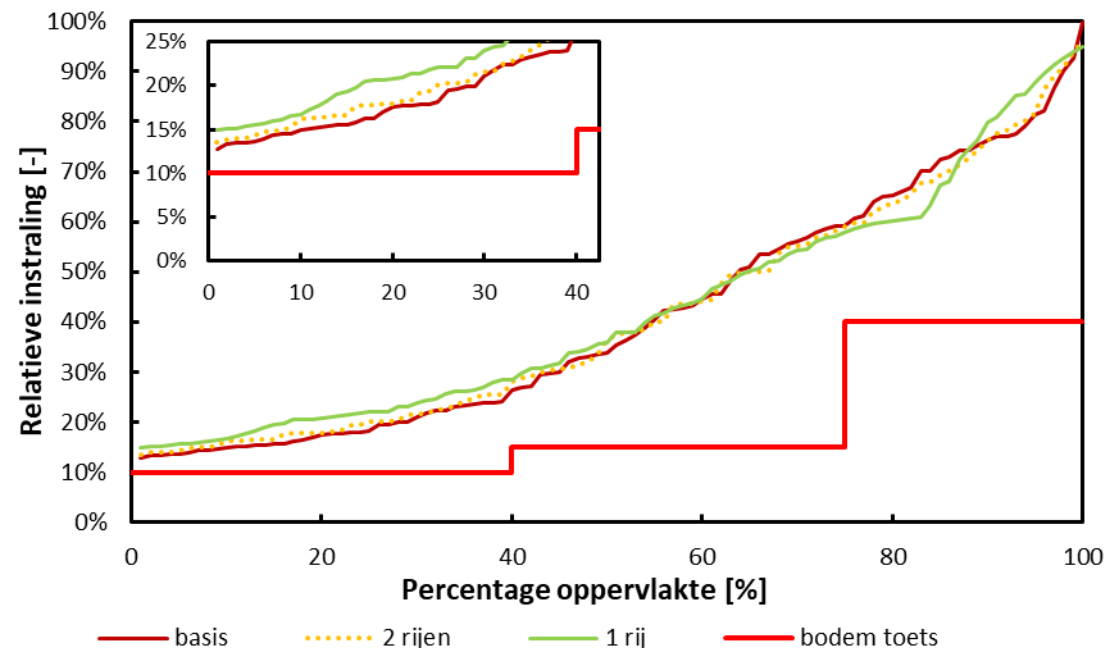
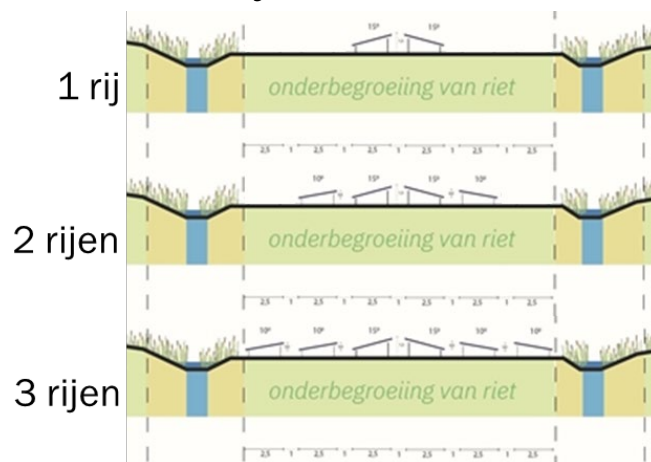
› 3 rijen ————— (basis)

› 2 rijen ..... (basis)

› 1 rij ————— (basis)

› Uitkomst bodemtoets: veilig

› Dit betekent dat het basis- ontwerp, 3 rijen op 20 meter, opgeschaald kan worden afhankelijk van de breedte van de middenberm

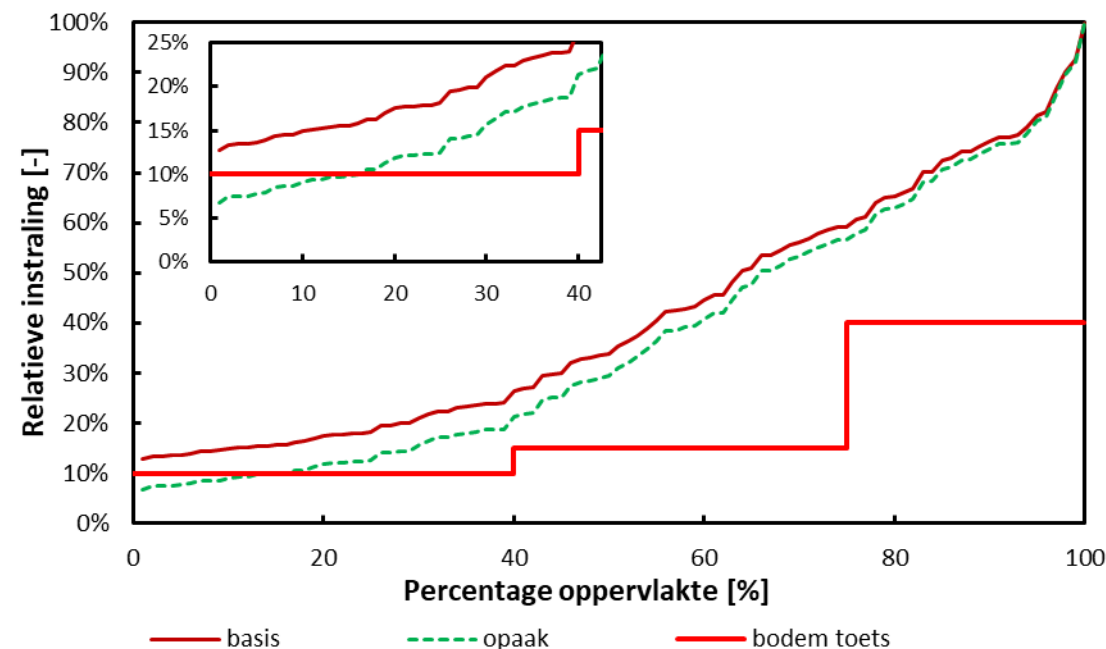
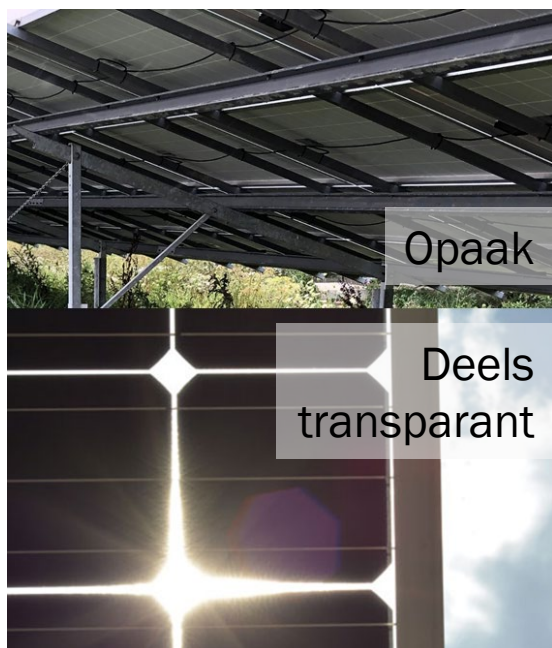


› Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 3 rijen, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij 10 cm hoger en een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.

## › MIDDENBERM VARIATIE

### EFFECT DEELS OF NIET-TRANSPARANT

- › Opaak, dat is niet-transparant, leidt tot te donkere stroken -----
- › Met name met meerdere rijen
- › Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**

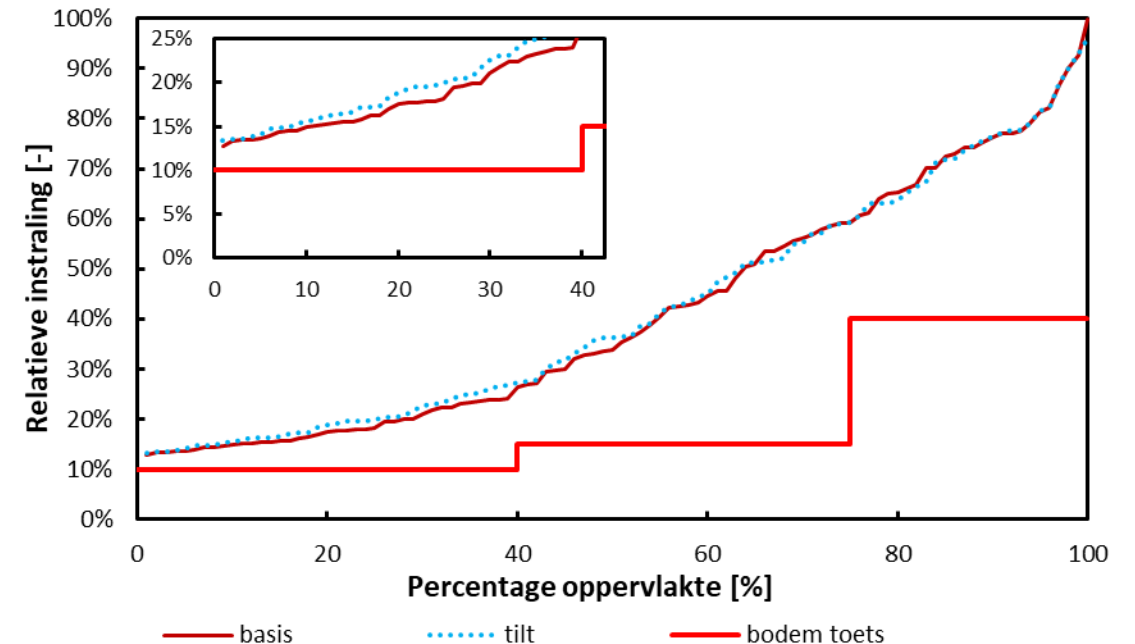
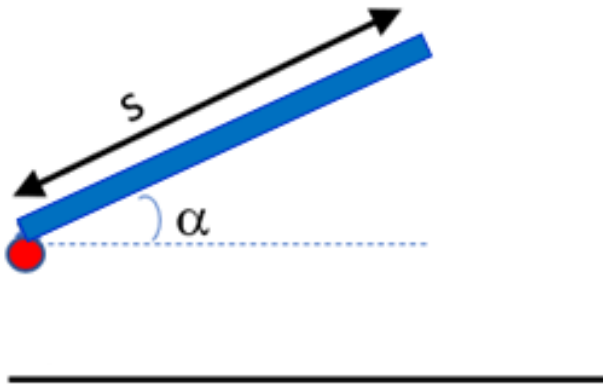


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 3 rijen, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij 10 cm hoger en een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.

## › MIDDENBERM VARIATIE

### EFFECT TILTHOEK ZONNEPANELEN

- › Tilthoek ,  $\alpha$ , verhogen heeft nauwelijks effect op de instraling op de bodem .....
  - › Basis: tilthoek 10, 12 en 15 graden voor de drie rijen
  - Variatie: hoek van 12, 15 en 18 graden
- › Uitkomst bodemtoets: veilig



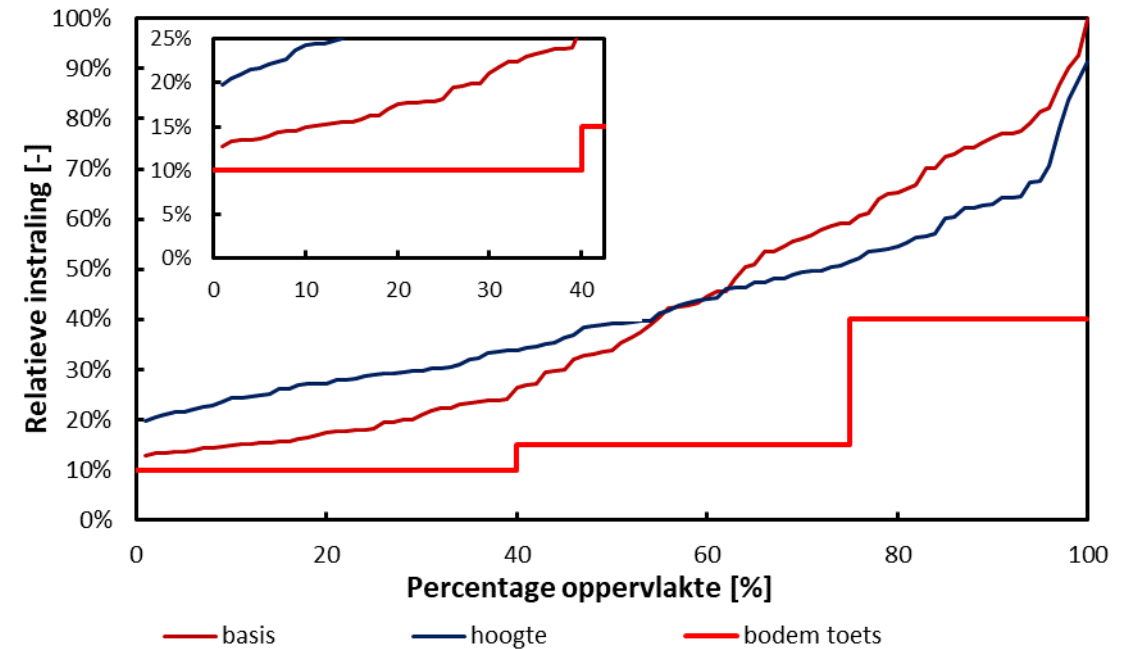
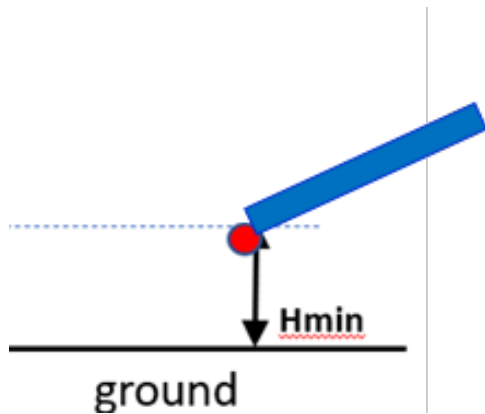
- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 3 rijen, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij 10 cm hoger en een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.



## › MIDDENBERM VARIATIE

### EFFECT MINIMALE HOOGTE

- › **Minimale hoogte** van 50 cm naar 100 cm geeft vlakke verdeling van licht en donker \_\_\_\_\_ met als gevolg dat in het donkerste deel de lichtinstraling omhoog gaat van 13->20% licht  
deze relatief hoge minimum instraling heeft een positief effect op de kwaliteit van de bodem
- › Uitkomst bodemtoets: **veilig**



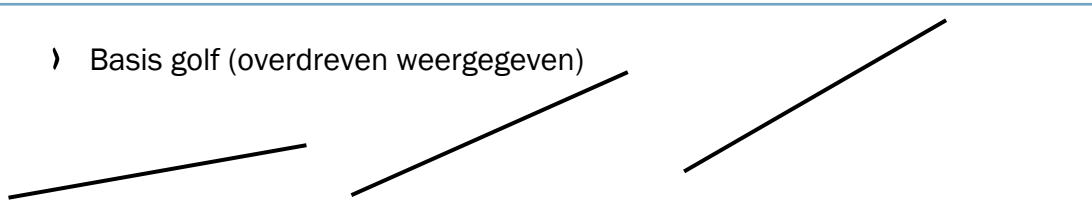
- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 3 rijen, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij 10 cm hoger en een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.
- › Hoogte is het ontwerp als “basis” maar dan met minimale hoogte van 100 cm

# › MIDDENBERM VARIATIE

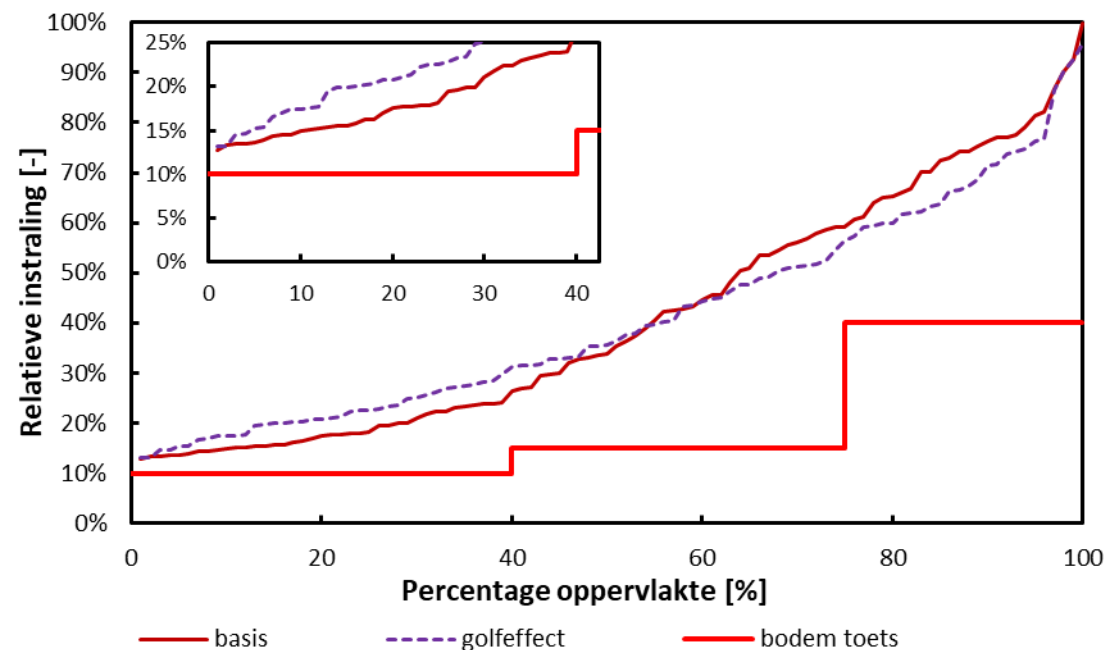
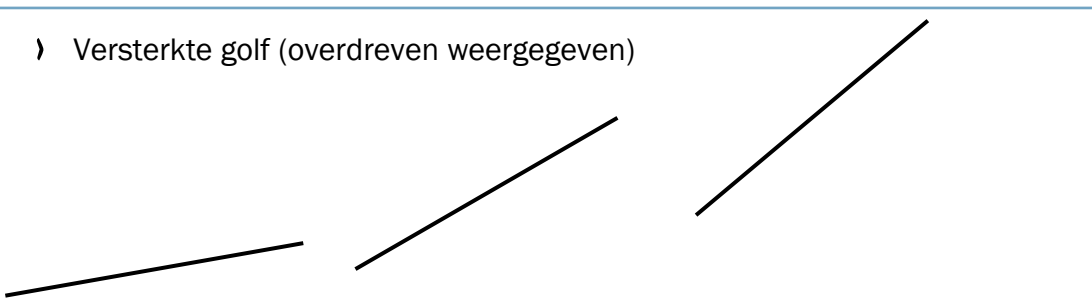
## EFFECT VERSTERKTE GOLFEFFECT

- › Versterkt golfeffect -----  
 (“hoogte”stap tussen panelen van +10 cm naar +30 cm)  
 geeft een snellere stijging in de donkerste strook
- › De tweede en derde rij panelen, vanaf de rijbanen naar het midden gerekend, begint steeds 10 cm hoger en de tilt neemt ook toe. Dit geeft een visueel golf-effect
- › In deze variatie beginnen de volgende rijen 30 cm hoger
- › Uitkomst bodemtoets: veilig

- › Basis golf (overdreven weergegeven)



- › Versterkte golf (overdreven weergegeven)



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 3 rijen, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij 10 cm hoger en een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.

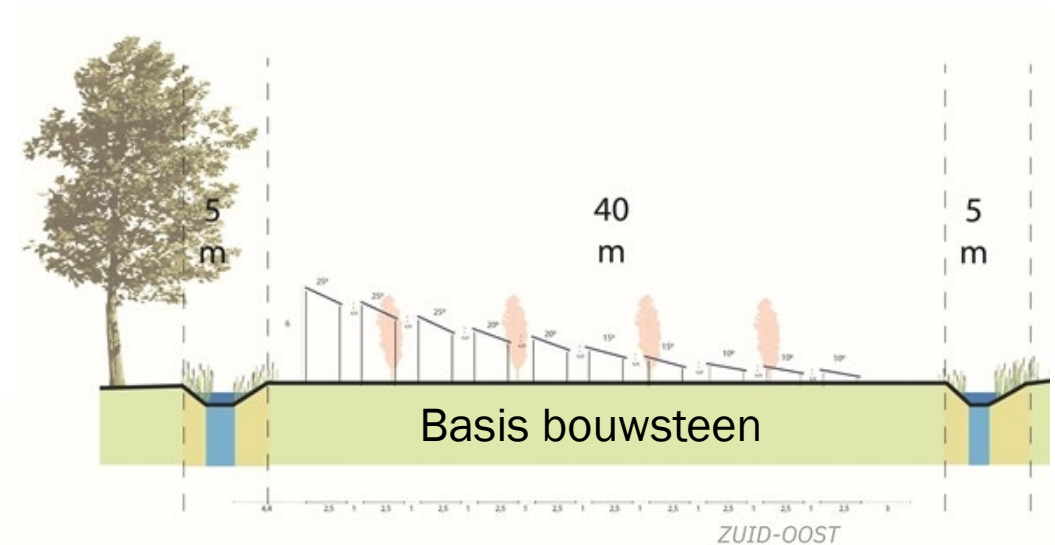
# › INHOUDSOPGAVE

- Samenvatting
- Introductie
- Bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk

# › INTRODUCTIE BASIS BOUWSTEEN BOCHT LELYSTAD

## ZIE VERKENNING A6 VOOR EEN TOELICHTING OP DE BOUWSTEEN

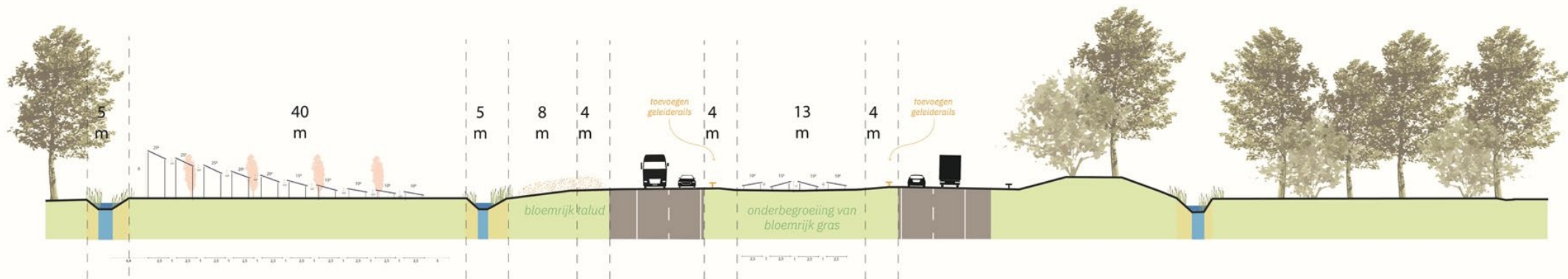
- › De bouwsteen, uit de verkenning, bestaat uit steeds hogere, steilere tafels tot 6 m hoogte voor bomenrand
- › Basis ontwerp bestaat uit 10 rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij begint hoger om een scherm te vormen en is ook een paar graden steiler. Deels transparante panelen.
- › 69% bedekking – 23.2 m panelen over een strook van 34 m



### 9. Bocht Lelystad

NOORD-WEST

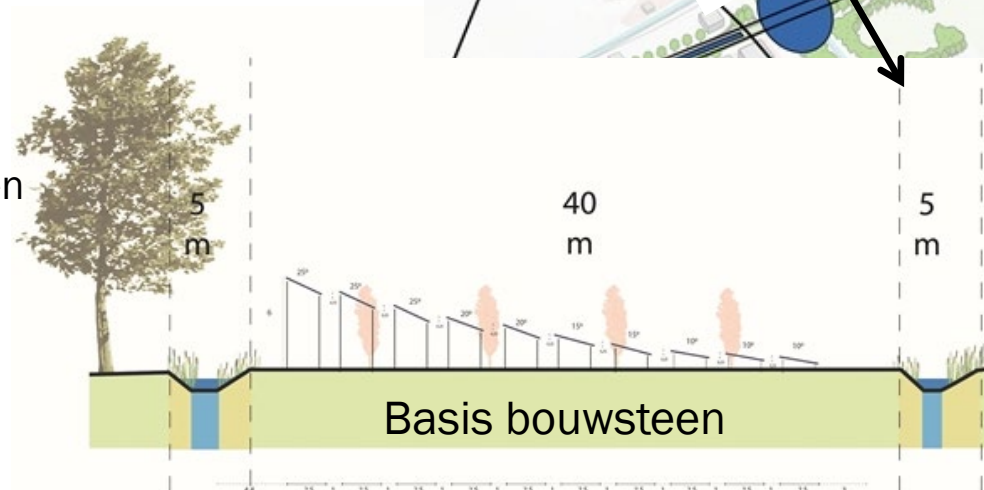
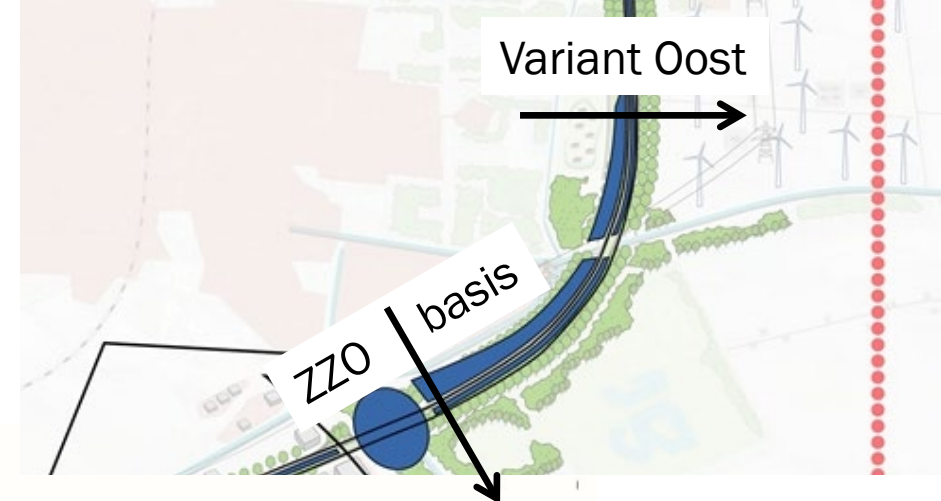
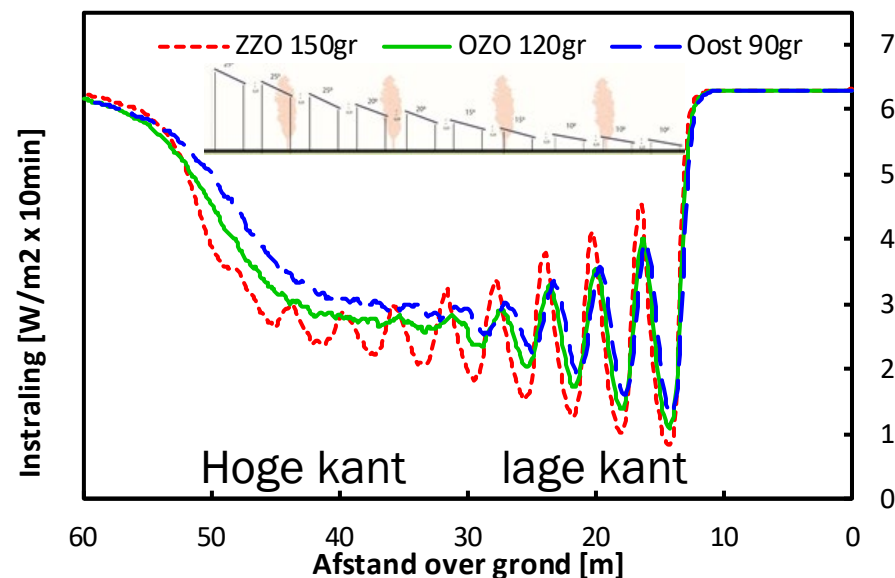
ZUID-OOST



# › BASIS BOUWSTEEN BOCHT LELYSTAD VAN SCHETS NAAR LICHTPROFIEL

Invoer:

- › Hoogte en helling panelen volgens ontwerp
- › Deels transparante panelen
- › Instraling voor groeiseizoen, mrt-okt, tijd stap 10 minuten
- › Open veld ruim 6 miljoen Watt/m<sup>2</sup> x 10 min



Uitkomst:

- › overzicht van het licht-profiel op de bodem onder de bouwsteen Bocht Lelystad. De lage panelen leiden tot donkere en lichtere stroken. Aan de hoge kant worden deze uitgespreid waardoor ze elkaar meer en meer uitmiddelen
- › De drie lijnen zijn voor drie richtingen van de autosnelweg en geeft de oriëntatie van de panelen aan: Zuid-zuidoost, ZZO 150 gr, bij begin bocht tot Oost 90 gr aan het eind



# › **BEOORDELING BASIS BOUWSTEEN BOCHT LELYSTAD**

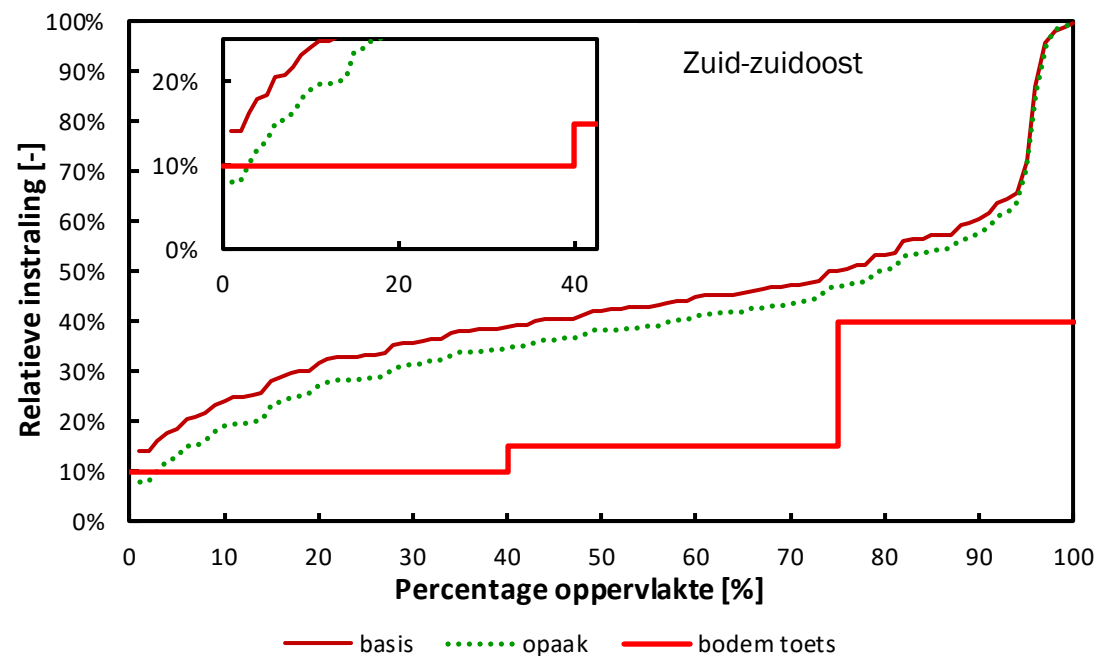
## **DEELS TRANSPARANT VOLDOET AAN BODEMTOETS WUR-TNO**

Invoer:

- › Relatief licht-profiel voor richting zuid-zuidoost (150 gr) bij Almere
  - › voor een deels transparant (basis) systeem
  - › en een niet-transparant (opaak) systeem

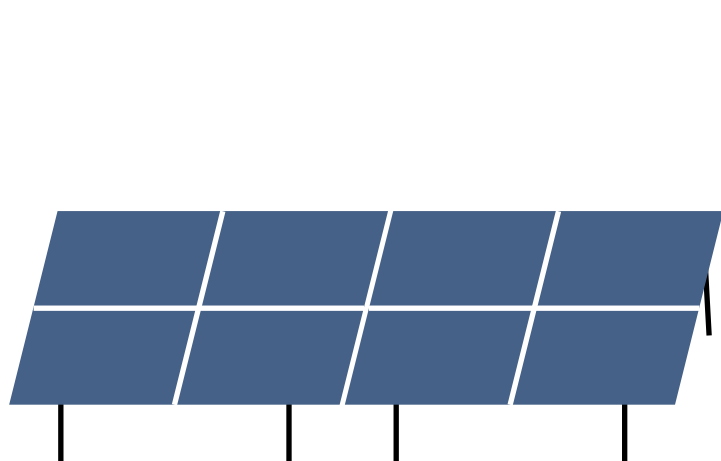
Uitkomst:

- › Basis uitkomst bodemtoets: **veilig**
- › Opaak uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**

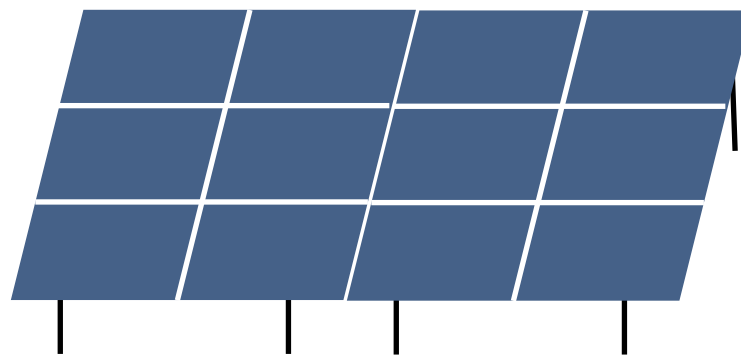


## › UITLEG OVER 2L, 3L EN 4L TAFELS EN ALS DE PANELEN IN PORTRAIT ORIËNTATIE STAAN: 1P, 2P, ...

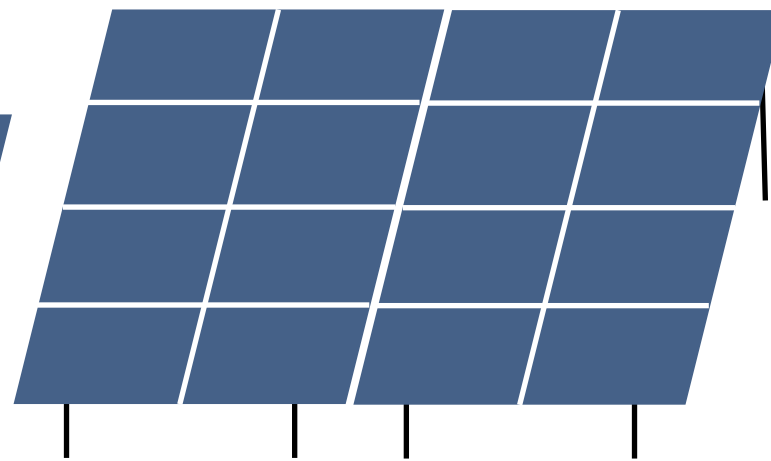
aantal panelen in horizontale richting is hier niet van belang



2L  
2 panelen in landscape  
per tafel



3L  
3 panelen in landscape  
per tafel



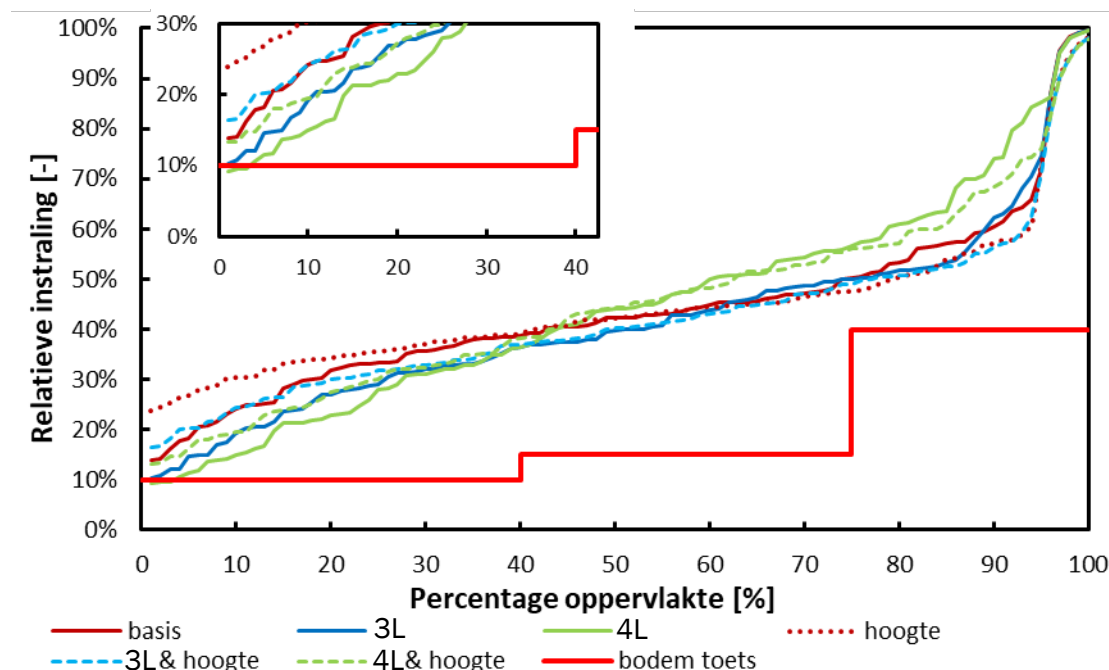
4L  
4 panelen in landscape  
per tafel

# › BOUWSTEEN BOCHT LELYSTAD

## OVERZICHT VAN VARIATIES EN GEVOELIGHEID

We bepalen nu een aantal variaties op het basisontwerp

- › Variaties zijn altijd ten opzichte van de basis bouwsteen, alleen waar twee aspecten genoemd worden, zijn er twee parameters anders dan voor de basis Invoer:
- › Invoer: **Opaak**, niet-transparant, leidt tot (te) donkere strook onder laagste rij (of laagste twee rijen)  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Invoer: **Tafelgrootte**: van 10 tafels met 2 panelen, 2L, naar 7 tafels van 3 panelen, 3L, of 5 tafels van 4 panelen, 4L. Pieken/dalen worden breder, maar ook hoger en dieper
  - › Uitkomst: Laagste tafels van 4 panelen hoog verlagen de instraling onder de 10% grens  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
  - › Invoer: Verhogen **minimale hoogte** tot 100 cm bij 4L hoge tafels verhoogt de instraling naar ruim boven de 10% grens  
Uitkomst bodemtoets: **veilig**

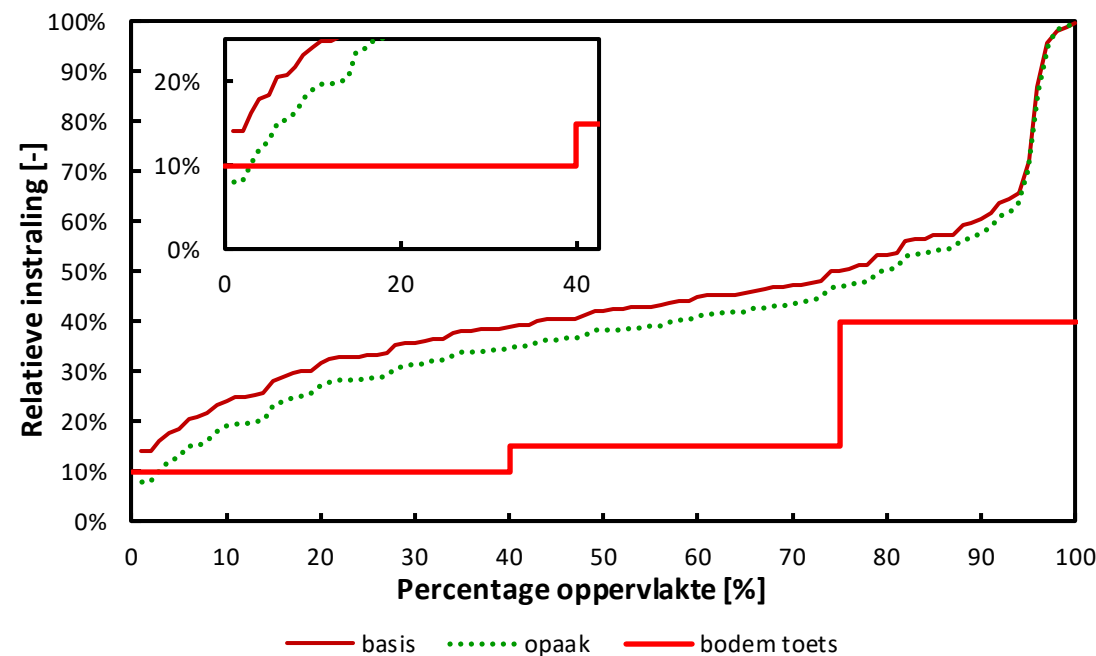


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 10 rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij begint hoger om een scherm te vormen en is ook een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.
- › De overige lijnen worden in de volgende slides in meer detail en afzonderlijk behandeld.

## BOCHT LELYSTAD VARIATIE

### EFFECT DEELS OF NIET-TRANSPARANTE PANELEN

- › Invoer: **Opaak**, niet-transparant, leidt tot (te) donkere strook onder laagste rij (of laagste twee rijen), zie vorige slide  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › De onderschrijding vindt plaats in een aangesloten strook van ~3% van de breedte van het hele ontwerp, 34 m. Deze strook van 1 m breed heeft te lage instraling om bodemkwaliteit te behouden. De naastgelegen stroken hebben ook een lage instraling, wel boven 10% maar ook niet ruim. Deze zullen dus maar beperkt bijdragen aan overflow effecten.
- › Oplossing om wel aan bodemtoets te voldoen: Deze onderschrijding is onder de eerste rij panelen. Een ontwerp waarbij alleen de laagste rij panelen deels transparant is en de overige rijen opaak zal aan de bodemtoets voldoen

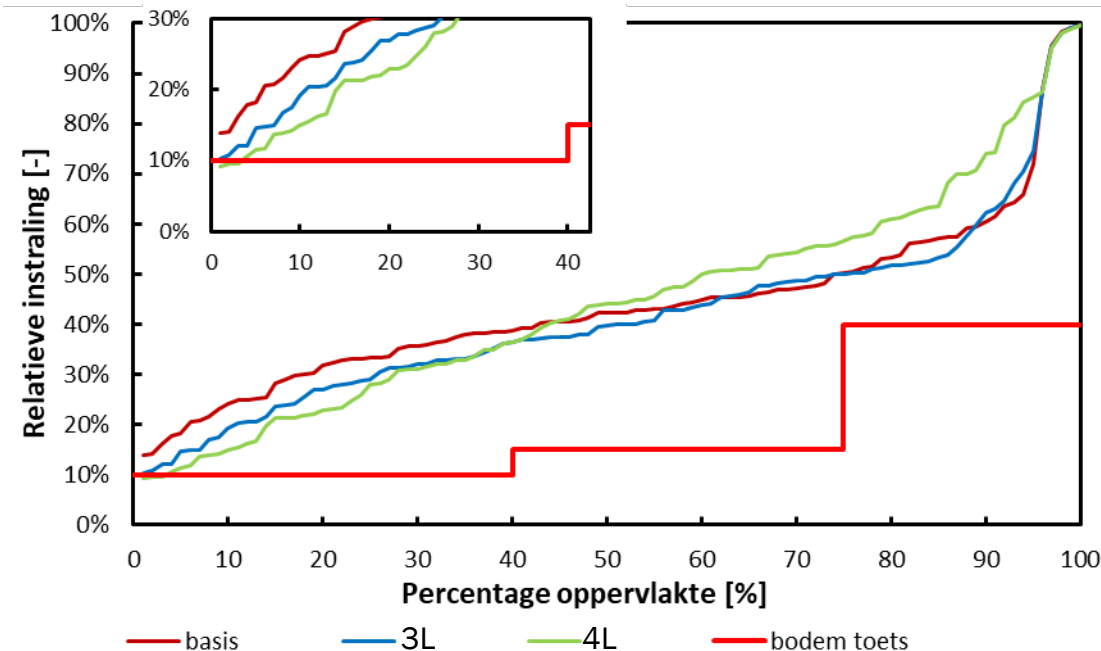
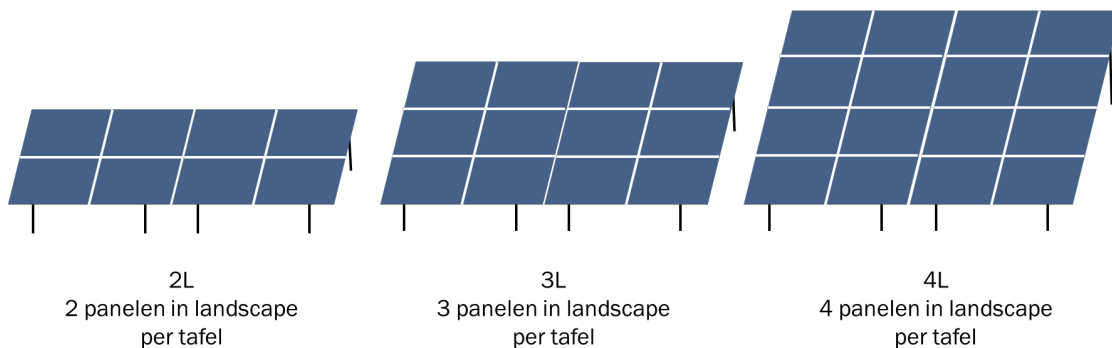


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 10 rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij begint hoger om een scherm te vormen en is ook een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.

## BOCHT LELYSTAD VARIATIE

### EFFECT TAFELGROOTTE

- › Invoer: **Tafelgrootte**: van 10 tafels met 2 panelen, 2L, naar 7 tafels van 3 panelen, 3L, of 5 tafels van 4 panelen, 4L. Pieken/dalen worden niet alleen breder, maar vooral ook hoger en dieper
- › Uitkomst: Laagste tafels van 4 panelen breed verlagen de instraling onder de 10% grens  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › De opstelling 3L voldoet wel aan de bodemtoets



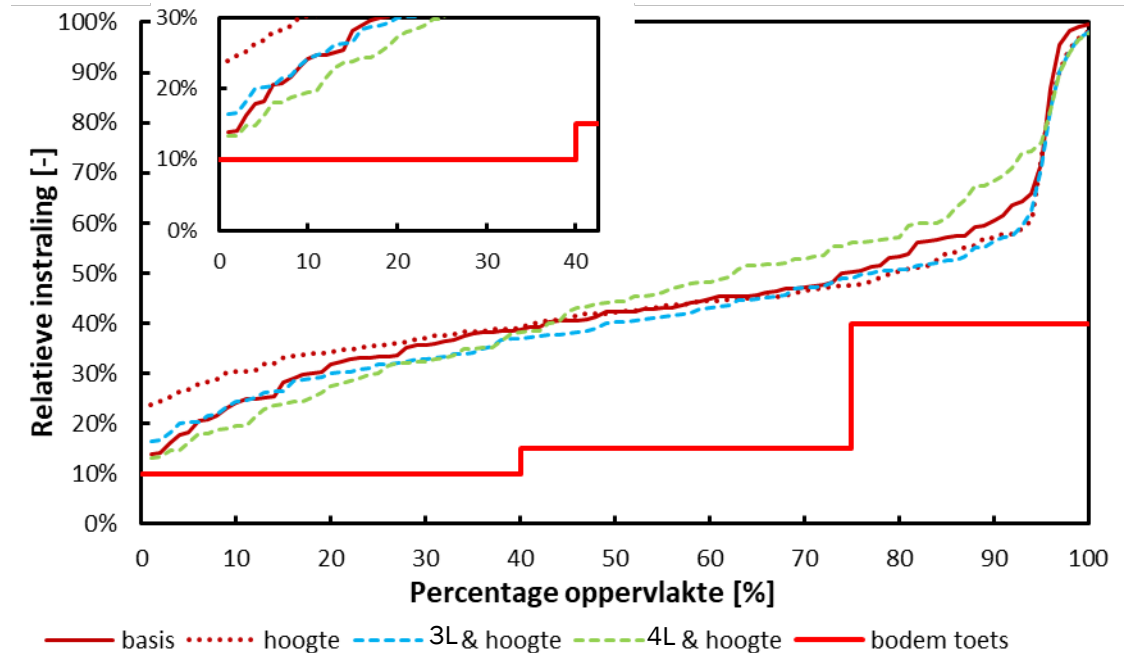
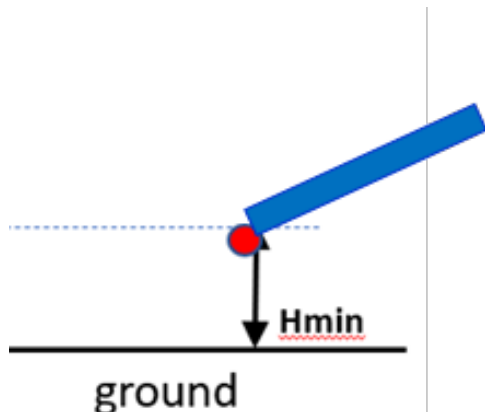
- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 10 rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet "2L", minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij begint hoger om een scherm te vormen en is ook een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.



## BOCHT LELYSTAD VARIATIE

### EFFECT TAFELGROOTTE BIJ HOGERE TAFELS

- › Invoer: **Tafelgrootte**: van 10 tafels met 2 panelen, 2L, naar 7 tafels van 3 panelen, 3L, of 5 tafels van 4 panelen, 4L. Pieken/dalen worden niet alleen breder, maar vooral ook hoger en dieper oriëntatie
- › Verhogen **minimale hoogte** van 50 cm naar 100 cm bij brede tafels verhoogt de instraling naar ruim boven de 10% grens  
Uitkomst bodemtoets: **veilig**



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. 10 rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, elke volgende rij begint hoger om een scherm te vormen en is ook een paar graden steilere ligging. Deels transparante panelen.

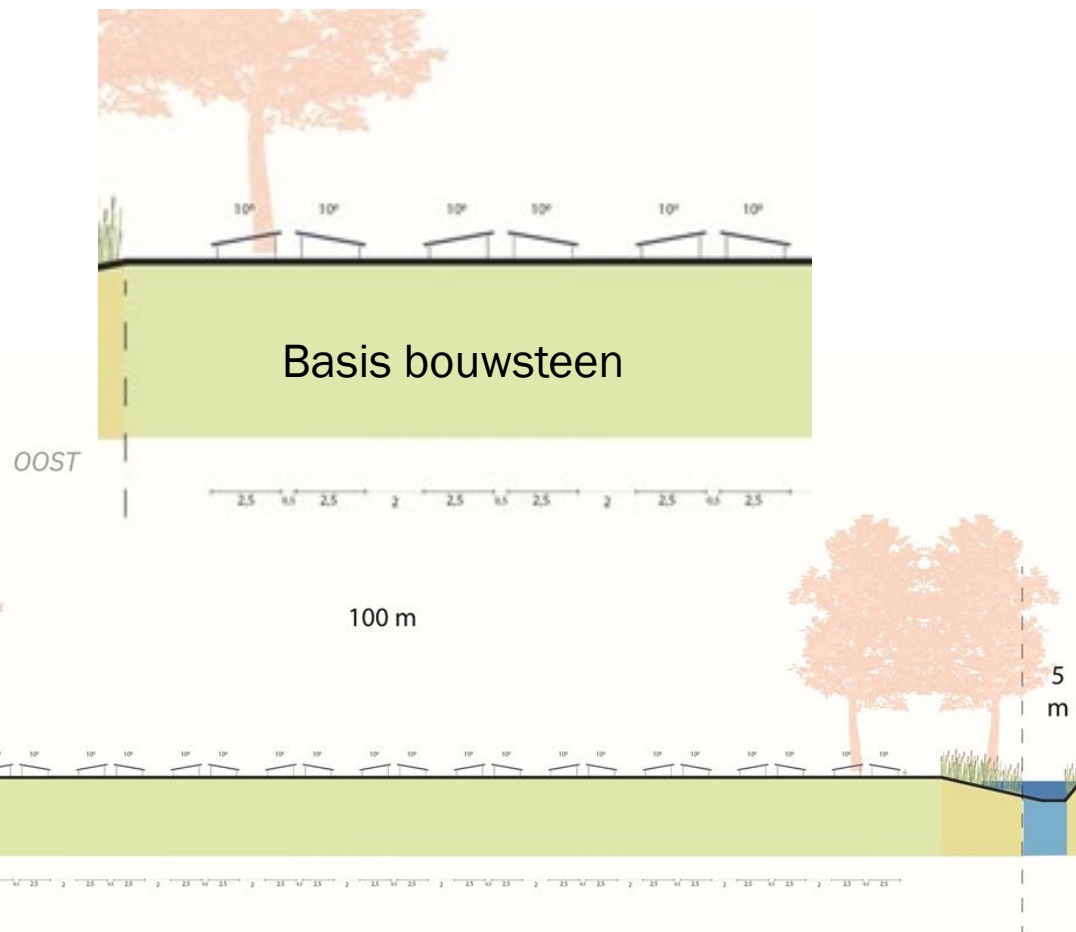
# › INHOUDSOPGAVE

- Samenvatting
- Introductie
- Bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk

# › INTRODUCTIE BASIS BOUWSTEEN AANSLUITINGEN

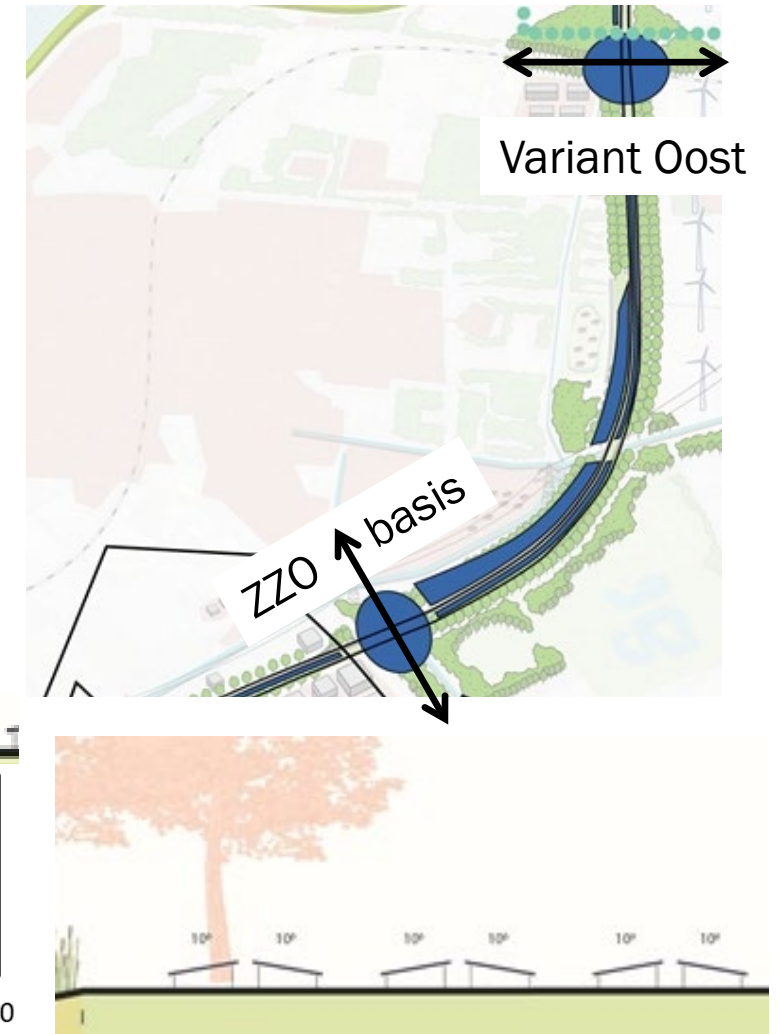
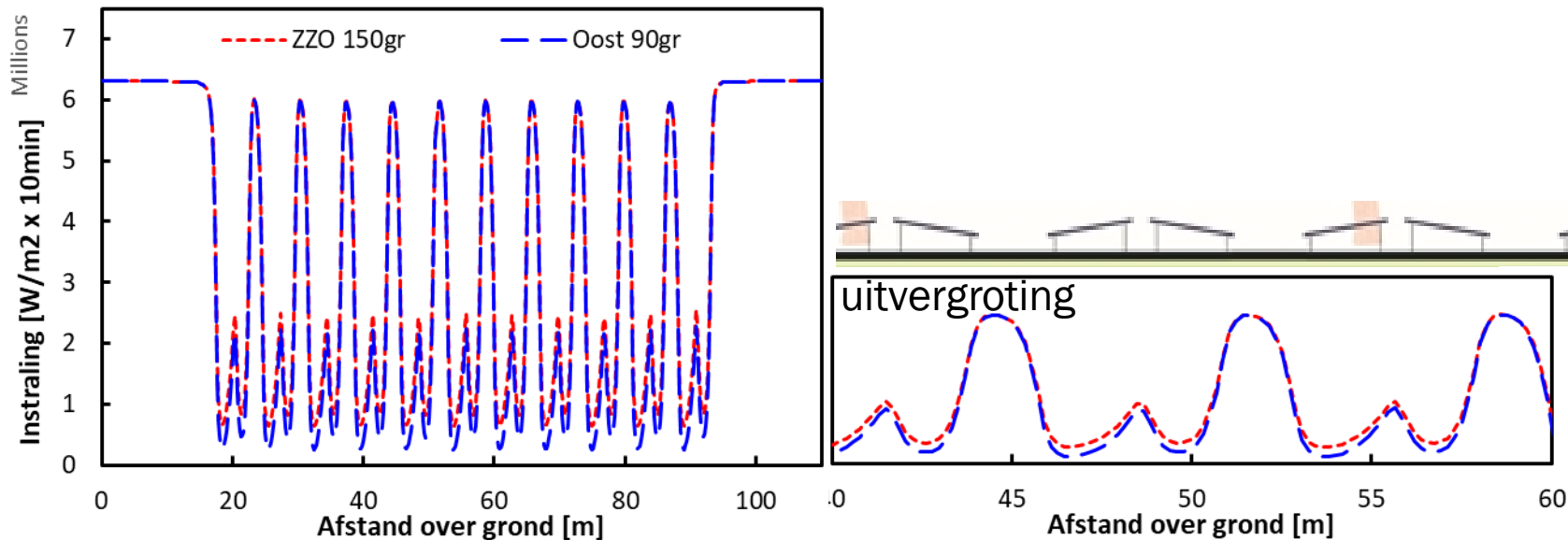
## ZIE VERKENNING A6 VOOR EEN TOELICHTING OP DE BOUWSTEEN

- › Deze bouwsteen lijkt het meest op een regulier “oost&west” zonnepark
- › Basis ontwerp bestaat uit een aantal herhalingen van 2 rijen van 2 panelen hoog in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”. De twee rijen staan afwisselend naar het oosten en westen gericht, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog. Deels transparante panelen. Pitch 7.06 m.
- › 66% bedekking bestaande uit 4.6 m paneel op een pitch van 7.0 meter



## › BASIS BOUWSTEEN AANSLUITINGEN VAN SCHETS NAAR LICHTPROFIEL

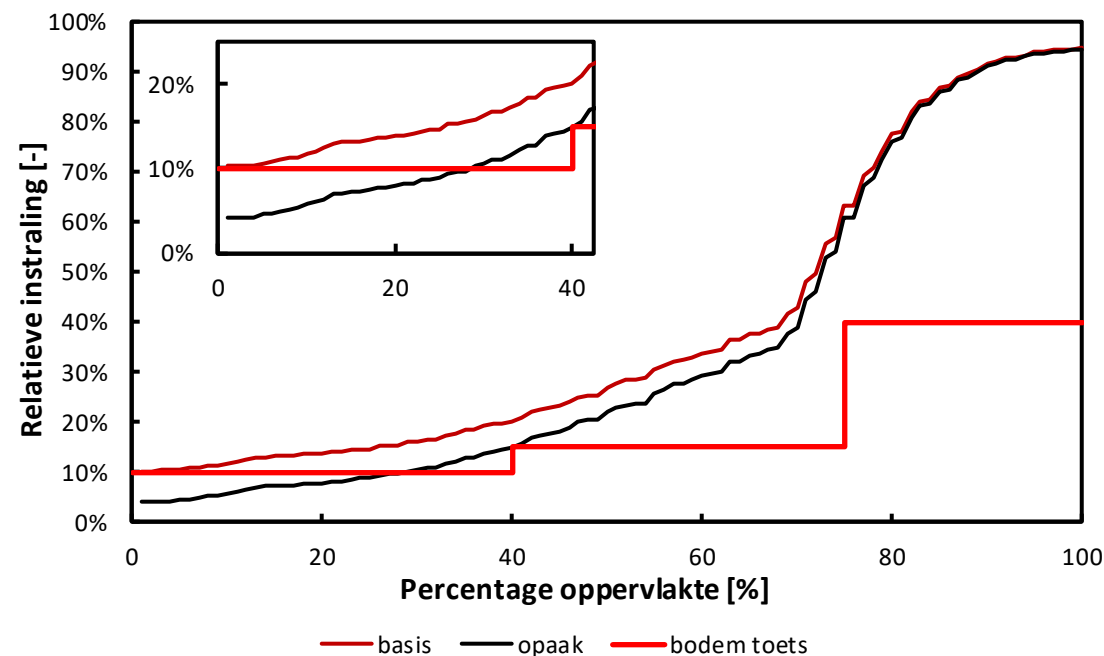
- › Hoogte en helling panelen volgens ontwerp, deels transparant panelen
- › Instraling voor groeiseizoen, mrt-okt, tijd stap 10 minuten. Open veld ruim 6 miljoen  $\text{Watt/m}^2 \times 10 \text{ min}$
- › Draaiing van het zonnepark van ZZO/NNW naar Oost-west heeft een miniem effect op de instraling onder de tafels. De Oost-west oriëntatie geeft de laagste minima



# › **BEOORDELING BASIS BOUWSTEEN AANSLUITINGEN**

## **DEELS TRANSPARANT VOLDOET AAN BODEMTOETS WUR-TNO**

- › Relatief licht-profiel, voor richting zuid-zuidoost (150 gr)
  - › Invoer: een deels transparant (basis) systeem
  - › Invoer: een niet-transparant (opaak) systeem
- › Deels transparant (basis) uitkomst bodemtoets: veilig
- › Opaak uitkomst bodemtoets: ontoelaatbaar

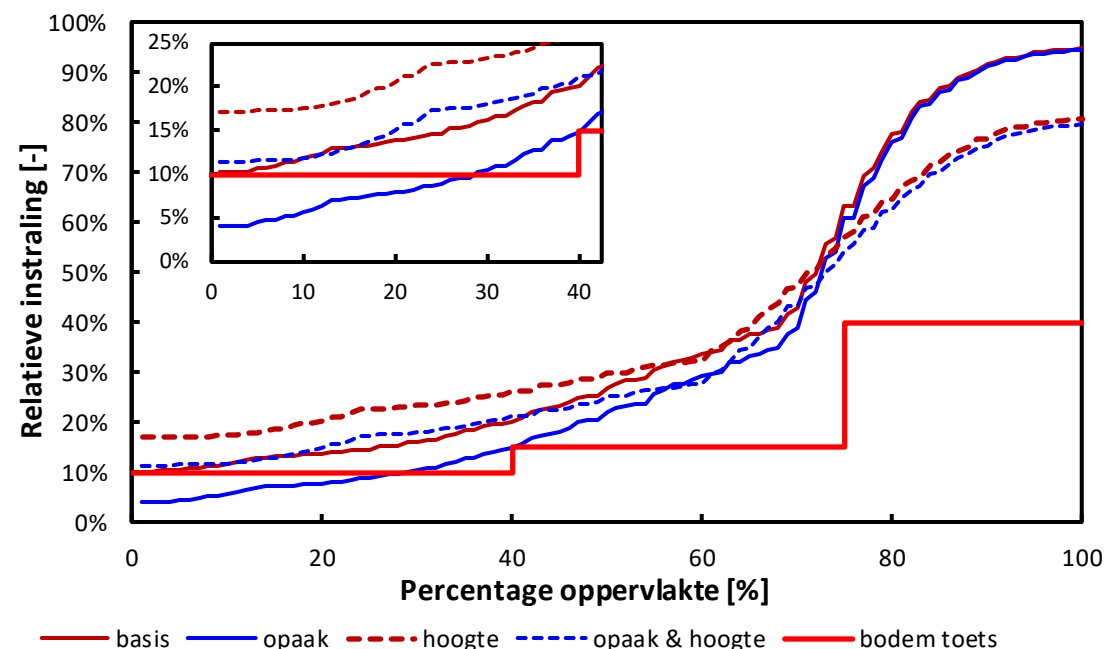


# › BOUWSTEEN AANSLUITINGEN

## OVERZICHT VAN VARIATIES EN GEVOELIGHEID (1)

We bepalen hieronder een aantal variaties op het basisontwerp

- › Variaties zijn altijd ten opzichte van de basis bouwsteen, alleen waar twee aspecten genoemd worden, zijn er twee parameters anders dan voor de basis
- › Invoer: **Opaak**, niet-transparant, leidt tot te donkere stroken voor relatief brede strook, onder elke tafel
  - › Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Invoer: **Minimale hoogte** van 50 cm naar 100 cm geeft vlakkere verdeling
  - › Uitkomst bodemtoets: **veilig**
- › Invoer: **Opaak en hoger**
  - › Uitkomst bodemtoets: **veilig**

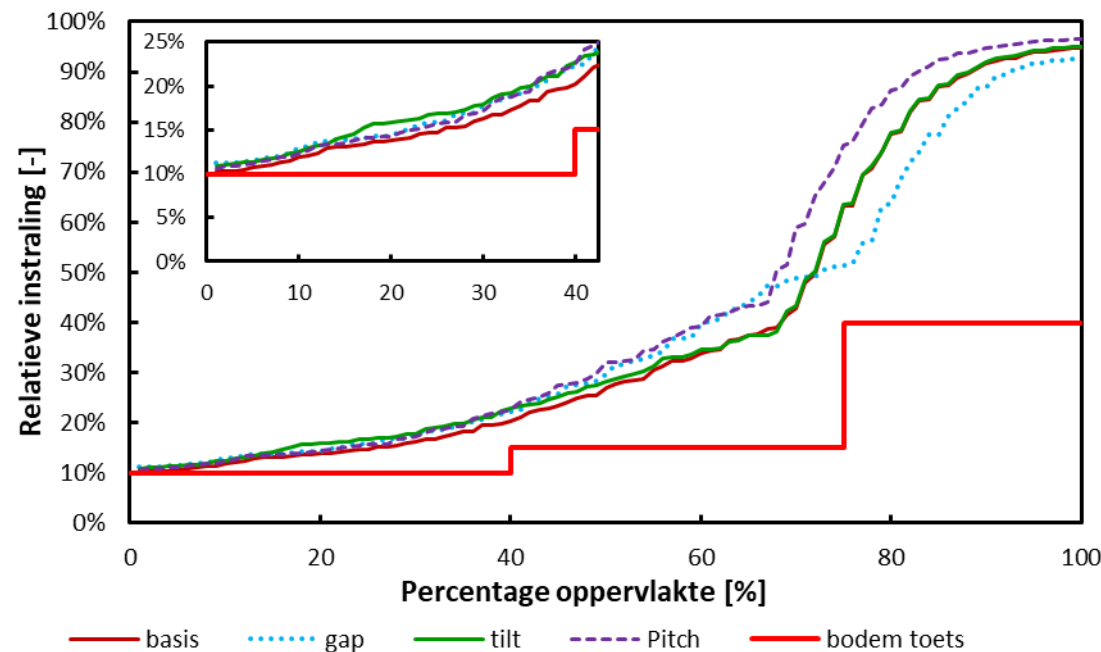


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog. Deels transparante panelen. Pitch 7.06 m.
- › De overige lijnen worden in de volgende slides in meer detail en afzonderlijk behandeld.



## › BOUWSTEEN AANSLUITINGEN OVERZICHT VAN VARIATIES EN GEVOELIGHEID (2)

- › Variaties zijn altijd ten opzichte van de basis bouwsteen, alleen waar twee aspecten genoemd worden, zijn er twee parameters anders dan voor de basis
- › Invoer: **Grotere gap** boven en kleiner onder verlaagt instraling in bereik 50-90%, maar verhoogt instraling in bereik 20-50%
  - › Uitkomst bodemtoets: veilig
- › Invoer: **Tilthoek** van panelen heeft nauwelijks effect
  - › Uitkomst bodemtoets: veilig
- › Invoer: **Grotere pitch** van 7.06 naar 7.56 m verhoogt de instraling boven de 20% ten opzichte van basis
  - › Uitkomst bodemtoets: veilig
- › Conclusie: Er zijn meerdere varianten op het basisontwerp mogelijk die aan de bodemtoets voldoen



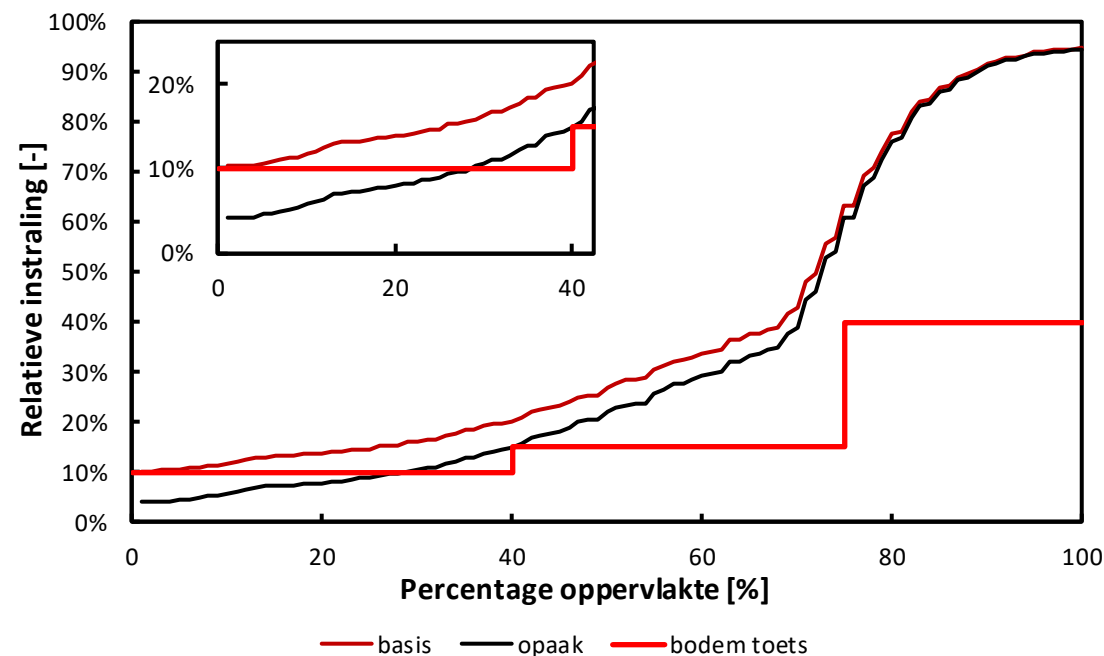
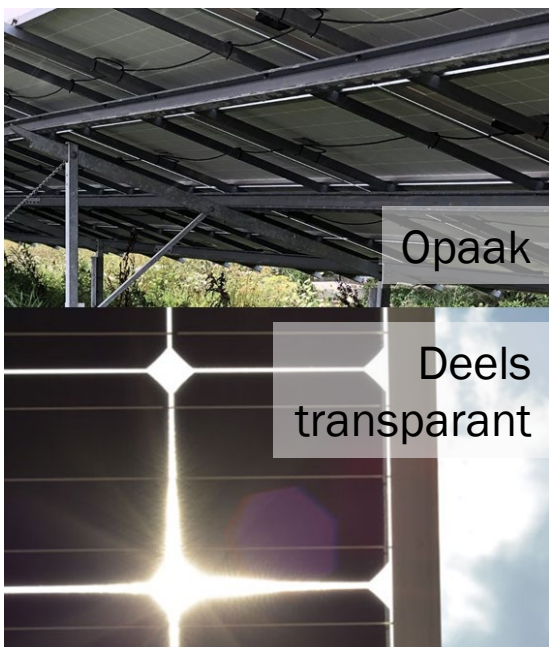
- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog. Deels transparante panelen. Pitch 7.06 m.
- › De overige lijnen worden in de volgende slides in meer detail en afzonderlijk behandeld.

# › AANSLUITINGEN VARIATIE

## EFFECT DEELS EN NIET-TRANSPARANTE PANELEN

Invoer:

- › **Opaak**, niet-transparant, leidt tot te donkere stroken voor relatief brede strook, onder elke tafel
- › Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog. Deels transparante panelen. Pitch 7.06 m.

## › AANSLUITINGEN VARIATIE EFFECT HOOGTE VAN PANELEN

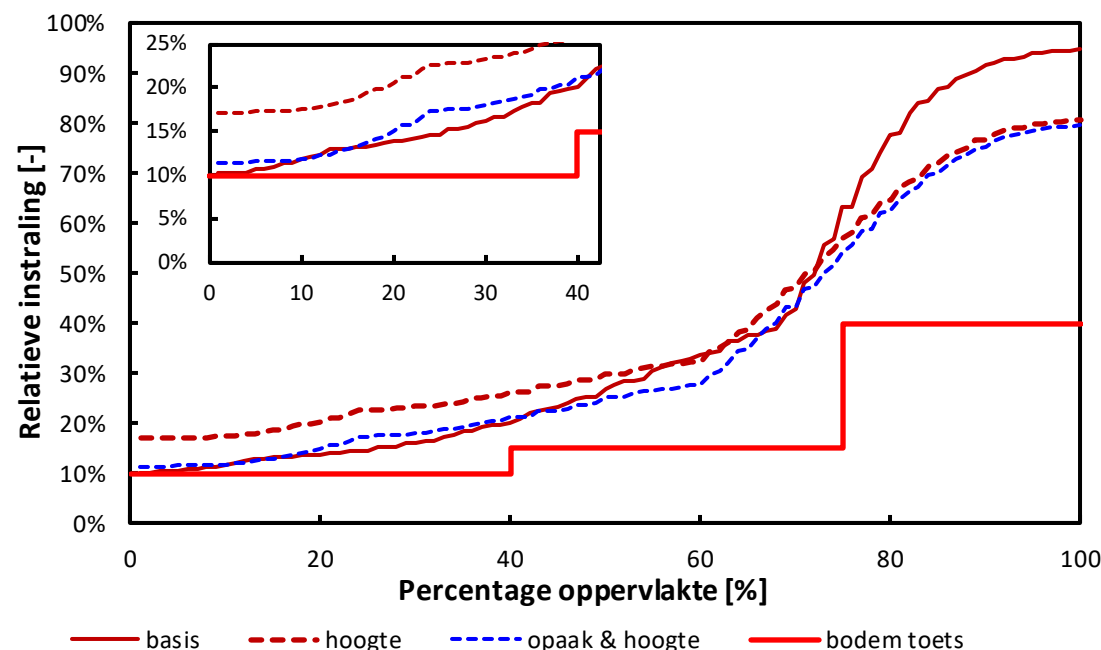
Invoer: **Minimale hoogte** van 50 cm naar 100 cm geeft  
vlakke verdeling -----

› Uitkomst bodemtoets: **veilig**

› Invoer: Opaak en hoger geven respectievelijk minder en  
meer licht in de donkerste stroken onder de tafels. Daarom  
bekijken we ook of de combinatie **opaak en hoger** -----

We zien dat deze curve min of meer gelijk valt met **basis** bij  
lage bodeminstraling en met **hoogte** bij hogere instraling

› Uitkomst bodemtoets: **veilig**

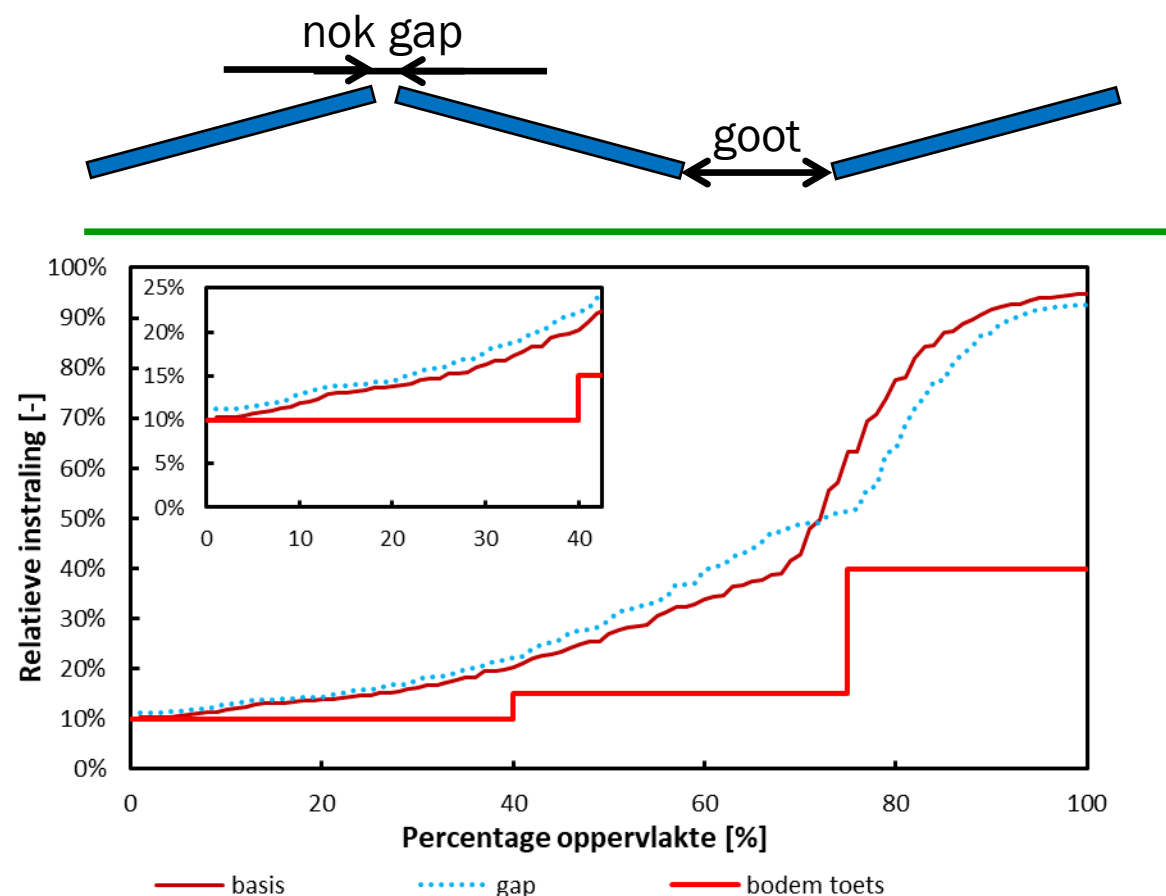


› Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet "2L", minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog. Deels transparante panelen. Pitch 7.06 m.

# › AANSLUITINGEN VARIATIE

## EFFECT VERDELING OPEN RUIMTE HOOG EN LAAG

- › In een oost-west opstelling heb je afwisselend een hogere en een lagere tussenruimte tussen de oost- en de west-panelen. De hogere tussenruimte is vaak zeer smal, in het 10 cm bereik en wordt ook wel de “top gap” of “nok” genoemd, naar analogie met een dak. De lagere tussenruimte is vaak breder, een meter ongeveer, en wordt “bottom gap” of “goot” genoemd.
- › In het basis ontwerp hebben we een top gap van 50 cm en een bottom gap van 200 cm.
- › Invoer: **Bredere nok**, van 50 naar 70 cm, en smallere goot, van 200 naar 180 cm, leidt tot een verschuiving van de instraling. De hogere instralingswaarden, boven 50%, dalen zo’n 10%, De instralingswaarden tussen 20 en 50% stijgen.
- › Uitkomst bodemtoets: **veilig**

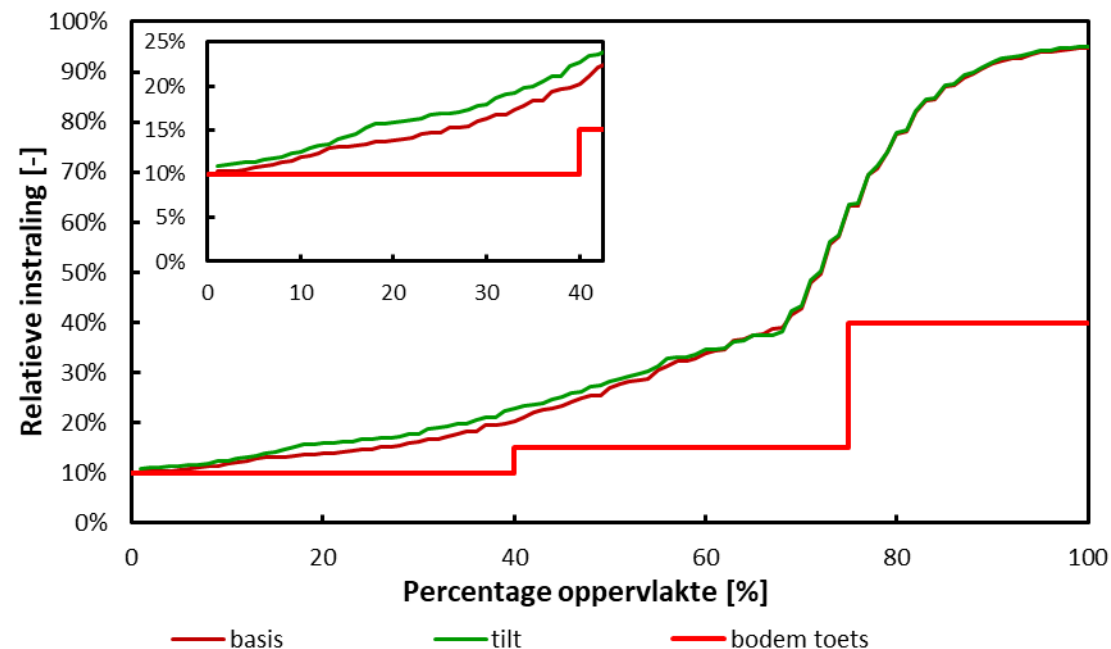
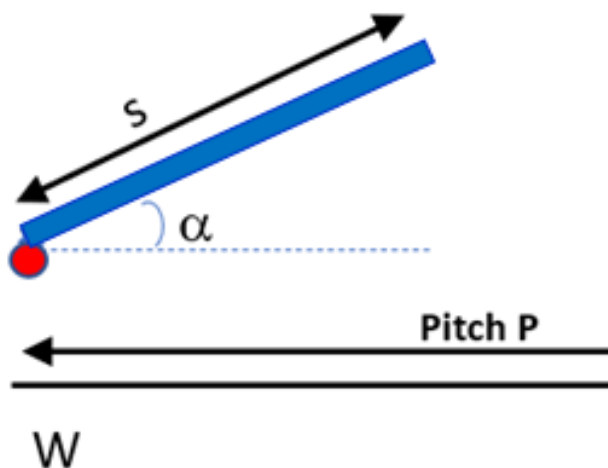


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog. Deels transparante panelen. Pitch 7.06 m.

## › AANSLUITINGEN VARIATIE TILTHOEK VAN PANELEN

› Invoer: Verhoging van de **tilthoek** van de panelen van 10 graden naar 15 graden heeft nauwelijks effect

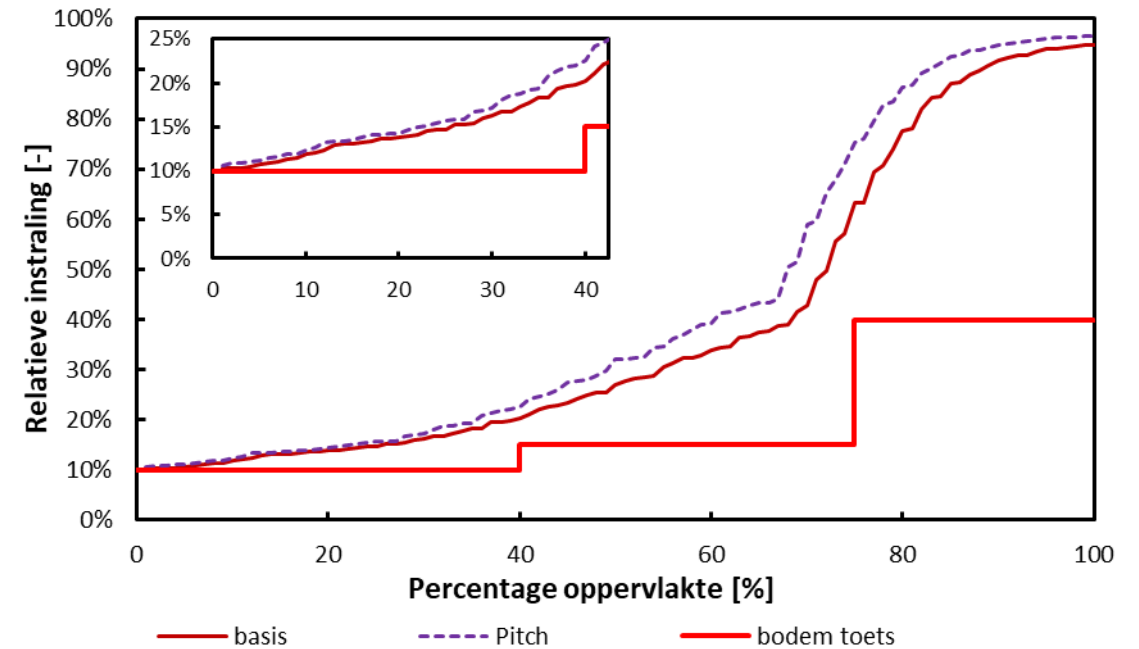
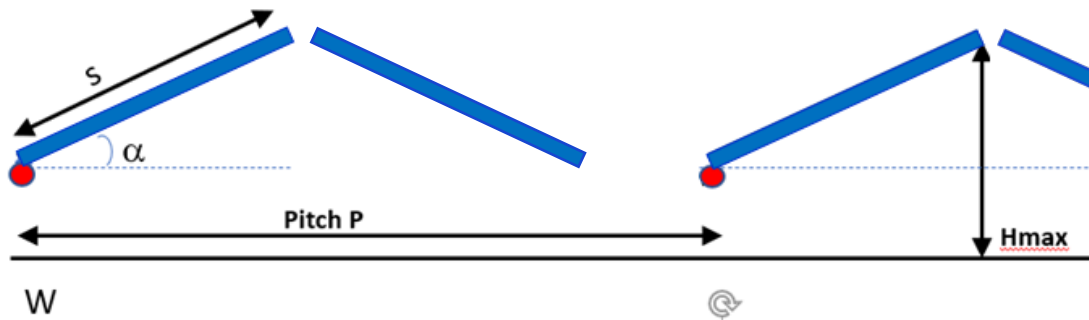
› Uitkomst bodemtoets: **veilig**



› Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog. Deels transparante panelen. Pitch 7.06 m.

## › AANSLUITINGEN VARIATIE EFFECT GROTERE PITCH

- › Invoer: **Grotere pitch** van 7.06 naar 7.56 m verhoogt de instraling vooral daar waar de instraling al boven de 20% relatieve instraling is
- › Uitkomst bodemtoets: **veilig**



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog. Deels transparante panelen. Pitch 7.06 m.
- › De variant “pitch” heeft een pitch van 7.56 m.



# › INHOUDSOPGAVE

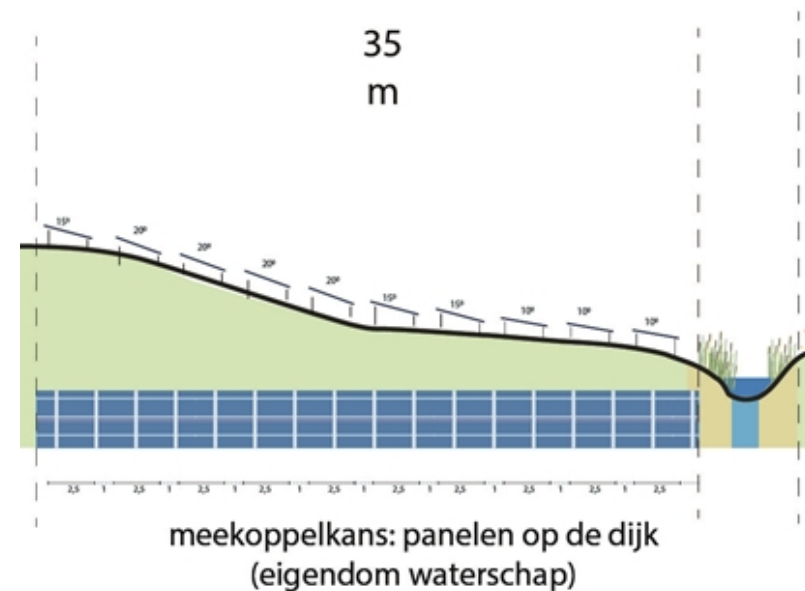
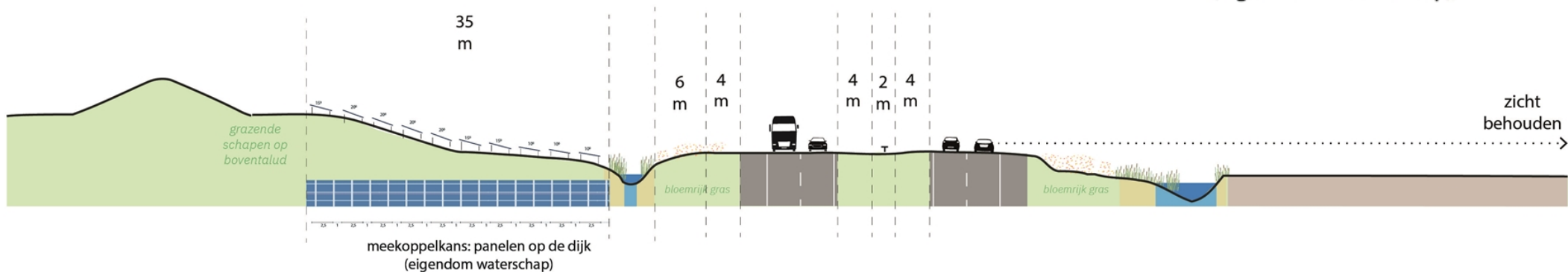
- Samenvatting
- Introductie
- Bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk



- Wij laten hier ter ondersteuning van verdere discussie wel de lichtinstraling zien voor twee hellingsgraden en doen daarop een gevoeligheidsanalyse

Langs de IJsselmeerdijk

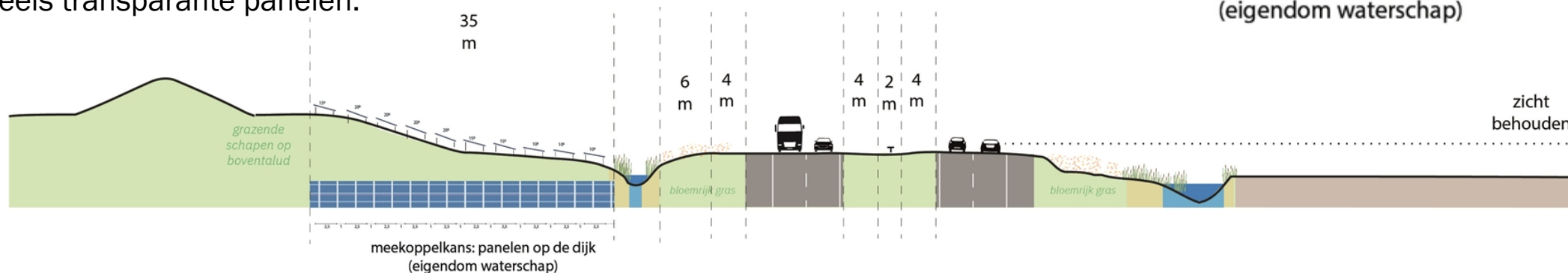
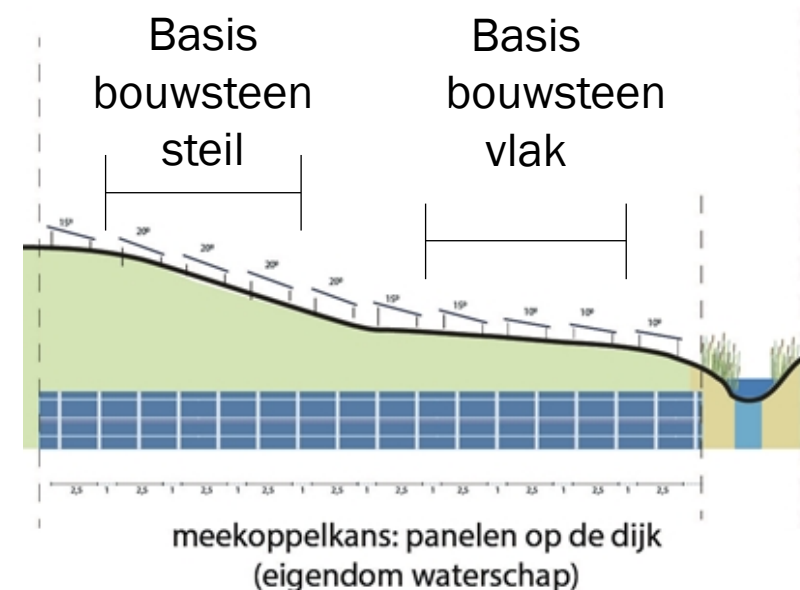
NOORD



# › INTRODUCTIE BASIS BOUWSTEEN BUITENBOCHT

## ZIE VERKENNING A6 VOOR EEN TOELICHTING OP DE BOUWSTEEN

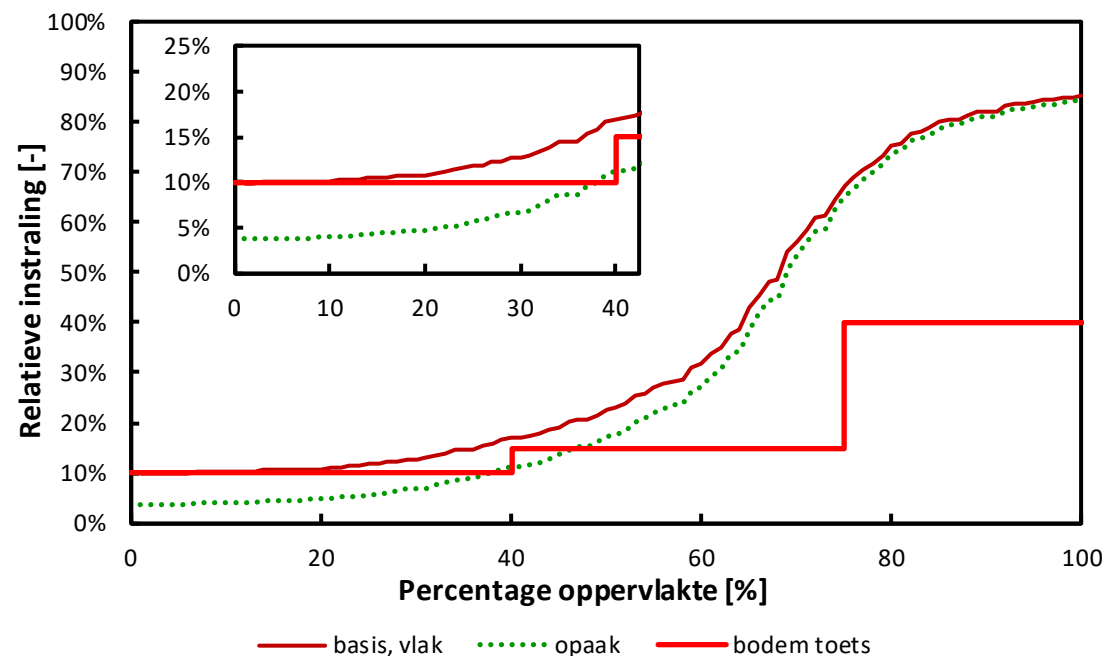
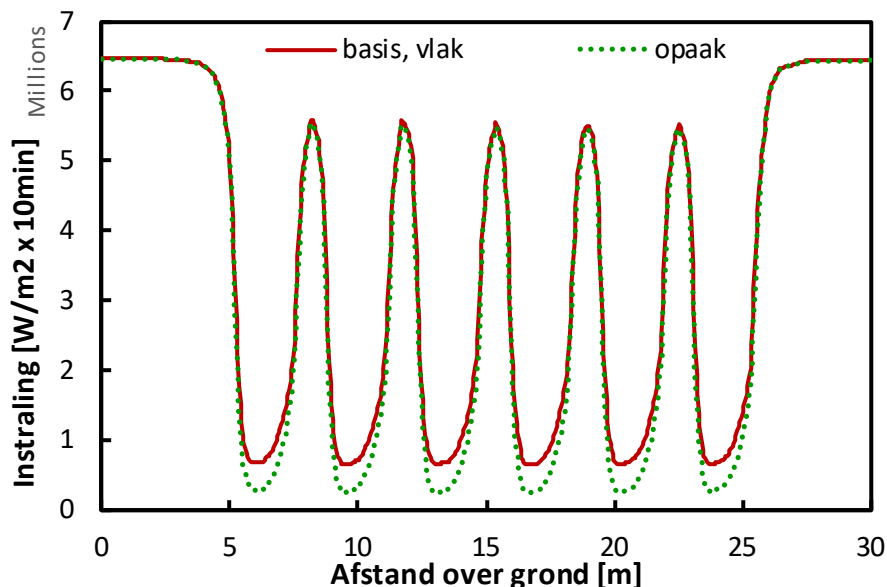
- › Wij beschouwen de dijk in twee delen
- › Het eerste deel van sloot naar onderhoudsweg (niet ingetekend) heeft een hellingsgraad van  $4^\circ$ . De basis bouwsteen heeft daar een tilthoek van  $10^\circ$ . Wij refereren hieraan als “vlak”.
- › Het tweede deel van onderhoudsweg naar de bovenkant heeft een hellingsgraad van  $18^\circ$ . De basis bouwsteen heeft daar een tilthoek van  $20^\circ$ . Wij refereren hieraan als “steil”.
- › Beide bouwstenen: rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.



# › **BEOORDELING BOUWSTEEN “VLAK” BUITENBOCHT**

## **DEELS TRANSPARANT VOLDOET AAN BODEMTOETS WUR-TNO**

- › Helling dijk “vlak” 4°, panelen 10°
  - › Panelen bijna parallel met helling
- › Hoogte, helling en deels transparante panelen uit ontwerp
- › Instraling voor groeiseizoen, mrt-okt, tijd stap 10 minuten

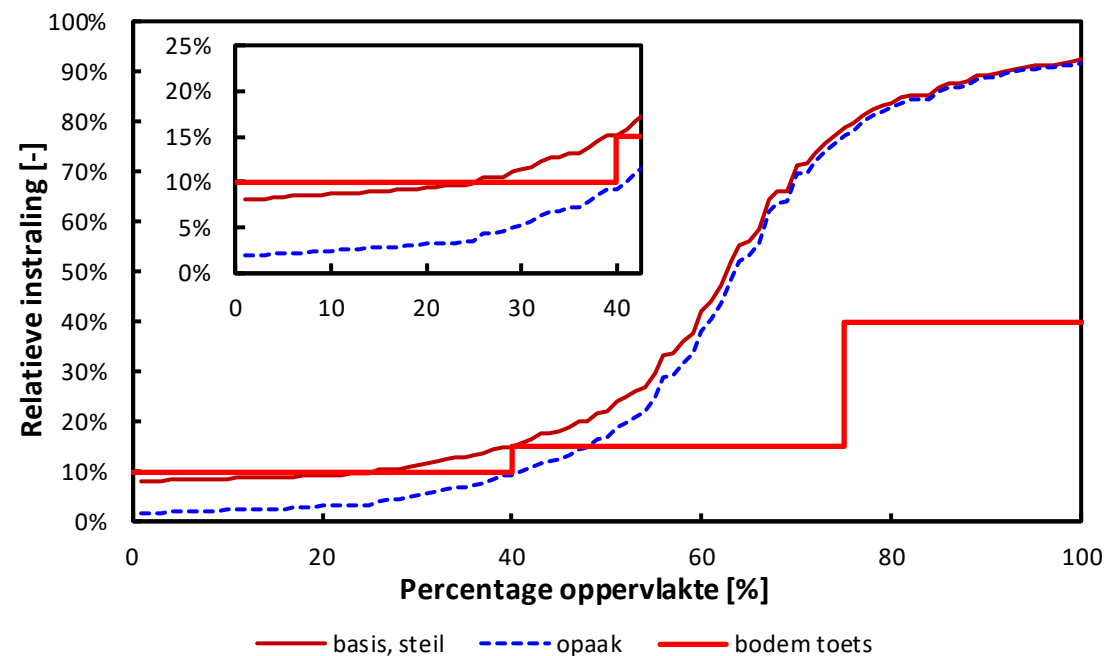
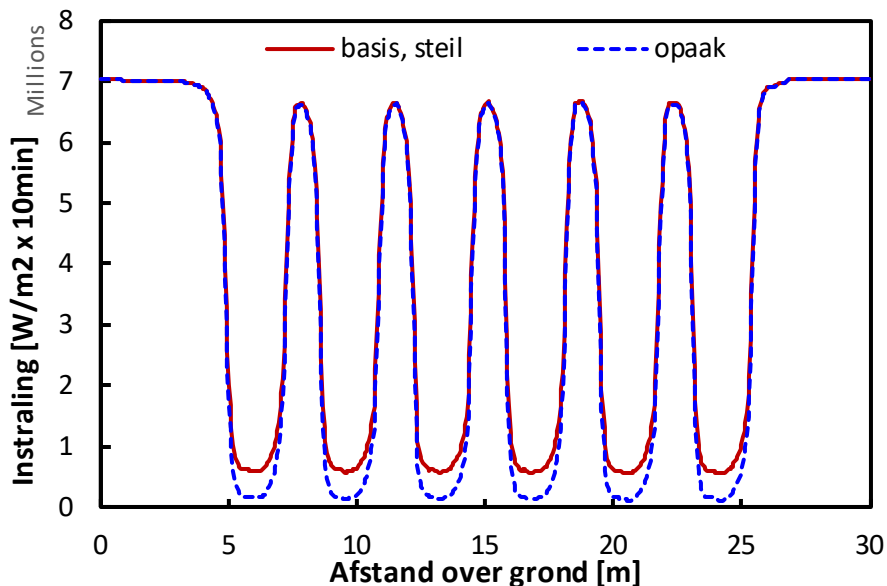


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.

# › **BEOORDELING BOUWSTEEN “STEIL” BUITENBOCHT**

## **DEELS TRANSPARANT VOLDOET NIET AAN BODEMTOETS WUR-TNO**

- › Helling dijk “steil” 18°, panelen 20°
  - › Panelen zo goed als parallel met helling
- › Hoogte, helling en deels transparante panelen uit ontwerp
- › Instraling voor groeiseizoen, mrt-okt, tijd stap 10 minuten



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.

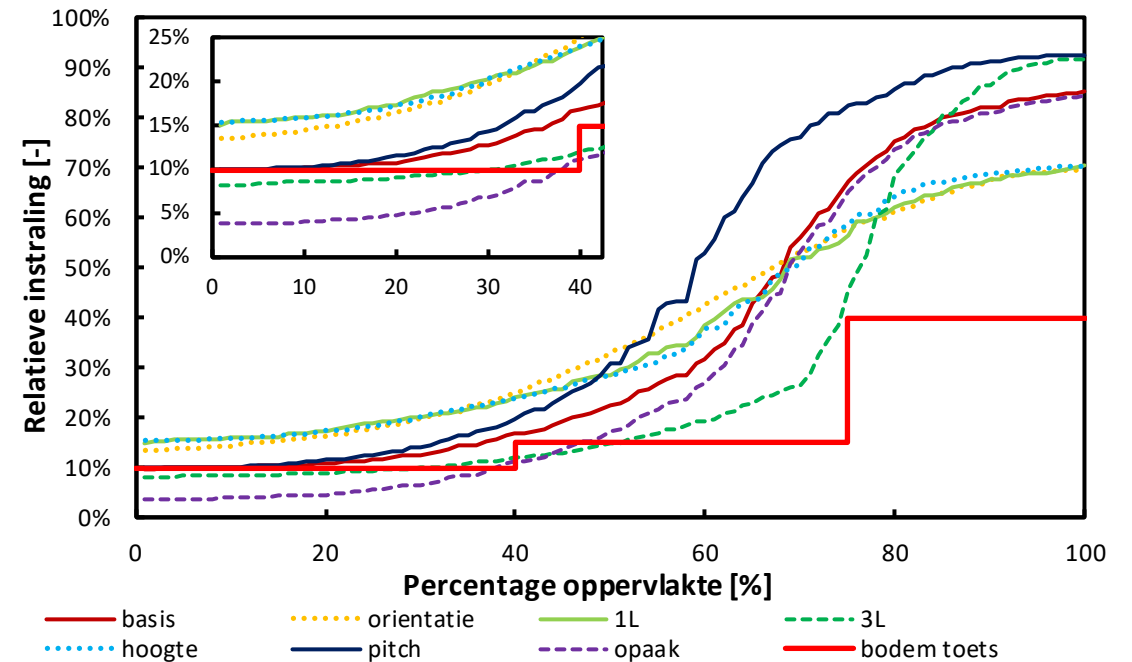
# › INHOUDSOPGAVE

- Samenvatting
- Introductie
- Bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk – vlakkere helling



## › BOUWSTEEN “VLAK” BUITENBOCHT OVERZICHT VAN VARIATIES EN GEVOELIGHEID

- › Variaties zijn altijd ten opzichte van de basis bouwsteen, alleen waar twee aspecten genoemd worden, zijn er twee parameters anders dan voor de basis
- › Invoer: **Opaak**, niet-transparant, leidt tot te donkere stroken voor relatief brede strook, 30% van land, onder elke tafel  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Invoer: **Grotere tafels, 3L**, bij dezelfde bedekkingsgraad  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Invoer: **Minimale hoogte** van 50 cm naar 100 cm geeft vlakkere verdeling  
Uitkomst bodemtoets: **veilig**
- › Invoer: **Kleinere tafels, 1L**, bij dezelfde bedekkingsgraad geeft ook vlakkere verdeling  
Uitkomst bodemtoets: **veilig**

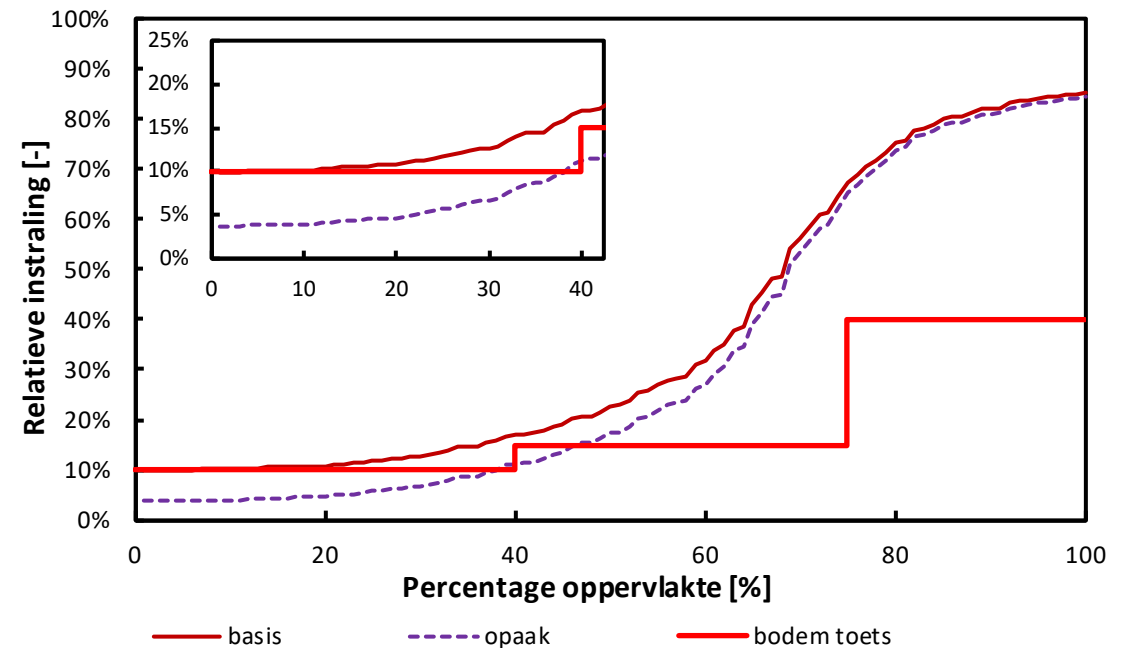
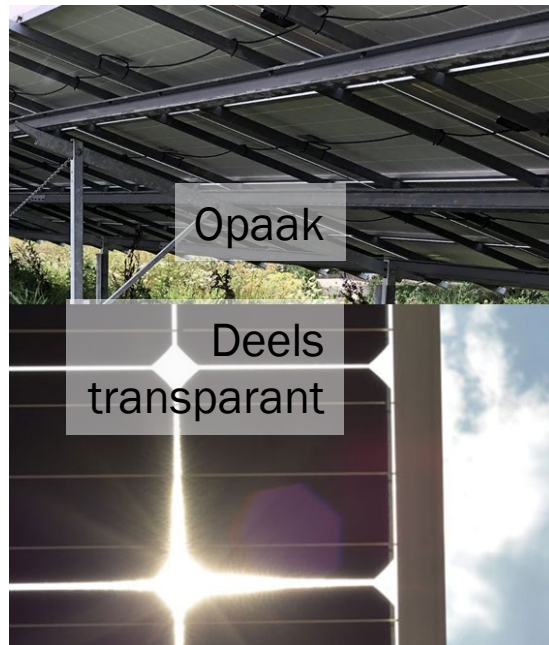


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › De overige lijnen worden in de volgende slides in meer detail en afzonderlijk behandeld.

## › BUITENBOCHT VARIATIE – VLAK

### EFFECT DEELS OF NIET-TRANSPARANTE PANELEN

- › Invoer: **Opaak**, niet-transparant, leidt tot te donkere stroken voor relatief brede strook, 30% van het oppervlak, onder elke tafel  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Basis variant (deels transparante panelen) voldoet aan de bodemtoets

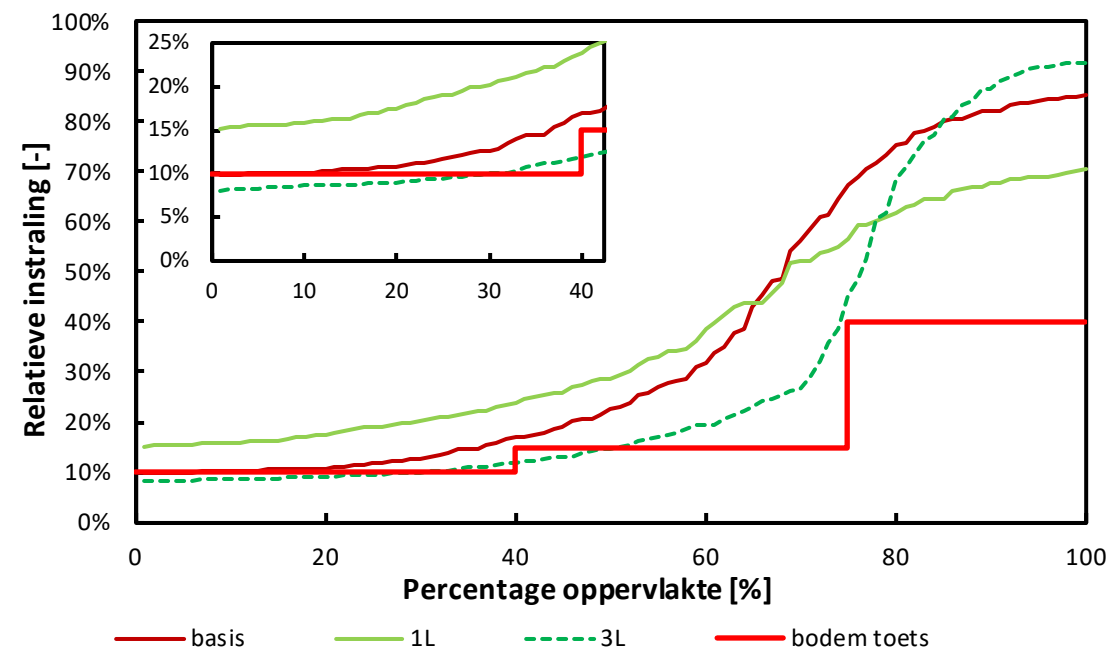
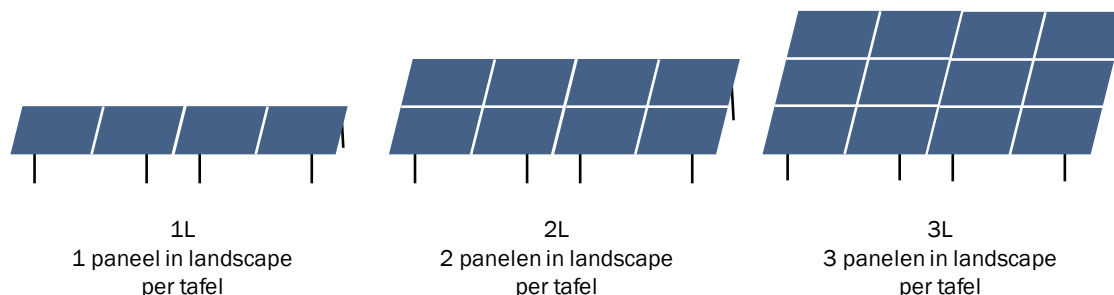


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

# › BUITENBOCHT VARIATIES EN GEVOELIGHEID - VLAK

## EFFECT GROTERE/KLEINERE TAFELS

- › **Kleinere tafels, 1L**, bij zelfde bedekkingsgraad geeft vlakkere verdeling
  - › Verhoogt instraling in donkerste 60% van oppervlakte
  - › Uitkomst bodemtoets: **veilig**
- › **Grotere tafels, 3L**, bij dezelfde bedekkingsgraad maakt verdeling schever
  - › In lichtste 20% meer instraling tov basis, elders minder
  - › Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**



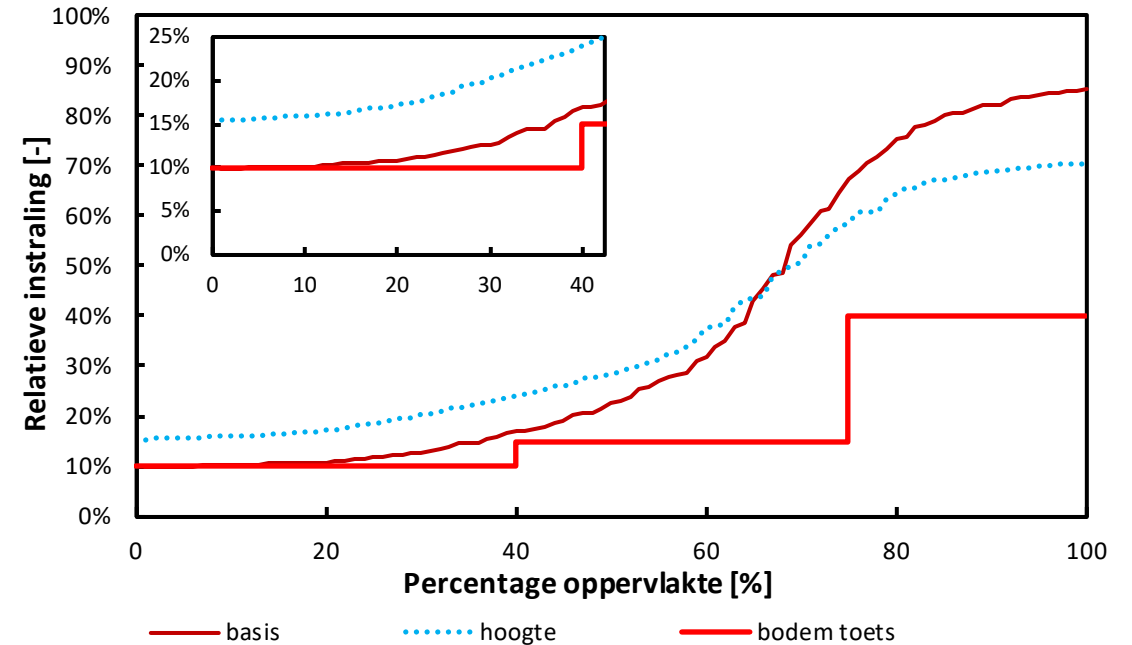
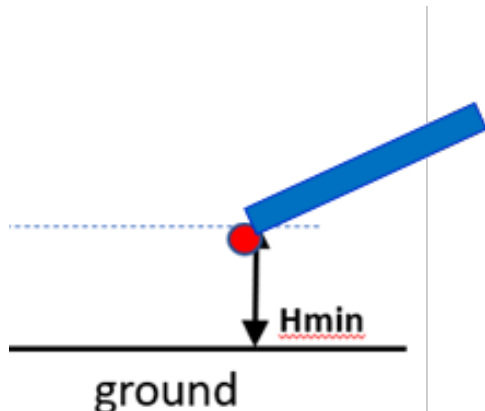
- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

# › BUITENBOCHT VARIATIES EN GEVOELIGHEID - VLAK

## EFFECT HOOGTE VAN ZONNEPANELEN

› Minimale hoogte van 50 cm naar 100 cm geeft vlakker verdeling

› Uitkomst bodemtoets: veilig

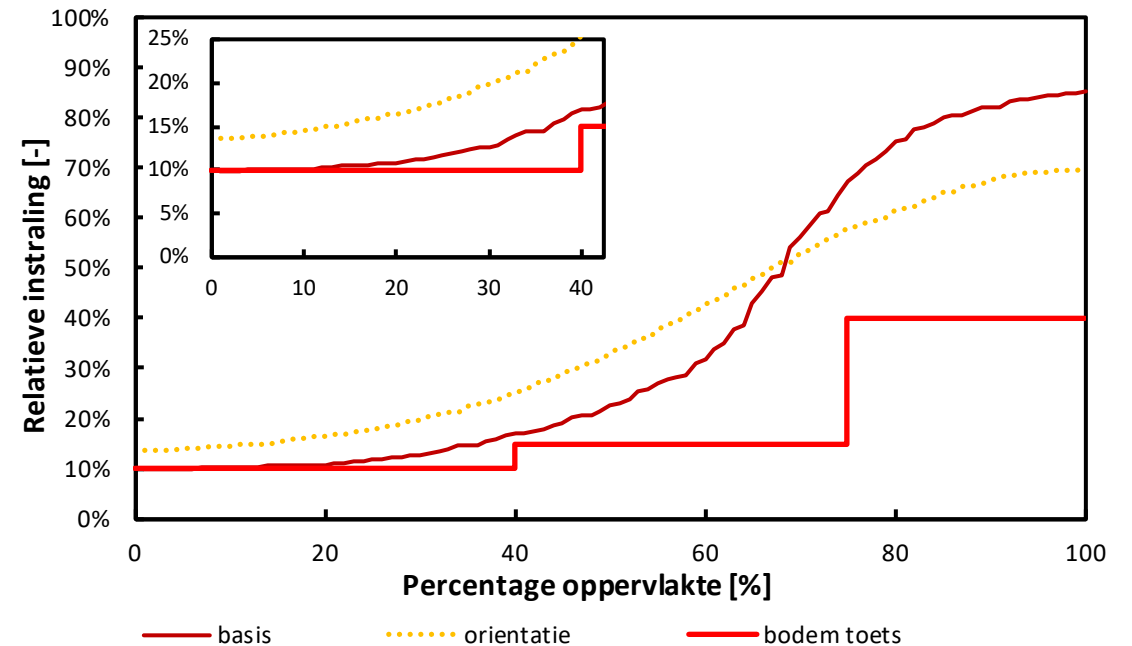
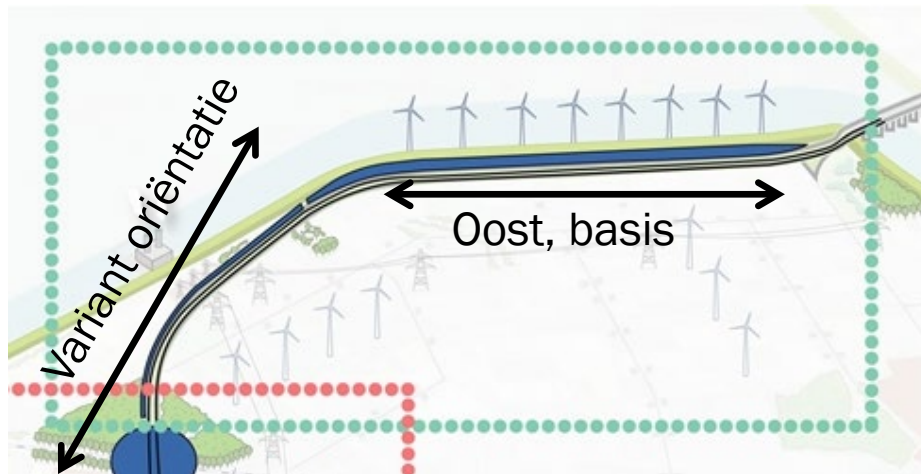


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

## › BUITENBOCHT VARIATIE – VLAK EFFECT VAN ORIËNTATIE DIJK

› Oriëntatie, van basis 90 graden (dijk loopt van oost naar west) naar variant 30 graden, dijk loopt van zuid-zuidwest naar noord-noordoost, leidt tot vlakkere verdeling van bodeminstraling

› Uitkomst bodemtoets: veilig



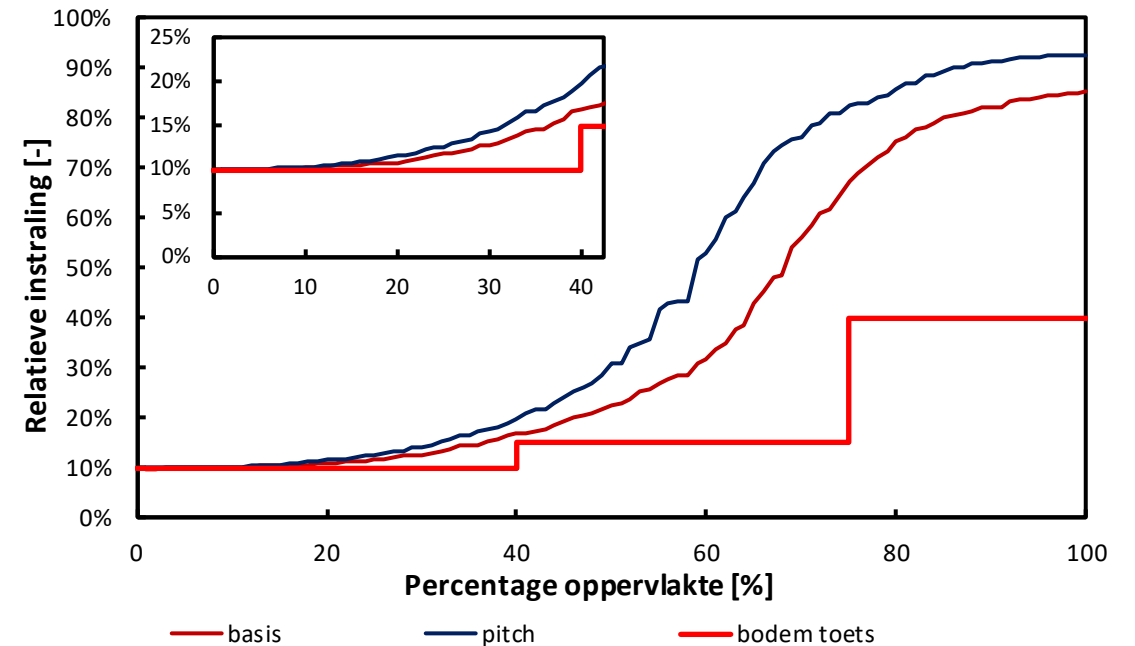
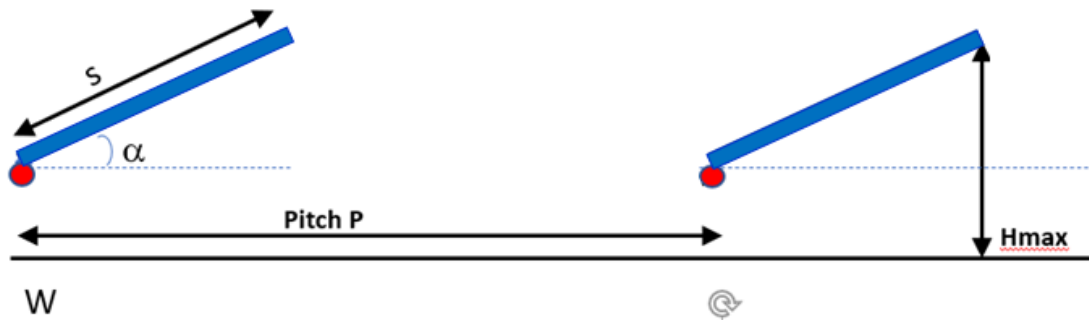
- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

## › BUITENBOCHT VARIATIE – VLAK

### EFFECT VAN PITCH

- › Grotere pitch van 357cm naar 407 cm verhoogt de instraling alleen boven de 20%

› Uitkomst bodemtoets: veilig



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

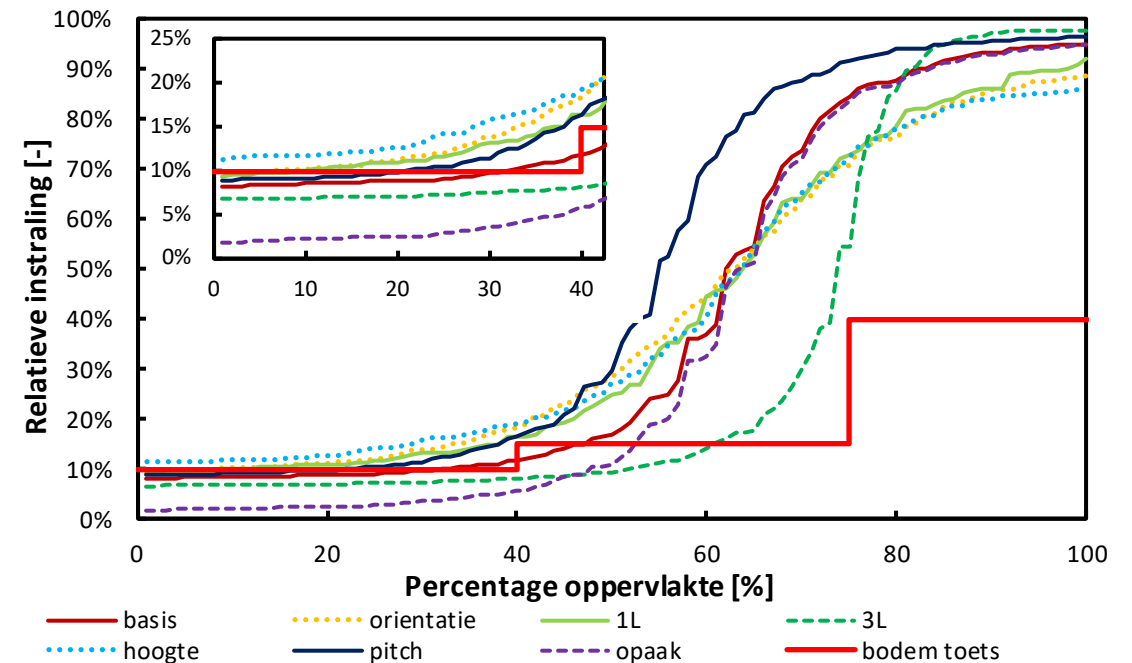


# › INHOUDSOPGAVE

- Samenvatting
- Introductie
- Bodemtoets
- Simulatie details en jaaropbrengst bouwstenen
- Resultaten
  - Middenberm
  - Bocht Lelystad
  - Aansluitingen
  - IJsselmeerdijk – steilere helling

## › BOUWSTEEN “STEIL” BUITENBOCHT OVERZICHT VAN VARIATIES EN GEVOELIGHEID

- › Op helling  $\sim 18^\circ$  valt meer licht op open veld dan op horizontaal, dit geeft echter een marginaal effect op het wel of niet voldoen aan toets
- › **Basis** Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**  
**Basis** orientatie zuid-zuidoost Uitkomst bodemtoets: **veilig**
- › Invoer: **Opaak**, niet-transparant, leidt tot hele donkere stroken voor relatief brede strook, 40% van land, onder elke tafel  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Invoer: **Grotere tafels, 3L**, bij dezelfde bedekkingsgraad, **tilt** en **lagere bedekkingsgraad**  
Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Invoer: **Minimale hoogte** van 50 cm naar 100 cm geeft vlakkere verdeling  
Uitkomst bodemtoets: **veilig**
- › Invoer: **Kleinere tafels, 1L**, bij zelfde bedekkingsgraad geeft ook vlakkere verdeling  
Uitkomst bodemtoets : **ontoelaatbaar**

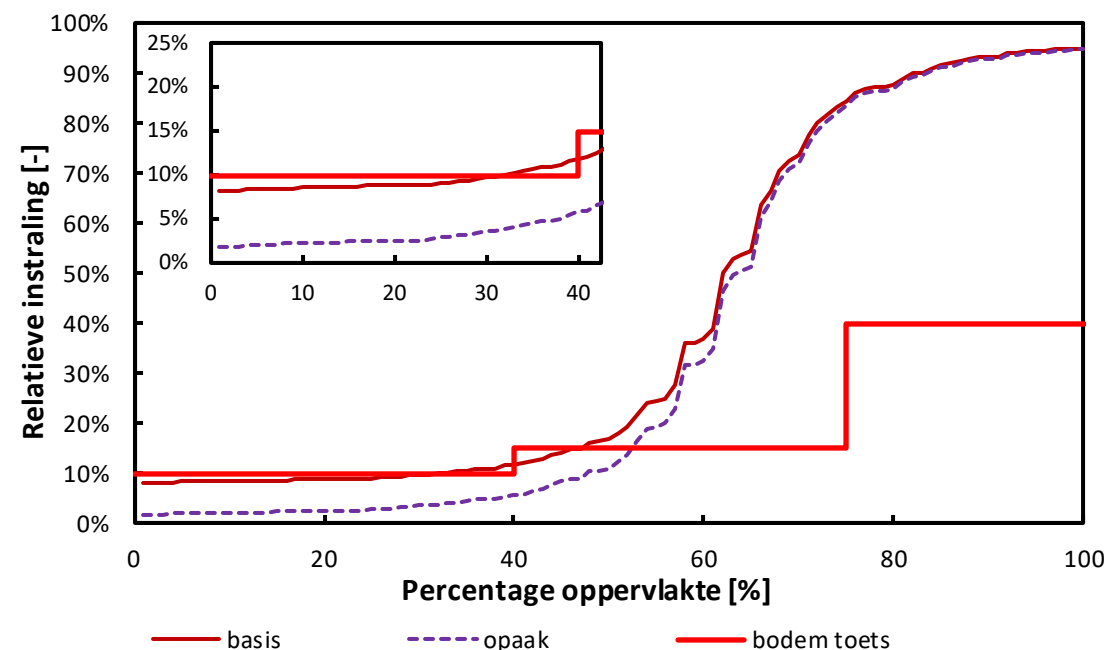
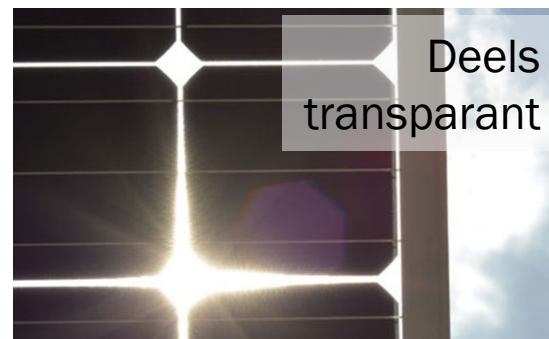


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › De overige lijnen worden in de volgende slides in meer detail en afzonderlijk behandeld.

# › BUITENBOCHT VARIATIES EN GEVOELIGHEID - STEILER DIJK

## EFFECT DEELS OF NIET-TRANSPARANTE PANELEN

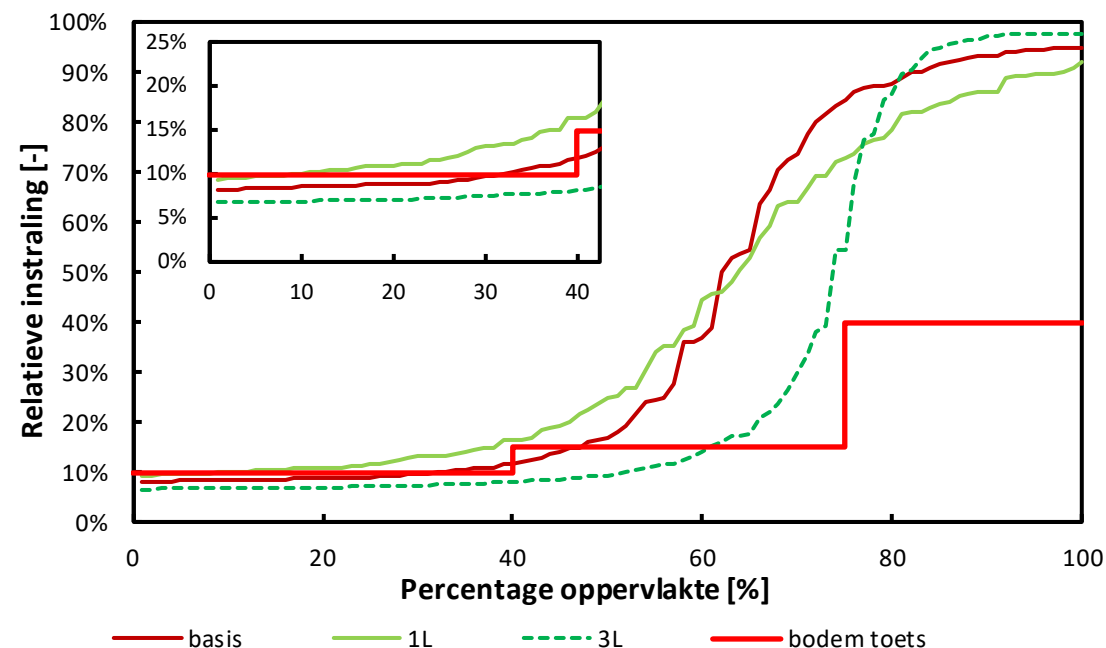
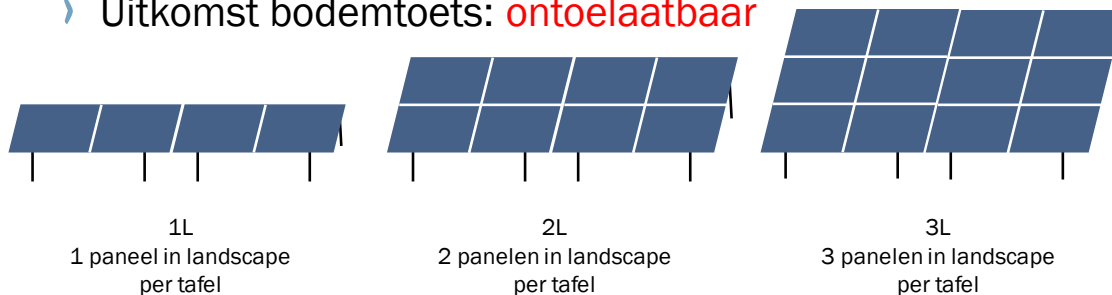
- › Vanaf deze slide beschouwen we zonnepanelen boven het **steilere deel van de dijk**
- › **Opaak**, niet-transparant, leidt tot hele donkere stroken voor relatief brede strook, 40% van land, onder elke tafel
  - › Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**
- › Maar ook **deels transparante** panelen laten niet voldoende licht onder de tafels toe  
Dit is de enige bouwsteen op basis van deels transparante panelen, waarvoor de uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

## › BUITENBOCHT VARIATIE – STEIL EFFECT GROTERE/KLEINERE TAFELS

- › **Kleinere tafels, 1L**, bij zelfde bedekkingsgraad geeft ook vlakkere verdeling
  - › Verhoogt instraling in donkerste 60% van oppervlakte, maar niet genoeg. Let wel: voor dijkbegroeiing zijn er strenge eisen
  - › Uitkomst bodemtoets : **ontoelaatbaar**
- › **Grotere tafels, 3L**, bij dezelfde bedekkingsgraad maakt verdeling schever
  - › In lichtste 20% meer instraling tov basis, elders minder
  - › Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**

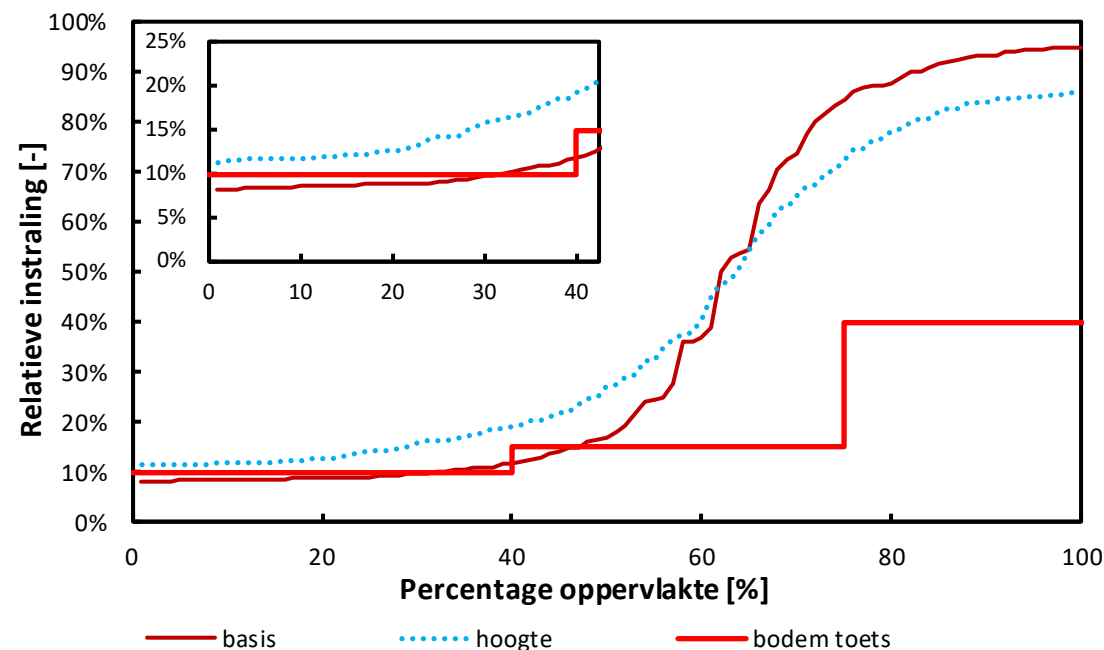
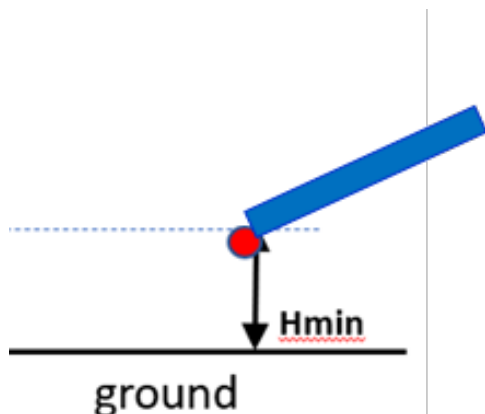


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

## › BUITENBOCHT VARIATIE – STEIL EFFECT HOOGTE VAN ZONNEPANELEN

› Minimale hoogte van 50 cm naar 100 cm geeft vlakker verdeling

› Uitkomst bodemtoets: veilig

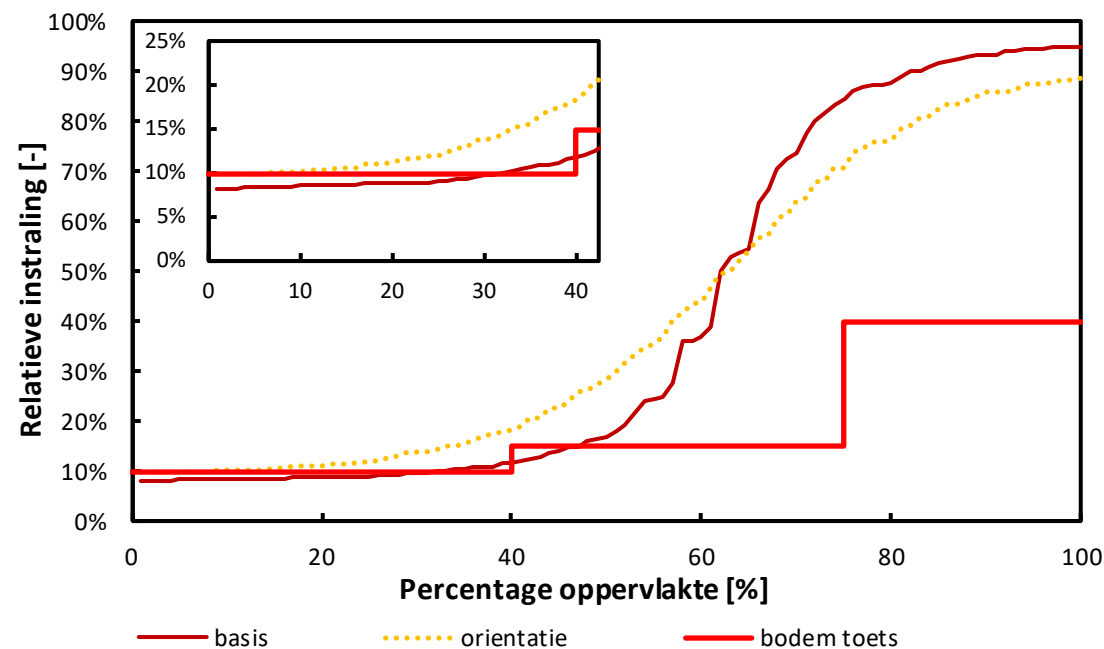
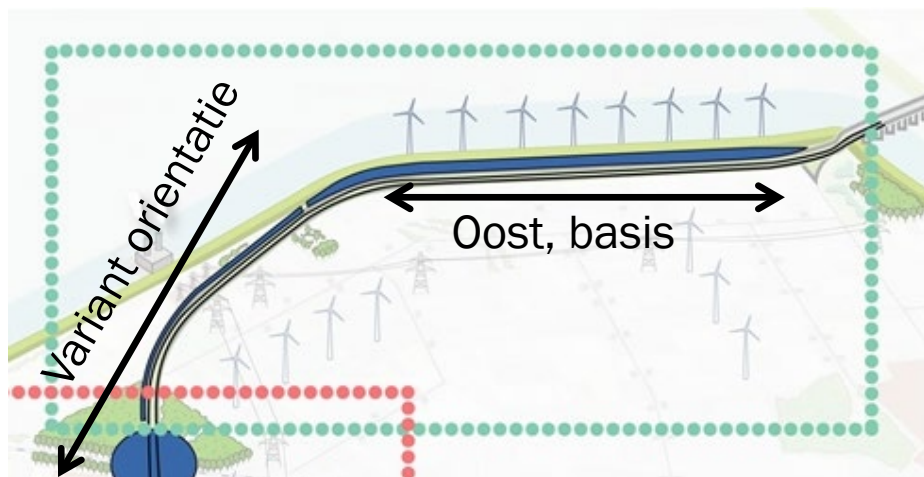


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

## › BUITENBOCHT VARIATIE – STEIL EFFECT VAN ORIËNTATIE DIJK

› Oriëntatie, van 90 graden (dijk loopt van oost naar west) naar 30 graden, dijk loopt van zuid-zuidwest naar noord-noordoost, leidt tot vlakke verdeling van bodeminstraling

› Uitkomst bodemtoets: veilig

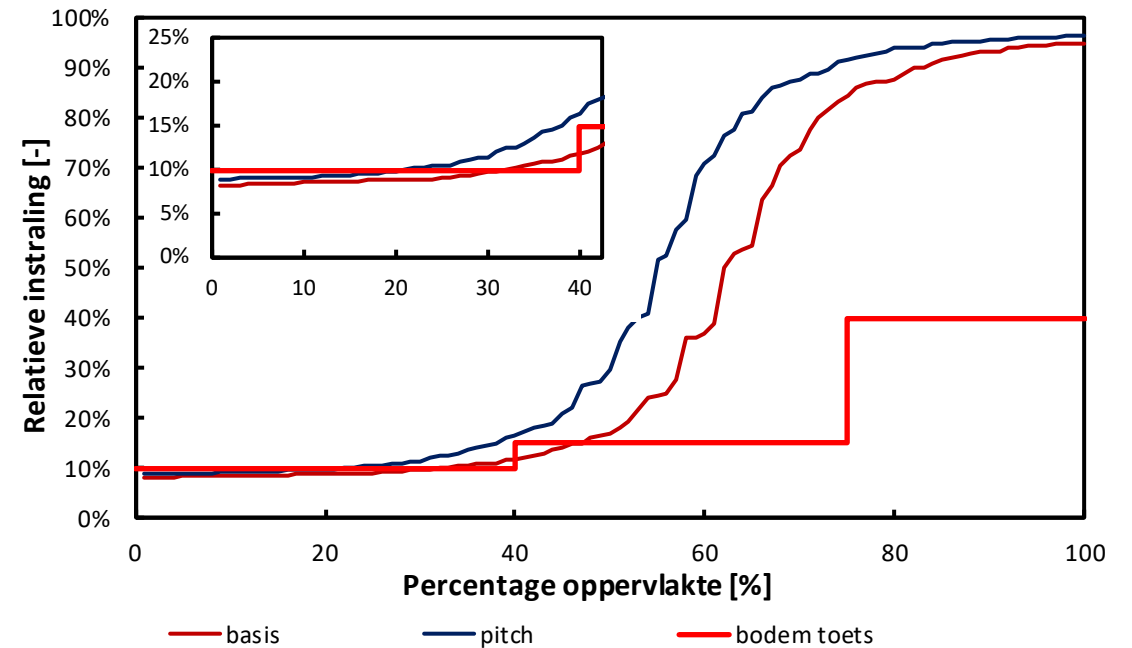
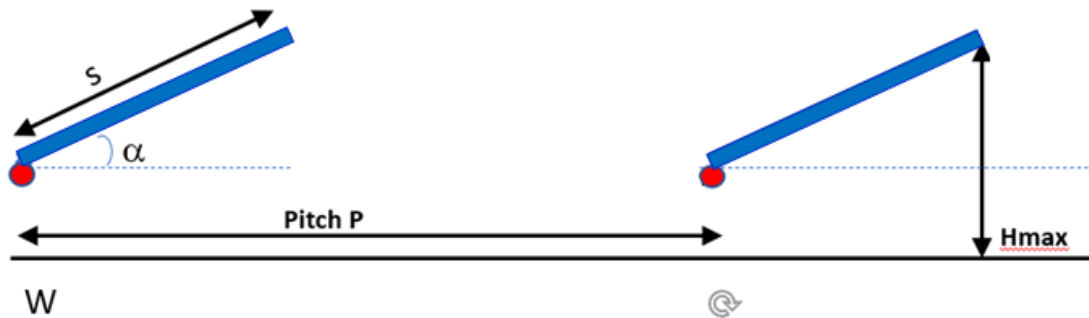


- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones

## › BUITENBOCHT VARIATIE – STEIL EFFECT VAN TILT/PITCH

- › Grotere pitch van 357cm naar 407 cm verhoogt de instraling op de bodem vooral nabij de randen van de PV panelen maar leidt niet tot voldoende licht midden onder de panelen

› Uitkomst bodemtoets: **ontoelaatbaar**



- › Basis is het ontwerp volgens de bouwsteen uit de verkenning. rijen van 2 panelen in landscape-oriëntatie, dit heet “2L”, minimale hoogte 50 cm, alle rijen even hoog boven de “helling” van de dijk. Deels transparante panelen.
- › Vlakker en steiler gaat over de twee zones van dijk met verschillende hellingsgraden, het basisontwerp heeft ook een lagere/hogere tilthoek in deze zones



## Grondbelichting wordt het ontwerpcriterium voor behoud bodemkwaliteit in zonneparken

# Nieuwe ontwerptoets verankert bodemkwaliteit in zonneparken

**De aanleg van zonneparken in het buitengebied is een sterke troef in het versnellen van de energietransitie. De bodemkwaliteit in Nederlandse zonneparken komt echter in toenemende mate onder druk te staan doordat panelen te dicht op elkaar geplaatst worden. De afname in grondbelichting zorgt voor een afname van vegetatie en koolstofgehalte van de bodem. TNO en WUR hebben een toets ontwikkeld waarmee zonneparken ontworpen kunnen worden met behoud van bodemkwaliteit.**

Door: Kay Cesar, Bas van Aken, Luuk Scholten, Ron de Goede en Alex Schotman

### Over de auteurs:

Bas van Aken en Kay Cesar zijn onderzoekers bij TNO die al ruim 20 jaar werken aan het verbeteren van zonnecellen en -panelen qua efficiency en kosten. De laatste jaren ligt hun focus op de integratie van zonnepanelen in het Nederlandse landschap.

Luuk Scholten doet een promotieonderzoek over het effect van zonneparken op bodemkwaliteit en wordt hierin begeleid door Ron de Goede, docent bij Wageningen Universiteit.

Alex Schotman is vegetatiekundige bij Wageningen Environmental Research en coördineert het onderzoek naar het effect van zonneparken op biodiversiteit binnen het Nationaal Consortium Zon in Landschap, waarvan Kay Cesar de voorzitter is.

### ACHTERGROND

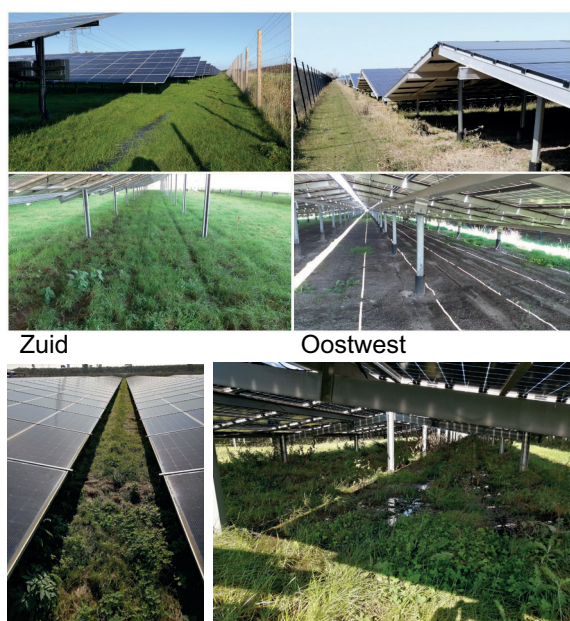
Hoewel in Nederland het leeuwendeel van alle zonnepanelen geïnstalleerd is op daken, is een vijfde van alle panelen opgesteld in zonneparken.<sup>1</sup> Deze zonneparken spelen een belangrijke rol in het behalen van de klimaatdoelstellingen. In een groot gedeelte van deze parken worden panelen echter zo dicht op elkaar geplaatst dat er onvoldoende licht op de bodem valt om vegetatiegroei mogelijk te maken. Deze vegetatie is van kritisch belang voor de instandhouding van een gezonde bodem en koolstofopslag. Verwacht wordt dat de bodemkwaliteit zal afnemen over de levensduur van het zonnepark door een tekort aan zonlicht. Deze problematiek is het sterkst in zonneparken met dakvormige constructies waar de panelen naar het oosten en westen zijn gericht. Dit is geïllustreerd in de bovenste foto's van figuur 1, waarin de begroeiing onder en naast de paneeltafels met zuid en oost-west oriëntatie zichtbaar is. Dergelijke oost-west-parken komen tot stand ondanks de gedragscode van de brancheorganisatie Holland Solar waarin wel richtlijnen zijn opgenomen voor natuurbehoud maar die onvoldoende gericht zijn op behoud van bodemkwaliteit. De onderste foto's in figuur 1 zijn van een oost-west opstelling met semi-transparante panelen, waar wel vegetatie aanwezig is onder de tafel.

Om de bodemkwaliteit te borgen in toekomstige zonneparken hebben WUR en TNO een ontwerptoets opgesteld. De ontwerpregels zijn tot stand gekomen op basis van visuele beoordeling van vegetatie en verkennende analyses van labiel koolstof in bodemonsters in bestaande parken in Nederland en van gesimuleerde

grondbelichting die bij deze zonneparken horen. De bijdrage van diffuus licht is daarbij meegenomen. De toets is opgezet om de communicatie tussen projectontwikkelaars en vergunningsverleners te vereenvoudigen, de ontwerprijheid te maximaliseren en ruimte te geven voor politieke afweging. De toets moet worden gezien als een aanvulling op reeds bestaande richtlijnen en richt zich alleen op de ontwikkeling van bodemkwaliteit. Vanuit het kennisnetwerk Nationaal Consortium Zon in Landschap ([www.zoninlandschap.nl](http://www.zoninlandschap.nl)), is een aantal vierjarige onderzoeken gestart, (waaronder het onderzoek van L. Scholten), om deze voorlopige richtlijnen te onderbouwen en te verbeteren en om additionele richtlijnen te formuleren voor bovengrondse natuurontwikkeling. De richtlijnen zijn van toepassing op de bodem onder de tafels en de paden daartussen; voor de bovengrondse biodiversiteit zijn ook de niet-afgedekte randen van het zonnepark van belang. In het onderzoeksproject EcoCertified Solar Parks wordt een certificaat ontwikkeld waarin alle richtlijnen ten behoeve van natuurontwikkeling in zonneparken worden geïntegreerd in het EcoCertified Solar label. Het project SolarEcoPlus zal inzichten over innovatieve parkontwerpen toevoegen aan deze richtlijnen.

### TOETS DEFINITIE EN ONDERBOUWING

Een zonnepark bestaat vaak uit een perceel dat omheind is door een hekwerk met een toegangsweg. Omdat de belichting van de grond voornamelijk onder en naast de zonnepanelen wordt beperkt, richt de toets zich op deze kern van het park. Figuur 2 toont een schematische weergave van verschillende parkconfiguraties, ter illustratie van de kernelementen van een zonnepark. Om de grondbelichting te berekenen wordt in stapjes van 10 minuten de grondinstraling berekend over het hele groeiseizoen van maart tot en met oktober met een ruimtelijke resolutie van 10 cm. De lichtinval wordt over deze periode opgeteld en uitgedrukt in een percentage van de belichting in het open veld zonder schaduw. Figuur 2 geeft naast de parkconfiguraties ook de bijbehorende lichtprofielen. De groene lijnen vertegenwoordigen het instralingsniveau van het open veld (100%). De bovenste twee opstellingen zijn zuid georiënteerde parkontwerpen die in de ecologische verkenning<sup>2</sup> respectievelijk als veilig en risicovol zijn gekenmerkt ten aanzien van de vegetatie en bodemkwa-

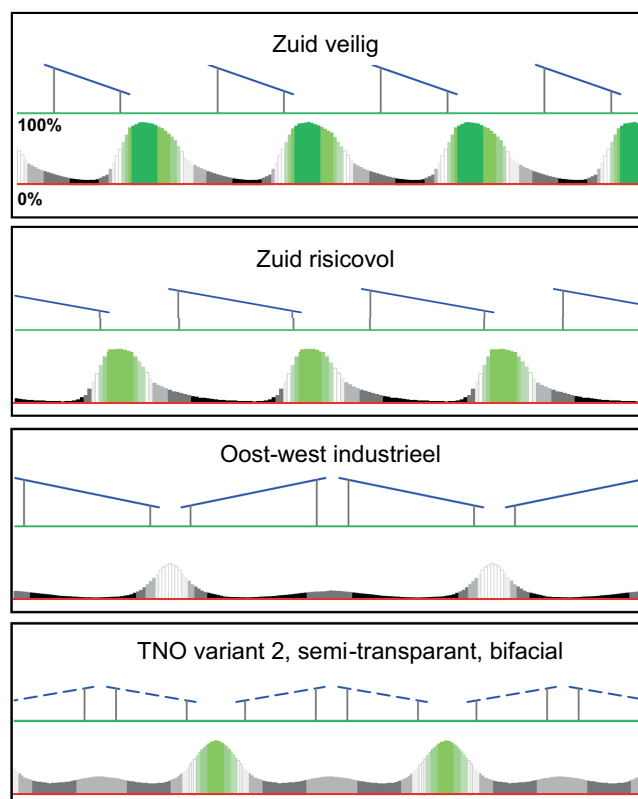


Oostwest met semi-transparante panelen

FIGUUR 1, ZONNEPARKEN MET BOVENSTE FOTO'S ZUID (LI) EN OOSTWEST ORIËNTATIE (RE) IN NEDERLAND. DE ONDERSTE FOTO'S ILLUSTREREN VEGETATIE TUSSEN (LI) EN ONDER (RE) 10% SEMI-TRANSPARANTE PANELEN IN HET OOSTWEST-ZONNEPARK RILLAND BV.

liteit. De lichtprofielen laten zien dat tussen de paneeltafels hoge lichtintensiteiten bereikt worden tot wel 90% van de openveldinstraling terwijl een significante reductie zichtbaar is onder de panelen, waar nog slechts 5% van de openveldinstraling behaald wordt. In vergelijking tot het risicovolle 'zuid' ontwerp daalt de grondbelichting nog verder in het veel gebruikte oost-west-ontwerp in de derde opstelling. Dit profiel kenmerkt zich door zowel brede gebieden met extreem lage lichtinstralingen onder de panelen als ook significant lagere piekbelichtingen in de goot. Tabel 1 geeft het overzicht van de parken die de basis vormen voor de normstelling van de toets. In deze tabel is ook de bedekkingsgraad opgenomen. De bedekkingsgraad van een zonnepark, ook wel *ground coverage ratio* genoemd, is het oppervlak van de panelen gedeeld door het oppervlak grond onder en naast de panelen. Naast de hierboven besproken ontwerpen, waarbij RWZI Bath illustratief is voor het industriële oost-west ontwerp, zijn nog twee bestaande oost-west parken met semi-transparante panelen opgenomen in tabel 1, n.l. Rilland en Zonnepark Bath. Tenslotte is ook een profiel met specificaties toegevoegd in figuur 2 en Tabel 1 van een theoretisch ontwerp dat aan de bodemtoets voldoet, TNO variant 2. Dit specifieke ontwerp is gebaseerd op semi-transparante en bifacial panelen en is eerder gepubliceerd.<sup>3</sup> Bifacial panelen zijn commercieel beschikbare panelen die zowel van de voor- als achterzijde licht in stroom kunnen omzetten en daardoor een hoger stroomopbrengst geven.

Het oost-west park van RWZI Bath geeft met een bedekkingsgraad van 0,92 en standaard enkelzijdige (monofacial) panelen rond de 5% openveldbelichting onder de panelen. In dit park is, net als in de bovenste foto in figuur 1, nauwelijks vegetatie zichtbaar onder de panelen en bovendien was er duidelijk een afname van het gehalte 'labiele organische stof' (HWC) geconstateerd. In Zonnepark Bath was enige bedekking met vegetatie zichtbaar, al was deze laag. Er is hier geen significant verschil in HWC geconstateerd tussen en onder de panelen, waar dat wel het geval was in Bath. De vegetatie in Zonnepark Bath ontvangt minimaal 10% openveldbelichting en deze hoeveelheid licht wordt gezien als wat, tot nader inzicht, minimaal aanwezig zou moeten zijn. Het is echter onwenselijk een te groot oppervlak met een dergelijke schaarse belichting te accepteren. Een beter ontwikkelde vegetatie is te zien in Zonnepark Rilland (onderste foto's figuur 1) en ook hier is geen sprake van een significante reductie van de HWC onder de pane-



FIGUUR 2, BEREKENDE GRONDINSTRALING IN RELATIE TOT HET ZONNEPARK ONTWERP. DE ONTWERPEN ZIJN OP SCHAAL AFGEBEELD MET CORRESPONDERENDE BELICHTINGS-PROFIELEN RELATIEF TEN OPZICHTE VAN DE OPENVELDINSTRALING ZONDER SCHAAL. LINEAIRE SCHAAL VAN 0% (—) TOT 100% (—). DE AFGEBEELDE ZONNETAFELS (BLAUW) BESTAAN DOORGAANS UIT MEERDERE RIJEN ZONNEPANELEN WAARTUSSEN WATER KAN DOORSIJPELEN.

len. Het lichtprofiel ziet er duidelijk gunstiger uit dan voor Bath en Zonnepark Bath met een minimum van rond de 15% openveldbelichting. Een belichtingsgrens van 15% wordt daarom gezien als een duidelijk betere voorwaarde voor vegetatieontwikkeling onder de panelen en wordt in de toets ingezet om een goede marge voor vegetatieontwikkeling onder de panelen te realiseren. In alle parken is de vegetatie tussen paneeltafels veel beter ontwikkeld dan onder de tafels. Dit gegeven wordt in de toets ingebouwd om risico's voor bodemkwaliteit af te dekken die bestaan door de nog onbekende langetermijneffecten. De verwachting is dat bij tenminste 40% van de openveldinstraling de groei en diversiteit van de vegetatie voldoende zijn om onverwachte nadelige gevolgen in de donkere gebieden op de lange termijn op te vangen.

De ontwerpregels worden mede bepaald door de ontwerprijmte van zonneparken en bevatten daardoor twee oppervlaktepercentages en drie instralingsniveaus om vegetatiegroei te realiseren die naar verwachting nodig is voor behoud van de minimale bodemkwaliteit onder en tussen de paneeltafels. De oppervlakteverdeling van de instralingsniveaus wordt mede bepaald door de ontwerprijmte van zonneparken. De kwalificatie 'veilig' wordt gegeven als aan de volgende normen wordt voldaan:

1. De bodem ontvangt overal minimaal 10% van de openveldinstraling;
2. Minimaal 60% van de bodem ontvangt boven de 15% van de openveldinstraling;
3. Minimaal 25% van de bodem ontvangt boven de 40% van de openveldinstraling.

Een ontwerp ontvangt altijd de kwalificatie 'ontoelaatbaar' indien niet aan criterium 1 wordt voldaan. Indien wel aan criterium 1 wordt voldaan maar niet volledig aan criteria 2 en 3, kan de kwalificatie 'toelaatbaar met risico voor bodemkwaliteit' worden gegeven

| Park           | Paneel transparantie | Paneel oriëntatie | Bedeckingsgraad | Beoordeling vegetatie | Beoordeling Bodem HWC |
|----------------|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| RWZI Bath      | 0%                   | o/w, liggend      | 0,92            | - -                   | - -                   |
| Zonneweihoek   | 7,7%                 | o/w, liggend      | 0,96            | -                     | -                     |
| Rilland B.V.   | 10,2%                | o/w, liggend      | 0,88            | 0                     | 0                     |
| Zuid risicovol | 0%                   | Zuid liggend      | 0,69            | +                     | +                     |
| Zuid veilig    | 0%                   | Zuid liggend      | 0,53            | ++                    | ++                    |
| TNO variant 2  | 10%                  | o/w liggend       | 0,77            | n.v.t.                | n.v.t.                |

TABEL 1. PANEEL EIGENSCHAPPEN VAN DE ZONNEPARKEN WAAROP DE TOETS IS GEBASEERD EN EEN KWALITATIEVE BEOORDELING VAN DE VEGETATIE EN LABIELE ORGANISCHE STOFGEHALTE ONDER DE PANELEN. DE BEDEKKINGSGRAAD BETREFT DE VERHOUDING TUSSEN OPPERVAKTEN VAN DE PANELEN EN DE GROND ONDER EN TUSSEN DE PANELENTAFELS (GROUND COVERAGE RATIO). TNO VARIANT 2 IS EEN THEORETISCH ONTWERP DAT AAN DE BODEMTOETS VOLDOET.

omdat bij hogere instralingen iets meer marge in de belichtingseis zit. Dit risico is toelaatbaar als deze twee criteria voor maximaal 20% van de grond niet gehaald worden. Als een groter deel van de grond niet voldoet wordt de kwalificatie 'ontoelaatbaar' gegeven.

#### LICHTINVAL, VEGETATIEPRODUCTIE EN KOOLSTOFBALANS

Lichtinval, vegetatieproductie en koolstofbalans: Zonneparken veranderen het microklimaat onder de panelen.<sup>4</sup> Veranderingen in licht, temperatuur en vocht hebben naar verwachting grote gevolgen voor de koolstofbalans. De mate waarin deze factoren een rol spelen wordt de komende vier jaar onderzocht in het EcoCertified project. Literatuuronderzoek laat zien dat beneden de 10% lichtinval vrijwel altijd een sterke reductie van vegetatiegroei (en daarmee koolstofinput in de bodem) wordt waargenomen.<sup>5,6</sup> De vegetatiegroei tussen 10-40% lichtinval is onzeker, met studies die geen verschil laten zien<sup>5</sup> en studies die een grote afname rapporteren.<sup>7</sup> De gevolgen voor de koolstofbalans op langere termijn zijn naast de input van plantenresten ook afhankelijk van de afbraak van de bodemvoorraad organische stof. Op basis van literatuurgegevens hebben we een voorlopige inschatting gemaakt van de gevolgen van de ontwerpregels zoals gepresenteerd in dit artikel voor de koolstofbalans. Vanwege het ontbreken van kwantitatieve informatie over het effect van veranderingen in bodemvocht en temperatuur, zijn deze factoren niet meegenomen bij de simulatie. Naar de invloed van deze factoren wordt verder onderzoek gedaan. Alle scenario's duiden op een afname van de organische stofvoorraad in zonneparken op voormalig grasland (38-55 en 15-45 t ha<sup>-1</sup> bij een vegetatieproductieniveau van respectievelijk 3 en 5 t ha<sup>-1</sup>). Op voormalige akkers kan de balans neutraal of positief uitvallen (variërend van een afname van 9 t ha<sup>-1</sup> in o/w industrieel akker bij een vegetatieproductie van 3 t ha<sup>-1</sup> tot een toename van 35 t ha<sup>-1</sup> in Zuid veilig akker bij een vegetatieproductie van 5 t ha<sup>-1</sup>. Voor de modelberekeningen is uit gegaan van een startniveau bodemorganische stof van 57 t ha<sup>-1</sup> (2,2%) in de akker en 161 t ha<sup>-1</sup> (6,2%) in het grasland, een decompositiefactor bodemorganische stof van 2,8%<sup>8</sup>, een effectieve organische stoffactor van 0,3<sup>10</sup>, een wortel-spruitverhouding van 5,8<sup>9</sup> of 3,5 bij <60% lichtinval<sup>7</sup>, en een productiviteit van 30% bij <10%<sup>5,6</sup> en 60% bij <40% lichtinval.<sup>5,7</sup>

#### DISCUSSIE

We realiseren ons dat er veel kanttekeningen zijn te plaatsen bij de hier gepresenteerde toets en de onderbouwing van de criteria. Helaas is er onvoldoende literatuur beschikbaar die voldoende voorspellend is voor de vegetatiegroei onder lage belichtingscondities onder de paneeltafels die relevant zijn voor Nederlandse omstandigheden. Een verdere uitdaging voor de invulling van de toets is ook dat veranderingen in de bodem door de verminderde lichtinval na installatie van een zonnepark geleidelijk plaatsvinden waardoor er enkele jaren voorbij gaan voordat de effecten aantoonbaar zijn. Op dit moment is de onderbouwing van de toets dan ook gebaseerd op een beperkte dataset, maar we willen en moeten nu roeien met de riemen die we hebben. Hoe eerder er rekening gehouden wordt met de mogelijke consequenties van zonneparken voor de bodem hoe beter.

De onderzoeksprojecten SolarEcoPlus en EcoCertified Solar Parks zullen meer data uit tientallen zonneparken opleveren waardoor de richtlijnen beter onderbouwd worden. Naast meer waarnemingen over een langer tijdsverloop, krijgen we daar ook inzicht in wat de betekenis is van de zichtbare vegetatie voor het bodemleven en de koolstofopslag; onderscheid tussen bodemsoorten; verschillen in uitgangssituatie, bodemfysische aspecten, beheersvormen, etc. Deze data zullen worden gebruikt om de criteria van de bodemtoets verder te preciseren.

#### CONCLUSIE

De eerste versie van een bodemtoets voor zonneparkontwerpen is ontwikkeld en kan nu worden ingezet om nieuwe ontwerpen te beoordelen op behoud van bodemkwaliteit en waar nodig aan te passen. Deze toets is vooralsnog vooral gebaseerd op de mate van lichtinval onder de panelen om voldoende vegetatiegroei te waarborgen en daarmee instandhouding van de voorraad bodemorganische stof. Vooral door het gebruik van semi-transparante panelen is het mogelijk om oost-west parken te ontwerpen met behoud van voldoende bodemkwaliteit. De toets is in ontwikkeling en aanpassingen zijn mogelijk als verbeterd inzicht daar aanleiding toe geeft. In het project EcoCertified Solar Parks, wordt ernaar gestreefd om de toets te integreren met andere richtlijnen voor natuurontwikkeling in een eco-label voor zonneparken. Dit jaar wordt een eerste versie van dit label verwacht.

#### NOTEN

1. <https://hollandsolar.nl/nieuws/i887/versterk-de-nederlandse-daken-voor-de-opwek-van-zonnestroom>.
2. Schotman, A. et al. , "Verkenning van bodem en vegetatie in 25 zonneparken in Nederland", WUR rapport Februari 2021 <https://doi.org/10.18174/541057>.
3. van Aken, B. et al. , "Towards nature inclusive east-west orientated solar parks", TNO rapport 2021.
4. Armstrong, A., Ostle, N. J. & Whitaker, J. Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. Environ. Res. Lett. 11, 1–11 (2016).
5. Semchenko, M., Lepik, M., Götzenberger, L. & Zobel, K. Positive effect of shade on plant growth: Amelioration of stress or active regulation of growth rate? J. Ecol. 100, 459–466 (2012).
6. Abraham, E. M. et al. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. Agrofor. Syst. 88, 287–299 (2014).
7. Siebenkäs, A., Schumacher, J. & Roscher, C. Phenotypic plasticity to light and nutrient availability alters functional trait ranking across eight perennial grassland species. AoB Plants 7, 1–15 (2015).
8. Hanegraaf, M., van Geel, W., van de Berg, W. & de Haan, J. Afbraaksnelheid bodem organische stof. (2019).
9. Poeplau, C. Estimating root: shoot ratio and soil carbon inputs in temperate grasslands with the RothC model. Plant Soil 407, 293–305 (2016).
10. Kengetallen organische stof, Handboek Bodem en Bemesting, geraadpleegd: 2022. Website: <https://www.handboekbodemembemesting.nl/nl/handboekbodemembemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stofbalans/Kengetallen-organische-stof.htm>.