



Literatuurstudie vegetatie onder zonnepanelen op dijken

Project Zon op dijken

Auteurs | Marcel van der Voort & Jan Rinze van der Schoot



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Literatuurstudie vegetatie onder zonnepanelen op dijken

Project Zon op dijken

Marcel van der Voort
Jan Rinze van der Schoot

Dit onderzoek is onderdeel van het TKI-Energie project "Zon op Dijken".

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Lelystad, oktober 2020

Rapport WPR-846

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/532549>

Als onderdeel van de energietransitie zijn dijken potentieel interessant voor het plaatsen van zonnepanelen. Voor de primaire functie van grasdijken als waterkerend object is een goede bodembedekking en een goede doorworteling van de dijk essentieel. Grassen zijn belangrijke componenten voor een gesloten vegetatie en voldoende doorworteling, waarbij het beheer – waaronder maaien en weiden – mede bepalend is voor het resultaat. Een beperkt aandeel kruiden is geen probleem en vanwege diepere beworteling en een grotere biodiversiteit zelfs gewenst. Door het plaatsen van zonnepanelen worden groeifactoren als licht, temperatuur en vocht beïnvloed. De meeste publicaties geven aan dat onder zonnepanelen de groei verminderd, de zode opener wordt en de beworteling afneemt. Grassoorten en kruiden reageren verschillend op deze factoren, daarmee wijzigt ook de concurrentieverhouding, en zal een andere vegetatie ontstaan. In het project 'Zon op dijken' wordt op twee locaties het effect van een aantal PV-systemen op de vegetatie onderzocht. Het plaatsen van obstakels op een dijk wordt als een risicofactor gezien, waarbij de aanleg van de systemen zelf ook schade kan veroorzaken. In het project wordt de eventuele schade door aanleg gevolgd en vervolgens wordt de bodembedekking, samenstelling en beworteling van de vegetatie onder de panelen in vergelijking met naast de panelen een aantal jaren gevolgd. Ondersteund door metingen om de verschillen te kunnen verklaren.

Trefwoorden: zonnepanelen, PV-systemen, dijken, gras

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-846

Foto omslag: Zonne-energie opstellingen op proeflocatie Ritthem (foto: TNO)

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	5
	1.1 Doel project "Zon op Dijken"	5
	1.2 Afbakening	5
2	Vegetatie op dijken	6
	2.1 Algemeen	6
	2.2 Vegetatie in relatie tot dijkveiligheid	6
	2.3 Soorten vegetatie op dijken	7
3	Het effect van PV-systemen op de grasvegetatie	8
	3.1 Algemeen	8
	3.2 Licht	8
	3.3 Temperatuur; lucht en bodem	9
	3.4 Vochthuishouding	9
	3.5 Overige effecten	10
	3.5.1 Aanleg, onderhoud en beheer	10
	3.5.2 Biodiversiteit	10
4	Onderzoeksvragen	11
	4.1 Onderzoeksaanpak project Zon op Dijken (concept)	11
	4.1.1 Voorbereidingsfase	11
	4.1.2 Aanlegfase	12
	4.1.3 Beheerfase	12
	4.1.4 Metingen en analyses	12
	Literatuur	13
	Bijlage 1 Visueel bepalen van de graskwaliteit	14
	Bijlage 2 Beoordelen van uitgestoken plag	15

Samenvatting

Als onderdeel van de energietransitie zijn dijken potentieel interessant voor het plaatsen van zonnepanelen. Uit een verkenning van STOWA blijkt een 75.000 hectare potentieel beschikbaar voor zonne-energie. De primaire functie van een dijk is waterkering en hiermee veiligheid. In de verkenning van STOWA resteert bijna 1.500 hectare dijkvlak. Dit na beoordeling van dijken en dijkvlakken die minder kritisch zijn voor de veiligheid. Het Zon op Dijken project onderzoekt onder welke omstandigheden PV-systemen kunnen worden geplaatst op dijken. Dit zonder de functie veiligheid en andere functies van de dijken in het geding te laten komen.

Voor de primaire functie van grasdijken als waterkerend object is een goede bodembedekking en een goede doorworteling van de dijk essentieel. Grassen zijn belangrijke componenten voor een gesloten vegetatie en voldoende doorworteling, waarbij het beheer – waaronder maaien en weiden – mede bepalend is voor het resultaat. Een beperkt aandeel kruiden is geen probleem. Dit is vanwege de diepere beworteling en een grotere biodiversiteit zelfs gewenst. Door het plaatsen van zonnepanelen worden groeifactoren als licht, temperatuur en vocht beïnvloed.

Het doel van deze verkennende literatuurstudie is om vooraf zoveel mogelijk de effecten op de grasbekleding van de dijk door plaatsing van zonnepanelen in beeld te brengen. De meeste publicaties geven aan dat onder zonnepanelen de groei verminderd, de zode opener wordt en de beworteling afneemt. Grassoorten en kruiden reageren verschillend op deze factoren, daarmee wijzigt ook de concurrentieverhouding, en zal een andere mix in de vegetatie ontstaan.

In het project 'Zon op dijken' wordt op twee locaties het effect van een aantal PV-systemen op de vegetatie onderzocht. Het plaatsen van obstakels op een dijk wordt als een risicofactor gezien, waarbij de aanleg van de systemen zelf ook schade kan veroorzaken. In het project wordt de eventuele schade door aanleg gevolgd en vervolgens wordt de bodembedekking, samenstelling en beworteling van de vegetatie onder de panelen in vergelijking met naast de panelen een aantal jaren gevolgd. Ondersteund door metingen om de verschillen te kunnen verklaren.

1 Inleiding

We staan aan de vooravond van een grootschalige uitrol van hernieuwbare energiebronnen zoals wind en zon. Daarbij wordt doorgaans uitgegaan van 66% energie uit wind en 33% energie uit zon. Het klimaatakkoord voorziet 21 GWp (GigaWatt piekvermogen) aan PV (photovoltaïc zonne-energie) capaciteit op land tegen 2030. Dat is zevenmaal het huidige vermogen aan PV-installaties in Nederland. Het gebruik van landbouwgrond voor het plaatsen van zonneparken ligt voor de hand, maar Nederland wil landbouwgrond en natuurgebieden maximaal ontzien. Het klimaatakkoord benadrukt daarom ook dat bijzondere inspanningen nodig zijn om PV-installaties maximaal te integreren met (bestaande) gebouwen en infrastructuur.

Dat was de aanleiding voor Rijkswaterstaat en de verschillende lokale Waterschappen in Nederland om te onderzoeken hoe de dijken kunnen worden benut voor de opwekking van hernieuwbare energie. Nederland heeft ongeveer 17.000 kilometer dijken en een voorstudie heeft uitgewezen dat deze dijken een potentieel bieden van 11 GWp aan PV systemen zonder dat dit ten koste hoeft te gaan van landbouwgrond of natuurgebieden.

1.1 Doel project “Zon op Dijken”

Het doel van het project is te onderzoeken onder welke omstandigheden PV-systemen kunnen worden geplaatst op dijken. De dijken beschermen Nederland sinds jaar en dag tegen het water. Daarmee is de primaire functie van dijken het keren van water. Er bestaan verschillende types dijken in Nederland, waar het belangrijkste onderscheid gemaakt kan worden tussen primaire en regionale keringen. Elke dijk in Nederland heeft een veiligheidsnormering, afhankelijk van de functie van de dijk.

Een eerste inschatting door experts van Rijkswaterstaat en de Waterschappen heeft uitgewezen dat de klassieke zonneparksystemen niet voldoen, omdat zij erosievorming in de hand werken hetgeen de veiligheid van de dijk in gevaar brengt. Naast het aspect veiligheid speelt tevens de landschappelijke inpassing een belangrijke rol, alsmede de impact van de PV-systemen op de biodiversiteit van de dijk. Sommige dijken vervullen momenteel verschillende functies. In dit onderzoek wordt bekeken of er nog een functie aan toe kan worden gevoegd: namelijk de productie van zonne-energie.

Het doel van dit onderzoek is het in beeld brengen of en hoe de PV-systemen moeten worden aangepast om aan deze bovengenoemde eisen tegemoet te komen. Dit wordt uitgetest in een tweetal proeftuinen op 2 verschillende dijklocaties die door de Waterschappen ter beschikking worden gesteld.

1.2 Afbakening

In deze literatuurstudie wordt ingegaan op de functie van grasbekleding op dijken, wat de samenstelling van de grasmat is of mag zijn. En wat de consequenties kunnen zijn van het plaatsen van PV-systemen op dijken voor de vegetatie. Een belangrijke kanttekening bij de effecten is de referentie waar mee een vergelijking wordt gemaakt. In dit onderzoek is de huidige situatie op het dijklichaam het uitgangspunt. Er wordt niet ingegaan op verschil in functies van een dijk. Tevens wordt ingegaan op wat en hoe je zou kunnen meten om de effecten van het plaatsen zonnepanelen in beeld te krijgen.

2 Vegetatie op dijken

2.1 Algemeen

Vanuit dijkbeheer is gras één van de soorten bekledingen die voor dijken worden gebruikt. Er zijn meer soorten bekledingen met elke een eigen eisen- en functiepakket. Onder grasbekleding wordt niet alleen gras verstaan, maar kunnen naast verschillende soorten grassen ook kruidachtige gewassen voorkomen. Houtige gewassen en ruigtekruiden (bramen, brandnetel, etc.) zijn niet gewenst. Bij gras als dijkbekleding wordt een tweedeling gemaakt naar bovengrondse en ondergrondse deel van het grasland. Grasland wordt over het algemeen toegepast op een klei-deklaag. Deze kleilaag is weer opgesplitst in twee delen, namelijk de bovenlaag welke is doorwortelt en een onderlaag.

2.2 Vegetatie in relatie tot dijkveiligheid

De grasvegetatie als dijkbekleding heeft een veiligheidsfunctie. Voor grasvegetatie worden zes verschillende faalmechanismen benoemd (VtV, 2007). Deze zes faalmechanismen kunnen afzonderlijk of in combinatie kunnen leiden tot het bloot komen liggen van de kern van de dijk. Wat uiteraard onwenselijk is. De faalmechanismen:

1. het wegspoelen van afzonderlijke gronddeeltjes en kleine brokken tussen de wortels uit. Als dit leidt tot geleidelijke, min of meer gelijkmatige, erosie over een groot oppervlak, dan wordt dit meestal niet als schade ervaren. Dit mechanisme kan echter ook tot zodanige grondverplaatsingen leiden dat het deklaagoppervlak oneffen wordt of de vegetatie wordt verstoord;
2. het plotseling uitspoelen van grotere brokken (tot tweemaal vuistgrootte) ten gevolge van waterdrukverschillen tussen de holten en spleten in het substraat en het buitenwater. Oneffenheden in het deklaagoppervlak bevorderen het optreden van zulke drukverschillen;
3. het door plaatselijk sterkere erosie doorbreken van de zode;
4. het opbreken of oprollen van de zode, uitgaande van een gat, door golfwerking of langsstroming;
5. erosie van alle onderlagen van de klei nadat de zode verdwenen is (reststerkte);
6. afschuiving van de grasmat langs een glijvlak door de onderlaag ten gevolge van verzadiging of grondwaterstromingen.

De eerste vier betreffen erosie van de zode die door golfklappen, golfoploop, golfoverslag en stroming wordt veroorzaakt. De vijfde betreft erosie van de onderlagen. De laatste betreft een afschuiving langs een glijvlak.

De Voorschriften Toetsen op Veiligheid van Primaire Waterkeringen (VtV) geeft een hoofdschema voor toetsing van grasbekleding. Hierin zijn de leeftijd van de grasbekleding, de locatie van de grasbekleding op de dijk en de beoordeling van faalmechanismen opgenomen, die tezamen een eindscore geven van de grasbekleding.

De VtV (2007) hanteert drie methodes/criteria voor de zodekwaliteit, namelijk beheertype, vegetatiesamenstelling en doorworteling. Bij een bepaald beheertype hoort een bepaalde zodekwaliteit. De vegetatiesamenstelling hangt sterk samen met het beheer. Bij een vegetatiebedekking van minimaal 70% wordt de graszode als goed beoordeeld. In het algemeen is te stellen dat het beheer gericht dient te zijn op het zorgen voor een gesloten graszode en voldoende doorworteling. Verder wordt per beheertype een soortenrijk weilandgras of hooilandgras mengsel nagestreefd. Voor de worteldichtheid wordt de zogenaamde 'gutmethode' gebruikt, waarbij het aantal wortels per diepte van 2,5 of 5 cm bepalend is voor de zodekwaliteit.

De beoordeling voor primaire waterkeringen is een paar jaar geleden versimpeld naar open, gesloten, fragmentarisch. Zie Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017: Toetsspoor Grasbekledingen (WBI, 2017) en Schematiseringshandleiding gras (Hoven, 2016). De beoordeling is een visuele waarneming van de openheid van de graszode, waarbij het aantal en grote van de open plekken bepalend zijn voor de score (zie bijlage 1). Bij twijfel kan aanvullend een plag worden gestoken om de doorworteling te beoordelen (bijlage 2).

2.3 Soorten vegetatie op dijken

De grasvegetatie op dijken kan variëren. Voor nieuw in te zaaien dijkvlakken worden twee zaaizaadmengsels aanbevolen, D1 (bestemd voor dijken die beweid of gehooïd worden) en D2 (voor dijken die een aantal keren per jaar worden gemaaid) (Grasgids, 2019). De keuze voor het zaaizaadmengsel hangt daarmee samen met het beheertype.

Samenstelling D1 weidemengsel (Grasgids 2019):

- 40% Engels raaigras (laat doorschietend voedertype) / *Lolium perenne*
- 25% Veldbeemdgras / *Poa pratensis*
- 15% Roodzwenkgras met fijne uitlopers / *Festuca rubra trychophylla*
- 10% Roodzwenkgras met forse uitlopers / *Festuca rubra rubra*
- 10% Witte klaver / *Trifolium repens*

Samenstelling D2 hooilandmengsel (Grasgids 2019):

- 10% Engels raaigras / *Lolium perenne*
- 30% Veldbeemdgras / *Poa pratensis*
- 60% Roodzwenkgras met fijne uitlopers / *Festuca rubra trychophylla*

Doorgaans wordt gebruikt gemaakt van een standaard dijkenmengsel dat bestaat uit een beperkt aantal snelgroeiende grassen en eventueel (bij beweiden) uit witte klaver. De laatste jaren experimenteren waterkeringbeheerders met het bijmengen van andere, ook lokaal gewonnen, soorten om de diversiteit te bevorderen. Momenteel wordt onderzoek gedaan naar andere zaadmengsels van grassen en kruiden die (sneller) leiden tot een hogere erosiebestendigheid. Dit onderzoek wordt uitgevoerd binnen de POV-Waddenzeedijken. Er zijn inmiddels zaadmengsels ontwikkeld die tussen 2019 en 2023 zullen worden gemonitord en getoetst (Van Hoven, 2019). Tevens kunnen graszoden van bestaande vegetatie als zaadbron dienen (Liebrand *et al.*, 1996).

Het beheer is doorslaggevend voor een bloemrijke dijkvegetatie, hooibeheer of extensieve beweiding.

Op bestaande dijken maken afhankelijk van de groeiomstandigheden en beheer andere soorten deel uit van het grasbestand. Uit een inventarisatie van dijken langs de Westerschelde (Frissel *et al.*, 2013) bleek in bijna 80% van de onderzochte dijkvakken het aandeel grassen meer dan 90% zijn, ofwel hooguit bijna 10% kruiden en in circa 20% lag het aandeel kruiden tussen 10 en 50%.

Uit de studie Loon-Steensma *et al.* (2017) blijkt dat bij Nederlandse waddenzeedijken het aantal soorten tussen de 3 en 16 per 25 m² ligt. Hierbij wordt wel onderscheid gemaakt naar boven-, midden- en ondertalud. Verder blijkt uit Loon-Steensma *et al.* (2017) dat de meest gevonden soorten, Engels raaigras (*Lolium perenne*), fioringras/wit struisgras (*Agrostis stolonifera*) en roodzwenkgras (*Festuca rubra*), witte klaver (*Trifolium repens*), madeliefje (*Bellis perennis*), gewone hoornbloem (*Cerastium fontanum*) en paardenbloem (*Taraxacum vulgare*) zijn. Het aandeel grassen versus kruiden is niet bepaald.

3 Het effect van PV-systemen op de grasvegetatie

3.1 Algemeen

Een veldopstelling van een PV-systeem kent twee effecten op de bodem. De verankering met de bodem en de afscherming van de bodem. Wereldwijd gezien waren in 2011 in Europa 45% en in China 82% van de geïnstalleerde PV-systemen grondgebonden. Hierdoor is het reëel te verwachten dat er een effect ontstaat in de verandering van het grondgebruik (Armstrong *et al.*, 2014).

In meerdere bronnen wordt aangehaald dat er wel inzicht is in milieukundige impact, maar dat de kennis ontbreekt met betrekking tot zonneparken en hun effect op plant en bodem (Kok, 2017; Armstrong *et al.*, 2014; Van der Zee *et al.*, 2019). In verschillende literatuur worden dezelfde effecten gemeten of beoordeeld, namelijk:

- Licht (radiation);
- Temperatuur: lucht en bodem;
- Vocht: luchtvochtigheid en bodemvocht;
- Wind (snelheid).

Deze hoofdthema's worden veelal onder de noemer microklimaat samengevoegd. Ze zijn overigens niet altijd onafhankelijk te beschouwen. Temperatuur en vocht hangen bijvoorbeeld sterk met elkaar samen. Naast de genoemde groeifactoren kan bij de aanleg van PV-systemen schade en bodemverdichting door berijdingsschade ontstaan. Hier wordt verder op in gegaan in paragraaf 3.5. In Van der Zee *et al.* (2019) wordt geconcludeerd dat er sprake is van een kennisleemte met betrekking tot bodemgezondheid en bodemleven. Kok *et al.* (2017) concluderen dan de impact van zonneparken op biodiversiteit en bodemkwaliteit negatief is. De wetenschappelijke basis hiervoor is alleen zeer beperkt.

Afhankelijk van de positie van de zonnepanelen en daarmee de verdeling van met name water en licht en daarmee meer gevarieerde groeiomstandigheden is er kans voor meer biodiversiteit. (Kok *et al.*, 2017; Linge *et al.*, 2018; Van der Zee *et al.*, 2019). De waardering van de biodiversiteit hangt sterk samen met de uitgangssituatie. Een begraasde dijk met meer dan 90% gras of een dijk met een soortenrijke vegetatie welke wordt gehooit geeft een ander referentiekader.

3.2 Licht

De mate waarin licht (radiation) onder de zonnepanelen verminderd, is sterk afhankelijk van verschillende factoren. Weselek *et al.* (2019) benoemd de zonhoogte gedurende de seizoenen, de plaats onder de zonnepanelen en de technische implementatie van de zonnepanelen als belangrijkste.

Zonder licht is geen fotosynthese en plantengroei mogelijk. De adsorptie door het chlorofyl is het grootste in het violetblauwe en rode golfbereik. Behalve het golfbereik zijn ook de lichtintensiteit (tot een verzadigingspunt) en belichtingstijd belangrijke groeifactoren (Kamp, 2006).

Bij schaduwplanten ligt het verzadigingspunt op een lager niveau. De bodembedekking van deze planten zal veelal lager zijn in vergelijking met een gesloten grasmatt. Hierdoor neemt de erosiegevoeligheid toe. Pierson *et al.* (1990) concludeert dat herhaald maaien (verwijderen bladmassa) vaker fataal was voor planten in de schaduw als onder volledig zonlicht.

In de Grasgids (Anonymous, 2019) staat een overzicht met toepassingsgebieden en eigenschappen van een aantal grassoorten, waaronder schaduwtolerantie. Van de grassoorten in de aanbevolen mengsels D1 en D2 heeft roodzwenkgras een rapportcijfer 8 voor schaduwtolerantie. Veldbeemdgras en Engels raaigras respectievelijk een waardering 5 en 4. De door Loon-Steensma *et al.* (2017) genoemde niet ingezaaide, maar wel veel voorkomende grasoort wit struisgras of fioringras (*Agrostis stolonifera*) heeft waardering 5.

Pierson *et al.* (1990) concluderen uit onderzoek met 3 lichtniveau's, volledig zon, 60% en 90% schaduw, dat planten in volledig zon meer biomassa, scheuten en bladeren produceren. Daarnaast zit tevens een

groter percentage van de totale biomassa in het wortelstelsel in vergelijking tot planten welke in de schaduw groeien. Kamp (2006) geeft op basis van een literatuurstudie aan dat lichtgebrek bij gras resulteert in onder andere minder groei, een mindere beworteling en zodedichtheid en een geringer herstellingsvermogen.

Pecháčková (1999) benoemt dat wortelstelsels hun omvang en structuur aanpassen op basis van verlaagde rood en ver-rood licht verhouding bovengronds. Het wortelgestel van *Festuca rubra* reageert sterk op de licht kwaliteit. De schaduw, in licht intensiteit en in kwaliteit, reduceert de biomassa van het gehele wortelgestel.

In Van Huylenbroeck *et al.* (2001) worden verschillende grassen beoordeeld op bovengrondse groei. Dit voor de hoogte-ontwikkeling van verschillende grassen na het maaien tot 3 cm hoogte. De studie laat zien dat grassen zich meer in hoogte ontwikkelen bij 65% schaduw na maaien. De grasbedekking was wel in alle opties minder als de 100% licht variant. Met name grassoort *Lolium perenne* L. had een slechte bedekking. *Lolium perenne* L. had wel de hoogste chlorofyl gehalte en de hoogste fotosynthese verhouding.

Van Huylenbroek *et al.* (2001) concludeert tevens dat er sterke verschillen per grassoort zijn. Hierdoor wordt de aanbeveling gedaan om bij veredeling goed te kijken naar soortspecifieke eigenschappen. Dit zou tevens een indicatie kunnen zijn dat een ander soortenmengels nodig is voor dijken en weides met zonnepanelen.

Semchenko *et al.* (2012) onderzochten de effecten van schaduw op 46 verschillende grassoorten. Hieruit kwam naar voren dat bij 50% daglicht het droge stof gehalte hoger lag ten opzichte van volledig daglicht. Past bij 10% daglicht is er een duidelijke afname in droge stof gehalte.

Op basis van deze onderzoeken blijkt dat grassen tegen schaduw kunnen. De reactie op de schaduw verschilt per grassoort. Daarnaast spelen tevens temperatuur en andere klimaatomstandigheden een rol. De schaduw heeft tevens effect op groei, beworteling en bodembedekking.

3.3 Temperatuur; lucht en bodem

Bij de temperatuur kan men onderscheid maken tussen bodemtemperatuur, omgevingstemperatuur en planttemperatuur. Grassen zijn ten aanzien van temperatuur niet bijzonder kritisch. Wel geldt een optimale temperatuur voor kieming en groei. De optimale bodemtemperatuur voor de kieming van graszaad ligt tussen de 15°C en 30°C. De optimale temperatuur voor de groei ligt voor de meeste grassen tussen de 12°C en 20°C. (Kamp *et al.*, 2006).

In een Engelse studie werd een duidelijk verschil in temperatuur waargenomen onder de PV-systemen. De temperatuurvariatie over de dag is lager onder de PV-systemen. Hiermee is de temperatuur onder de PV-systemen tussen april en september duidelijk lager overdag en hoger 's nachts (Armstrong *et al.*, 2016). Dit zou derhalve een effect op de groei van het gras/vegetatie hebben. In de Engelse studie blijkt een één tot vierkeer hogere biomassa opbrengst in de open en onbedekte situaties ten opzichte van de PV-systemen (Armstrong *et al.*, 2016). Dit betreft niet alleen de temperatuur. Wel wordt gesteld dat de bodemomstandigheden gelijk waren.

In een verkenning naar het combineren van agrarische productie onder hooggeplaatste PV-systemen blijkt er geen verschil in temperatuur en luchtvochtigheid (Marrou *et al.*, 2013). In deze studie werd wel een verschil in bodemtemperatuur gesignaleerd. De bodemtemperatuur lag lager in de afgedekte stukken. Verder blijkt dat de gewastemperatuur nauwelijks veranderd (Marrou *et al.*, 2013).

3.4 Vochthuishouding

Planten stellen eisen aan de waterhuishouding van de groeiplaats. Te weinig is niet goed en teveel ook niet. De vochtbehoefte van grassen stijgt bij hogere temperaturen en verschilt per soort. Roodzwenkgras en wit struisgras hebben bijvoorbeeld een lagere vochtbehoefte dan Engels raaigras. (Kamp *et al.*, 2006). In verkenningen naar het combineren van agrarische productie onder PV-systemen blijkt er geen verschil in temperatuur en luchtvochtigheid (Marrou *et al.*, 2013). Dit betreffen wel hooggeplaatste PV-systemen.

Er is verschil te verwachten in bodemvocht in de bovenste bodemlaag onder zonnepanelen als gevolg

van neerslagverdeling en afstroming van de panelen. Oplossingen om de neerslag vanaf de zonnepanelen te verdelen zijn beschikbaar. Linge *et al.* (2018) geeft hier enkele voorbeelden van. Een aspect wat verband houdt met de vochtthuishouding is de zoutwatertolerantie van grassen. In Stuyt *et al.* (2016) blijkt dat grasland goed bestand is tegen een hogere zoutgehalte. Wel stelt Stuyt *et al.* (2016) dat kieming van bepaalde grassoorten sterk terug liep. Dit geldt niet algemeen en in de studie wordt genoemd dat Engels raaigras minder gevoelig was voor zoutwater bij kieming. De zouttolerantie is relevant voor grasbekleding op zeedijken. Er is op basis van literatuur geen of een gering effect van hogere zoutgehaltes te verwachten.

3.5 Overige effecten

3.5.1 Aanleg, onderhoud en beheer

Naast de genoemde groeifactoren kan bij de aanleg van PV-systemen bodemverdichting en berijdingsschade ontstaan. Rond de funderingen van de constructies en panelen kan/zal hoogst waarschijnlijk na de aanleg de grasmat verdwenen of beschadigd zijn. Herstel van de grasmat zal in schaduwomstandigheden minder snel gaan.

Obstakels en overgangen van hard naar zacht zijn een risicofactor (VtV, 2007). Frissel *et al.* (2013) geeft vele voorbeelden van een mindere grondbedekking en beschadigingen. De fundering van zonnepanelen kan de erosiebestendigheid van een grasmat negatief beïnvloeden. De overgang tussen de fundering van het zonnepaneel en de grasmat is relatief zwak en vaak een aangrijpingspunt voor overslaand of overstromend water. Er zijn hiervoor oplossingen uit te werken (Linge *et al.*, 2018).

Bij obstakels groeien vaker ruigtekruiden. Het tijdig maaien van de vegetatie op deze plekken kan de kans op een open zode verkleinen.

Een te zware begrazing moet worden voorkomen. Bij obstakels is zware begrazing een groter risico. Daarnaast bestaat de kans dat schapen onder of tegen obstakels gaan liggen, wat schade aan de grasmat kan veroorzaken. Tevens kunnen loopsporen ontstaan (Frissel *et al.*, 2013).

In Linge *et al.* (2018) wordt aangegeven dat er bij 'standaard' zonnepanelen diverse relatief eenvoudige maatregelen denkbaar zijn om het gras in stand te houden: voldoende afstand tussen rijen zodat zon en regenwater de grasmat kan bereiken, glas op glas panelen die zorgen voor meer zon onder de panelen, rekken op schaaphoogte (80 cm) zodat schapen onder de rekken kunnen grazen en het gras voor een maaibalk toegankelijk is, robotiseren van het maaibeheer (elektrische infrastructuur is aanwezig om gerobotiseerd maaibeheer mogelijk te maken), een voorziening om regenwater dat op het paneel valt onder het paneel te brengen.

Verder speelt dat het maaien wordt bemoeilijkt door obstakels en dat het schouwen van de dijk is een door de zonnepanelen kan worden bemoeilijkt. Dit speelt met name als de panelen laag zijn geplaatst.

3.5.2 Biodiversiteit

In potentie zou de biodiversiteit bij het plaatsen van zonnepanelen toenemen door een grotere variatie in groeiomstandigheden, met name van licht en vocht. Beheer kan worden ingezet om de verschillen verder te versterken (Linge *et al.*, 2018). Meer of minder biodiversiteit is afhankelijk van waarmee het wordt vergeleken. Uitersten zijn een dijk met vrijwel volledig homogeen gras of een bloemrijke dijk.

Armstrong *et al.* (2016) signaleert een lagere aantal soorten onder PV-systemen. Kok *et al.* (2017) geeft aan dat bij een zonnepark in zuidopstelling ruimte is voor meer biodiversiteit.

Van der Zee *et al.* (2019) beschrijft waarnemingen van flora en fauna in zonneparken. Door verschillen in groeiomstandigheden is de kans op bijvoorbeeld meer planten en insecten groter. Een juist (maai) beheer is daarbij essentieel.

4 Onderzoeksvragen

In Linge *et al.* (2018) zijn een aantal onderzoeksvragen geformuleerd ten aanzien van de veiligheid, constructie, beheer en onderhoud van zonnepanelen op dijken. Hoe gras zich, in verband met de stevigheid en erosiegevoeligheid van de dijk, ontwikkelt onder zonnepanelen op rekken is een belangrijke onderzoeksvraag bij 'Zon op dijken'. Daarbij dient nagegaan te worden hoe gras zich zal gedragen onder panelen (minder zonlicht, minder regen en minder ventilatie). Variabelen zijn:

- Hoogteverschil rek: 80 cm (schaaphoogte zodat eronder kan worden begraasd), 30 cm waaronder robotmaaier past (ook van belang voor test windgevoeligheid);
- Type paneel: transparant (glas-glas) of gekleurd/regulier;
- De verschillende grasmengsels voor sterkte zode en ecologische waarde;
- Verschillende wateropvang en verdeelsystemen;
- Verschillende opstellingen om eisen toegankelijkheid beheer en inspectie te testen (rijen aaneengesloten, diverse maten of met groene tussenstrook).

Kok *et al.* (2017) stelt dat indien er een zonnepark op landbouwgrond wordt geplaatst, er rekening kan gehouden worden met de opstelling: op basis van de grotere negatieve impact op de bodem onder panelen, heeft een zonnepark in zuidopstelling de voorkeur boven een zonnepark in oost-west opstelling. Het beheer van de zonneparken kan zo worden ingericht, dat de bodem zo goed mogelijk ecosysteemdiensten kan leveren, door bijvoorbeeld te mulchen en geen toxische middelen te gebruiken zoals herbiciden. Er zijn ook aanwijzingen dat zonneparken te combineren zijn met andere functies, zoals een extensieve vorm van beweiding, het telen van schaduwminnende gewassen, het plaatsen van bijenkasten, of het aanleggen van groenstroken als bufferzone en schuilplek voor fauna.

4.1 Onderzoeksaanpak project Zon op Dijken (concept)

Deltares en Wageningen University & Research brengen de risico's in kaart van de voorgestelde PV-concepten. Waarbij Wageningen University & Research met name de grasbekleding beoordeeld.

Door het plaatsen van zonnepanelen krijgt de vegetatie minder licht en is er een minder goede verdeling van neerslag.

Het project kent een looptijd van 3 jaar. Het beoordelen van effecten op de grasbekleding onder PV-systemen op dijken vergt een langere tijd dan de duur van het project. Er worden derhalve onderscheidt gemaakt naar drie fasen in de ontwikkeling van de PV-systemen op dijken, namelijk de voorbereidingsfase, de aanlegfase en de beheerfase.

4.1.1 Voorbereidingsfase

De activiteiten in de voorbereidingsfase bestaan uit:

- meedenken en beoordeling PV-systemen op effecten voor de grasbekleding;
- in kaart brengen uitgangssituatie per dijkvlak.

In dit project wordt uitgegaan van de bestaande vegetatie en het huidige onderhoud. Als referentie zal het talud naast en tussen de geplaatste objecten worden genomen. Hiermee kan gemonitord worden welke verandering in de vegetatie plaats vindt onder de geplaatste panelen.

Elk type paneel wordt op één van de twee onderzoeklocaties geplaatst. De locaties verschillen in uitgangssituatie en beheer. Het talud in de Spuikom Ritthem bestaat uit meer dan 90% gras en wordt beweid met schapen. Het plantenbestand op de Knardijk is opener, met andere grassen en met meer kruiden, en wordt per jaar een aantal keren per jaar gemaaid.

4.1.2 Aanlegfase

De activiteiten in de aanlegfase betreffen:

- beoordeling van schade door de aanleg.

Een belangrijk aspect is wat er met het talud, de bodem en de vegetatie gebeurt bij plaatsing van de panelen. Verschuiving van het talud, bodemverdichting en beschadiging van de grasmat zijn mogelijke risico's welke goed in beeld moeten worden gebracht.

Het plaatsen van funderingen betekent een beschadiging van de vegetatie. Een optie is om de graszode eerst af te steken, apart te leggen en na plaatsen van de funderingen weer zo goed mogelijk terug te plaatsen.

4.1.3 Beheerfase

De voorziene activiteiten in de beheerfase zijn:

- beoordelen herstelperiode na aanleg
- beoordelen van effecten op status-quo situatie

Het schaduweffect zorgt waarschijnlijk voor minder groei, minder beworteling en zodedichtheid en een geringer herstelvermogen. De effecten zullen systeem afhankelijk zijn. Waaronder het formaat van de panelen, de hoogte boven de het talud en de afstand tussen de panelen. Er is veel variatie in typen zonnepanelen en mogelijke opstellingen. De opstelling heeft invloed op o.a. de hoeveelheid licht onder de panelen en de waterverdeling en daarmee op de groei van het gras. De variatie in typen panelen en opstellingen is in dit project beperkt en wordt met name bepaald door de aanbieders van de panelen. Het schaduweffect en het herstel na aanleg hangen sterk samen. Dit is dus tevens afhankelijk van de opstelling.

Het schouwen van de dijk onder de panelen is ook een aspect wat meenomen kan worden.

4.1.4 Metingen en analyses

In de beheerfase, na plaatsing van de pv-systemen zijn een aantal metingen en analyses voorzien. De metingen en analyses moeten meer inzicht geven in de volgende aspecten:

- bodembedekking
- samenstelling (verhouding gras/kruiden)
- beworteling ondergronds/ sterkte graszode

De volgende metingen en analyses zijn voorzien voor de periode na aanleg van de pv-installatie.

- Groei (delen oogsten; b.v. vlak voor maaibeurt of inscharen van de schapen)
- Lichtintensiteit
- Temperatuur (oppervlak en bodem)
- Neerslag
- Bodemvocht
- Bladkleur (optioneel)

De metingen en analyses bieden waarschijnlijk voldoende gegevens om de kwaliteit van de grasbekleding te bepalen en veranderingen hierin te kunnen verklaren.

Literatuur

- Anonymous, 2019. Grasgids 2019, Grassen voor sport, recreatie, berm, dijk en golfgreen. 35 pp.
- Armstrong, Alona, Waldron, Susan, Whitaker, Jeanette, Ostle, Nicholas J., 2014, Wind farm and solar park effect on plant-soil carbon cycling: uncertain impacts of changes in ground-level micro-climate, *Global Change Biology*, no. 20, p. 1699-1706
- Frissel, J.Y., en M.H.C. van Adrichem, 2013, Groene dijken langs de Westerschelde. Alterra rapport 2407.
- Hoven, A. 2016. Schematiseringshandleiding voor toetsing grasbekledingen. WTI-2017, cluster 5, Product 5.27v3
- Huylenbroeck, J.M. van, Bockstaele, E. van, 2001, Effects of shading on photosynthetic capacity and growth of turfgrass species, *International Turfgrass Society, Research Journal*, Volume 9.
- Kok, L., Eekeren, N. van, Putten, W.H. van der, Born, G.J. van den, Schouten, A.J., Rutgers, M., 2017. Zonneparken en bodemafdekking, Trade-offs of win-win bij energieopwekking en bodem functies?, Bodem nummer 4, augustus 2017
- KNMI, 2015, KNMI'14-klimaatsscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 34 pp.
- Kamp, H., Bos, E., 2006. Grasvelden. Achtergronden bij aanleg, onderhoud en beheer. IPC Groene Ruimte
- Liebrand, C.I.J.M., Sykora, K.V., 1996, Restoration of semi-natural, species-rich grasslands on river dikes after reconstruction, *Ecological Engineering*, 7: 315-326.
- Linge, J.M., Stroken, F., Valk, J., Nederlanden, H. der, 2018, Zon op dijken, Verkennend en ontwerpend onderzoek, Stowa rapport 2018/76.
- Loon-Steensma, J.M. van, Huikses, R.H.P.J., 2017, Meer biodiversiteit met brede groene dijken?, Een verkenning van de vegetatie op de waddenzeedijken, Wageningen University & Research, Rapport 2802, ISSN 1566-7197
- Pecháčková, Sylvie, 1999, Root response to above-ground light quality, Differences between rhizomatous and non-rhizomatous clones of *Festuca rubra*, *Plant Ecology*, 141, p. 67-77.
- Pierson, Elizabeth A., Mack, Richard N., Black, R. Alan, 1990, The effect of shading on photosynthesis, growth and regrowth following defoliation for *Bromus tectorum*, Washington State University, Department of Botany, *Oecologia*, 84, 534-543.
- Semchenko, Marina, Lepi, Mari, Götzenberger, Lars, Zobel, Kristjan, 2012, Positive effects of shade on plant growth: amelioration of stress or active regulation of growth rate?, *Journal of Ecology* 2012, 100, 459-466.
- Stuyt, L.C.P.M., Blom-Zandstra, M., Kselik, R.A.L., 2016. Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens, Wageningen Environmental Research, Rapport 2739, oktober 2016.
- VtV (Voorschriften Toetsen op Veiligheid van Primaire Waterkeringen), 2007, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, augustus 2007.
- WBI, 2017, Wettelijk Beoordelings instrumentarium 2017, Toetsspoor Grasbekledingen, Helpdesk Water, Deltares en Rijkswaterstaat.
- Weselek, Axel, Ehmann, Andrea, Zikeli, Sabine, Lewandowski, Iris, Schindele, Stephan, Högy, Petra, 2019, Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39: 35.
- Zee, F. van der, Bloem, J., Galama, P., Gollenbeek, L., van Os, L., Schotman, A., Vries, S. de, 2019, Zonneparken natuur en landbouw, Wageningen University & Research, rapport 2945

Online bronnen:

- <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/innovatieve-dijkconcepten/bloemrijke-sterke-dijken>
- https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/2018-12_brochure_Zonnepanelen_en_Natuur.pdf

Bijlage 1 Visueel bepalen van de graskwaliteit

Bron: Hoven, A. 2016. Schematiseringshandleiding voor toetsing grasbekledingen 1220086-003-HYE-0002, Versie 3, 24 februari 2016.

Graskwaliteit bepalen door visuele inspectie

De drie categorieën zodekwaliteit kunnen worden herkend met visuele inspectie. De inspectie omvat het schatten van de bedekking van een recentelijk gemaaid talud bij het lopen over de grasbekleding. Regelmatig, vooral als het gras hoger is dan ca. 0,1 m, moet in meer detail de dichtheid van de begroeiing aan het grondoppervlak na worden gegaan. De representatieve grootte van open plekken tussen de planten wordt hier als criterium gehanteerd voor de mate van openheid van de begroeiing. De representatieve plantafstand is het visueel globaal geschatte gemiddelde (voor een stuk van zo'n 0,3 x 0,3 m²) van de afstand tussen planten waar deze uit de grond komen. De begroeiing die karakteristiek is voor deze drie graszodecategorieën is als volgt beschreven:

- gesloten graszode: Op het oog continue grasmat gedomineerd door grasblad en met, naar globale visuele inspectie, een representatieve grootte van open plekken tussen de planten minder dan ongeveer 0,1 m, welke in niet meer dan 10 % van het oppervlak tot 0,2 m mag bedragen. Er mogen niet meer dan 2 ondiepe (minder dan 0,1 m) beschadigingen per vierkante meter van de grasmat groter dan 0,15 x 0,15 m² zijn en gemiddeld over 25 m² niet meer dan 5 van zulke beschadigingen.
- open graszode: Op het oog continue grasmat gedomineerd door grasblad en met, naar visuele inspectie, een representatieve grootte van open plekken tussen de planten minder dan ongeveer 0,1 m, welke in niet meer dan 25 % van het oppervlak tot 0,25 m mag bedragen. Er mogen niet meer dan 2 ondiepe (minder dan 0,1 m) beschadigingen per vierkante meter van de grasmat groter dan 0,15 x 0,15 m² zijn en gemiddeld over 25 m² niet meer dan 5 van zulke gaten.
- fragmentarische zode: Taludbegroeiing met meer dan 25 % van het oppervlak plantafstanden groter dan 0,25 m. Dit betreft veelal slechts individuele, losstaande planten, of pollen waartussen eventueel bodembedekkende kleinere planten die geen gesloten grasmat vormen.

Bijlage 2 Beoordelen van uitgestoken plag

*Bron: Hoven, A. 2016. Schematiseringshandleiding voor toetsing grasbekledingen
1220086-003-HYE-0002, Versie 3, 24 februari 2016.*

Graskwaliteit bepalen door steken van een plag

De kwaliteit van de wortelmat kan bij twijfel gecontroleerd worden door een plag te steken in representatieve strekkingen met dezelfde aanblik. Deze controle kan nodig zijn omdat de bovengrondse plantendelen niet altijd eenduidig de doorworteling representeren. De controle verschaft daarnaast informatie over eventuele afwijkingen in de opbouw van de zode en aard van de grond in de zode die, waar nodig geacht, genoteerd kunnen worden voor gebruik bij beheer. Er wordt met een spade een stuk zode losgesneden van ongeveer 0,25 x 0,3 m, die als plag van circa 7 à 10 cm dikte wordt opgetild, de kwalificatie van de doorworteling is als volgt:

- Dicht wortelnet (dichte zode): Het vergt enige moeite om een losgestoken zodeplag (ca. 0,25 x 0,3 m²) uiteen te trekken: zo blijft een plag van een dichte zode grotendeels intact bij losmaken van de ondergrond met een spade.
- Open wortelnet (open zode): Slechts met de nodige voorzichtigheid kan een intacte plag (ca. 0,25 x 0,3 m²) van de graszode gestoken worden met een spade (behalve als het vochtige keiige grond betreft die is verdicht bij betreden of het steken zelf).
- Fragmentarisch wortelnet (fragmentarische zode): Het is bijna niet mogelijk een intacte plag (ca. 0,25 x 0,3 m²) van het grondoppervlak te nemen (behalve als het vochtige kleiige grond betreft die is verdicht bij betreden of het steken zelf).

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-846

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
