zon op recreatiewater

studie naar de toepassing van zonne-energie op recreatiewateren

april 2019

opdrachtgevers:

Innovatie Recreatie & Ruimte

Utrechtseweg 75
3702 AA Zeist
info@recreatieenruimte.nl
0343 52 47 50

LeisureLands
duurzaam recreëren

Kermisland 110
6825 JC Arnhem
info@leisurelands.nl
026-384 88 00

opdrachtnemers:

BlueTerra Energy Experts

Jeroen Larrivee
Lunet 5
3905NW Veenendaal
jeroen.larrivee@blueterra.nl
088 520 04 00

VERHEIJDEN CONCEPTEN

Han Verheijden
Montenspark 15
4837CD Breda
han@verheijdenconcepten.nl
06 53 72 28 32

wing partner in ruimte en ontwikkeling

Frank Stroeken
Hollandseweg 7E
6706 KN Wageningen
frank@wing.nl
0317 46 52 00

met medewerking van:

Bureau Waardenburg Ecologie & Landschap

Malenthe Teunis
Varkensmarkt 9
4101 CK Culemborg
m.teunis@buwa.nl
050 820 00 18

zon op recreatiewater

studie naar de toepassing van zonne-energie op recreatiewateren

inhoud

1 inleiding 1

2 analyse 7
techniek en exploitatie zonneveld 9
gebruik en exploitatie recreatiegebied 19
ecologie 25
ruimte en beleving 31

3 ruimtelijke strategieën 35
show & tell 36
attractie 38
verhullen 40
**meekoppel kansen* 42

4 casestudie: Berendonck, Nijmegen 45
ruimtelijke analyse Berendonck 48
show&tell 53
attractie 55
verhullen 57
**meekoppelen* 59
business cases Berendonck 62

5 regio Gelderland 65

6 conclusie 69

bijlagen 77

1. inleiding

De Nederlandse energiehuishouding moet duurzamer en minder afhankelijk worden van eindige fossiele brandstoffen. In Europees verband is afgesproken om in 2020 14% van het totale energieverbruik in Nederland duurzaam in te vullen. In 2050 moet de gehele energievoorziening CO2-neutraal worden. De toepassing van wind- en zonne-energie lijken hier een dominante rol in te gaan spelen.

Wind- en zonne-energie hebben ruimtelijke consequenties. Zo is er een 'zonneladder' (zie p.2) , die als afwegingskader kan worden gebruikt. Hierin worden mogelijke locaties aangewezen in volgorde van wenselijk naar minder wenselijk. Recreatiegebieden en daarmee ook recreatieplassen maken deel uit van de ladder en staan op de derde van vier sporten. Hiermee valt het onder gevoelige locaties met een combinatie van functies die vragen om een zorgvuldige inpassing. Desondanks is de toepassing van zonne-energie op recreatiewater te overwegen. Immers:

- de vraag naar duurzame energie is groot. Waarschijnlijk is de toepassing van zonne-energie op gevoelige locaties niet te vermijden.
- zonnepanelen op water hebben een hogere energieopbrengst
- met de toepassing op water, wordt kostbaar landbouwareaal ontzien. Zonneparken leiden namelijk tot concurrentie om landbouwgrond
- er zijn mogelijk meekoppelkansen voor recreatie en natuur. Deze worden in dit onderzoek verkend.

Dit project onderzoekt of drijvende zonnepanelen op recreatiewater een alternatief kunnen zijn, en zo ja, op welke wijze.

links: deel van de Beerendonck vanuit noorden

1 NO REGRET
- daken
- parkeerplaatsen
- onbenutte bebouwde locaties
- op infrastructurele werken

2 ZORGVULDIG INPASSEN
- langs infrastructurele werken
- industriële plassen
- pauzelandschappen

3 COMBINEREN OP GEVOELIGE LOCATIES
- langs stads- of dorpsrand
- minder efficiënte landbouwgrond
- andere plassen
- buffer rondom natuurgebieden
- recreatiegebieden

4 GROOTSCHALIG ENKELVOUDIG
- productieve landbouwgrond

https://www.natuurenmilieufederaties.nl/friksbeheer/wp-content/uploads/2019/01/De-constructieve-zonneladder_NMFs.pdf

doel en opzet van het onderzoek

Nederland heeft veel water. 16% van het Nederlands landoppervlak bestaat uit zoet water. Dit water vervult meerdere functies, zoals natuur, transport, drinkwatervoorziening en recreatie. In veel gevallen zijn deze functies gemengd, zoals natuur met recreatie. De initiatiefnemer voor dit project, Stichting Innovatie Recreatie en Ruimte (STIRR), wenst te onderzoeken wat de potentie is om recreatie-water te benutten voor drijvende zonneparken.

In recreatiegebieden komen bezoekers voor ontspanning en vermaak. Landelijk is er een breed spectrum van recreatiefuncties te ontdekken zoals water voor varen, zwemmen, water(sport)activiteiten, of water dat een decor vormt voor recreatieve functies op de oevers. Energieproductie, met zonnepanelen, kan worden ervaren als een 'vreemde eend in recreatief water'. Doel van het onderzoek is het verkennen van de kansen voor acceptabele inpassing van zonnepanelen op oppervlaktewater in recreatiegebieden in Gelderland. Het onderzoek splitst zich uit in vijf belangrijke en elkaar beïnvloedende aspecten.

- *techniek en exploitatie*: wat zijn de technische eisen voor de toepassing van zonnepanelen op water?
- *recreatie en exploitatie*: wat is het effect van drijvende zonnepanelen op de beleving, reputatie en het imago van recreatiewater? Is er recreatieve meerwaarde te realiseren?
- *ecologie*: wat is het effect van drijvende zonnepanelen op de ecologie? Is er ecologische meerwaarde te realiseren?
- *ruimte en beleving*: wat zijn de ruimtelijke inpassingsstrategieën om zonnepanelen op een acceptabele manier toe te passen?
- *businesscase*: is een positieve businesscase denkbaar?

scope

Dit onderzoek doen we door middel van twee deelstudies: ten eerste een algemene en regionale verkenning van de mogelijkheden voor zonnepanelen op recreatie-water, op basis van bureauonderzoek, enkele interviews met landelijke stakeholders en met behulp van eigen expertise. Er is gekozen voor het schaalniveau van Gelderland (in plaats van Nederland) omdat op provinciale schaal de beste vergelijkbare gegevens beschikbaar zijn om een kwantitatieve inschatting te maken van het bestaande recreatiewater.
Daarnaast worden in een concrete casus de praktische kansen en beperkingen onderzocht. Dit doen we in de Berendonck, een terrein van Leisurelands te Wijchen.

Leisurelands heeft veel recreatieterreinen in bezit waarvan 30% tot 50% bestaat uit water. Deze eigenaar is zeer geïnteresseerd in mogelijkheden om energieproductie deel te laten uitmaken van deze plassen en is bovendien benieuwd of dit een bijdrage kan leveren aan de exploitatie van recreatiegebieden, zonder dat het negatieve invloed heeft op het recreatieve gebruik van deze plassen. De Berendonck is een groot gebied van 170 ha in Wijchen. Het gebied heeft een aanzienlijke variatie in recreatieve functies aan en op het water waardoor het een geschikte locatie is voor dit onderzoek.

betrokkenen

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wing, BlueTerra Energy Experts en Verheijden Concepten met medewerking van Bureau Waardenburg.

Voor partijen die regionaal en lokaal betrokken zijn bij het energievraagstuk, bij recreatiewater en bij de Berendonck in het bijzonder is op 1 februari 2019 een workshop georganiseerd. Tijdens deze workshop zijn ideeën, kansen en beperkingen besproken. Ideeën uit deze bijeenkomst hebben een doorwerking gekregen in deze rapportage.

leeswijzer

Deze rapportage kent de volgende structuur.
Hoofdstuk 2 beschrijft de analyse. Hier bespreken we algemene aspecten, aandachtspunten en ontwikkelingen die te maken hebben met, of invloed hebben op techniek, gebruik, exploitatie, ecologie en ruimtelijke inpassing van zonne-energie op recreatiewater.
In hoofdstuk 3 komen diverse ruimtelijke strategieën aan bod. Op basis van de analyse hebben we drie ruimtelijke strategieën ontwikkeld die gebruikt kunnen worden om zonnepanelen toe te passen op recreatiewater.
Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 de casestudy Berendonck beschreven. De opgedane kennis uit de voorgaande hoofdstukken passen we toe op de casus Berendonck.
Hoofdstuk 5 gaat in op de potentie voor Gelderland en Nederland.
Tot slot worden in hoofdstuk 6 de conclusies behandeld.

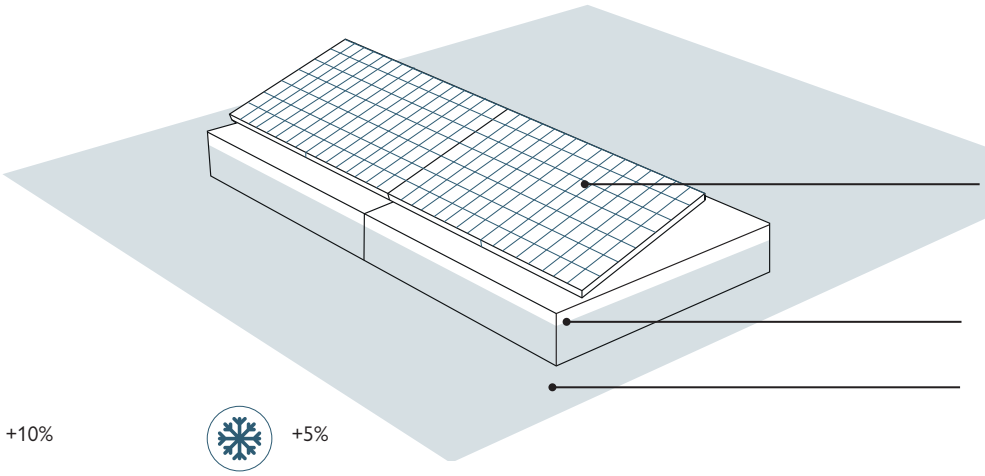
2. analyse

Als we zonnevelden op recreatiewater beschouwen, hebben we te maken met een aantal (unieke) aspecten. We onderscheiden in dit hoofdstuk de volgende aspecten. Deze zijn algemeen van toepassing.

- techniek en exploitatie
- gebruik en exploitatie recreatiegebied
- ecologie
- ruimte en beleving

links: wandelaars op het recreatiestrand van de Beerendonck

basis



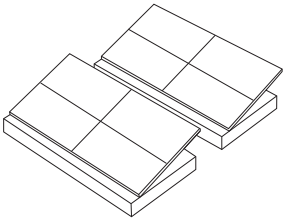
+10%

reflectie op water
enkel dubbelzijdige panelen

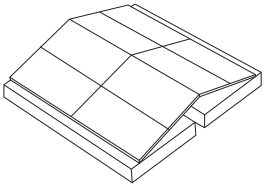
+5%

passieve koeling door water

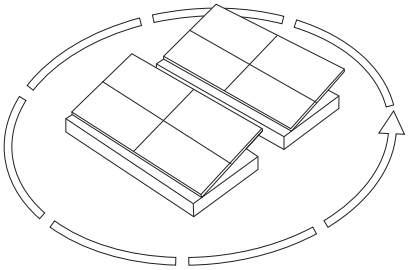
typen opstellingen



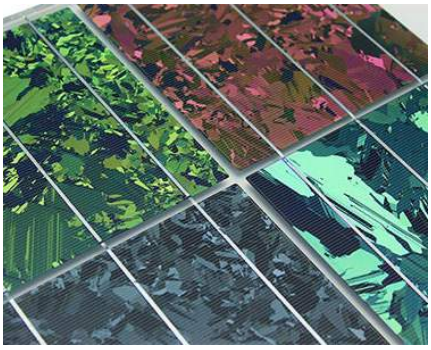
zuid-georiënteerde opstelling



oost-west georiënteerde opstelling

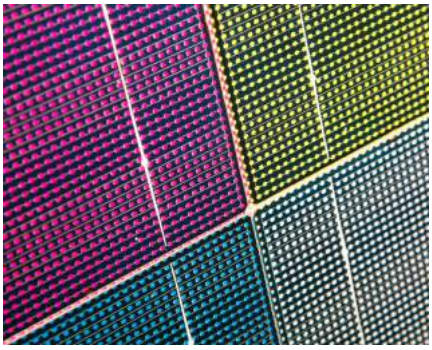


meedraaiende opstelling: +25% rendement



https://kameleonsolar.com/nl/

Solar Kromatrix



Kameleon Solar Color Blast

referentiebeelden: gekleurde zonnepanelen

techniek en exploitatie zonneveld

In dit hoofdstuk bespreken we de stand van zaken aangaande de techniek van drijvende zonnepanelen en de exploitatie van een drijvende zonneveld zonder daarbij rekening te houden met eventuele recreatieve meerwaarde.

techniek

In deze paragraaf komen de technische aspecten van zonnepanelen op water ter sprake. Het gaat hierbij om het type panelen, de drijfconstructie systemen, veiligheid, schaduw en een doorkijkje naar de toekomstige ontwikkelingen. Tot slot een SWOT-analyse van zon op water ten opzichte van zon op land.

soorten panelen

Er zijn diverse types zonnepanelen beschikbaar. Vanwege toepassing op water dient gebruik gemaakt te worden van zogenaamde 'glas-glas panelen'. Deze panelen zijn beter bestand tegen corrosie dan 'glas-folie panelen'. Binnen de glas-glas panelen is er keuze uit standaard panelen, hoogrendementspanelen inclusief tweezijdige panelen (ook wel bi-facial genoemd) en designpanelen met afwijkende maten en kleuren. Standaard panelen zijn relatief goedkoop en goed verkrijgbaar. De prijs/kwaliteit is goed, maar de keuze in afmetingen en kleuren is beperkt. Hoogrendementspanelen inclusief tweezijdige panelen zijn relatief duur. Omdat de meeropbrengst door reflectie op water onvoldoende evident is, wordt deze factor in dit rapport niet meegenomen. Wel wordt gerekend met een opbrengstverhoging van 5% vanwege het koelende effect van water.

Inmiddels is het mogelijk om zonnepanelen te verkrijgen in een scala van kleuren en patronen. Deze panelen hebben een opbrengst van 75%-90% van een standaardpaneel. De kleuren worden verkregen door een gekleurde toplaag aan te brengen. Dit kunnen vlakken kleuren zijn, maar ook patronen. Dit type panelen is pas zeer recent op de markt verschenen en er zijn slechts enkele leveranciers die deze panelen kunnen leveren. Bij de ontwikkeling van een project kan gekeken worden of hoogrendementspanelen (HR) concurrerend zijn. In de meeste gevallen ligt echter een systeem op basis van standaard panelen voor de hand.

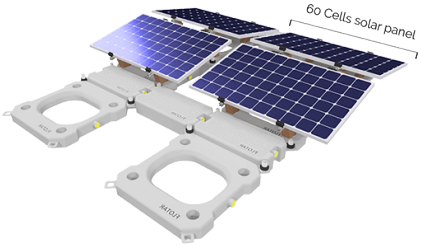
systemen drijfconstructies

De eerste Nederlandse projecten worden ontwikkeld en in het buitenlad zijn al veel projecten uitgevoerd. Op dit moment is één type montagesysteem de standaard: kunststof drijvers met daarop de zonnepanelen onder een lage hellingshoek (doorgaans 12 graden). Deze drijvers zijn lichtgrijs van kleur. De panelen worden naar het zuiden gericht, of in een oost-west opstelling geplaatst. Enkele producten zijn bankabel en verzekerbaar, maar nog niet alle montagesystemen zijn uitvoerig getest en gedemonstreerd.

Uit de inventarisatie blijkt dat er technisch gezien weinig randvoorwaarden zijn aan het water. Golfslag (in combinatie met wind) is wel een beperkende factor. Op dit moment is zon op water alleen commercieel beschikbaar voor golfslagcategorie 1, dat wil zeggen een geringe golfslag. Hieronder vallen waterzuiveringsbassins, klein binnenwater, klein recreatiewater en kleine zandwinplassen.
Er wordt al wel getest met demonstraties op groter binnenwater met golfslagcategorie 2, waar golven tot 1,5m voor kunnen komen.

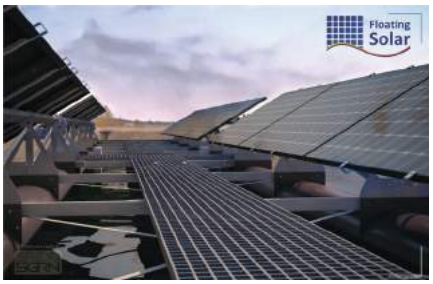
http://filmi-onlain.info/jpgspng-sunfloat.shtml

https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i17370/vlaanderen-geeft-subsidie-aan-6-nieuwe-projecten-met-drijvende-zonnepanelen



https://profloating.eu/

referentiebeelden: diverse typen drijvers



Floating Solar

referentiebeelden: opstelling drijvende zonnepanelen

Floating Solar

referentiebeelden: roterend zonneveld (overigens hier afgebeeld tijdens de bouw, in groot formaat kan een rond formaat worden bereikt)

Per fabrikant verschilt de afstand tussen de panelen en de openheid van de constructie, wat weer invloed heeft op de lichtdoorlatendheid. Het meest gebruikte systeem in de markt dekt het water bijna geheel af. Vanuit ecologisch oogpunt lijkt dit niet acceptabel.

Een nieuwe en veelbelovende innovatie zijn roterende zonnevelden. Hierbij draait het zonneveld met de zon mee door middel van een tractielier. Het veld ligt tussen drie verankerde drijvers. De panelen draaien zeer langzaam met de zon mee onder een vaste hellingshoek. Dit kost nauwelijks energie. Dergelijke constructies zijn duurder dan vaste systemen, maar leveren aanzienlijk meer op. De energieopbrengst van een roterend veld is naar schatting 25% hoger dan een veld gericht op het zuiden met een hellingshoek van 30 graden, en ruim 30% hoger dan het standaard gesloten systeem met een hellingshoek van 12 graden.

	standaard gesloten systeem op recreatiewater	*roterend systeem op recreatiewater*
hoogste rendement		x
laagste kosten	x	
minst nadelig ecologie		x

De lichtdoorlatendheid van de roterende velden is veel hoger dan van de gesloten vaste systemen. Uit de casestudy komt ook een betere business case naar voren, ondanks de hogere investering. Roterende velden lijken daarom de voorkeur te genieten voor toepassing op recreatiewater.

veiligheid

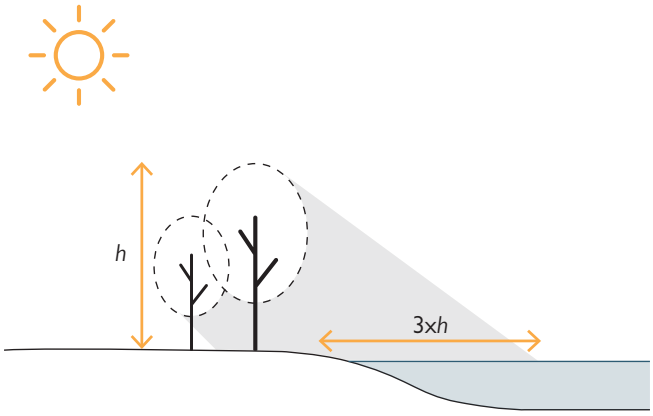
De veiligheid en verzekeringseisen hierbij hebben invloed op het uiterlijk van en de toegang tot drijvende zonneparken.

Het zonnepark zelf is veilig, de constructie, panelen en kabels kunnen veilig aangeraakt worden. Kabels mogen absoluut niet zomaar ontkoppeld worden. Dit moet dan ook ondervangen worden. Er bestaat echter wel een risico op vandalisme en ongevallen. Er is op dit moment nog geen ervaring met het beveiligen van zonneparken op recreatiewater. Dit betekent dat verzekeringen maatwerk zullen zijn, waardoor de verzekeringskosten hoger zullen uitvallen. Hoe dan ook zal een beveiligingssysteem aangelegd moeten worden, al dan niet met hekwerken en cameratoezicht.

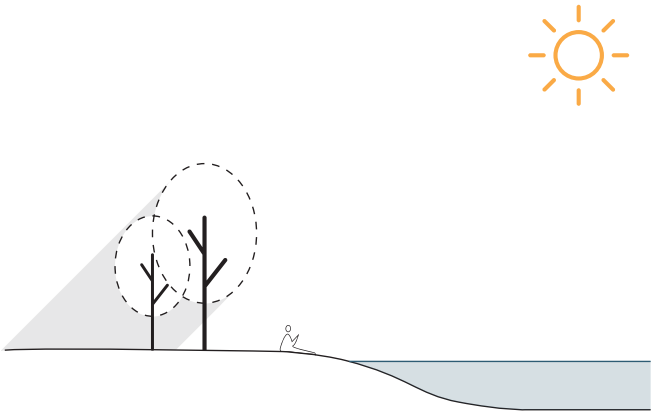
Zonder verzekering kan geen projectfinanciering worden verkregen van de bank.

De veiligheids- en verzekeringseisen hierbij hebben invloed op het uiterlijk van drijvende zonneparken. Daarbij zijn drie punten van belang voor het zonnepark.

1. Het plaatsen van een ‘hekwerk’ rond de panelen lijkt in zwem-/vaarwater noodzakelijk. Dit kan een simpel hekje zijn van maximaal 50cm hoog.
2. Het type ankersysteem. In plassen waar niet gezwommen of gevaren wordt, kan het park worden vastgezet met horizontale lijnen in het water. In plassen waar wel gezwommen of gevaren wordt, zal het park met bodemankers moeten worden vastgezet.



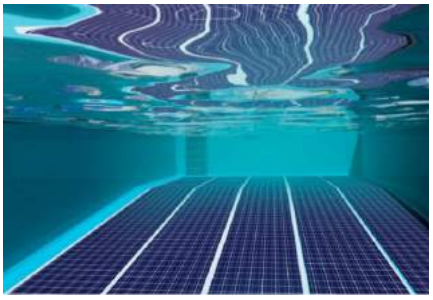
Bij begroeide oevers moet er rekening gehouden worden met de slagschaduw van die begroeiing aangezien deze een aanzienlijk effect heeft op de opbrengst van de zonnepanelen. Zuid-georiënteerde oevers hebben hier geen last van.



Plaatsing direct voor een begroeide, zuid-georiënteerde oever is technisch geen probleem, maar vanuit gebruiksperspectief onwenselijk aangezien deze zonnige oevers bij recreatieplassen meestal in gebruik zijn als strand of ligweide.

Hanergy

MiaSolé



Clot et al, 2017. Submerged PV Solar Panel for Swimming Pools: SP3

referentiebeelden: toekomstige ontwikkelingen vlnr. dunne-film panelen, dunne film-panelen en onderwater panelen

3. Tot slot de kabels. Er moet een bundel stroomkabels naar de kade. De kabels moeten in een buis (circa 20cm diameter) worden geplaatst. De buis kan onder water of óp het water via een 'paadje' naar het land getrokken worden.

zonnepanelen en schaduw

Schaduw is een belangrijk aandachtspunt bij zonnepanelen. Met name 'harde schaduw' van een boom of paal dient zoveel mogelijk voorkomen te worden. Dit soort schaduw werkt als een weerstand op het zonnepaneel, en als één paneel geremd wordt dan wordt de hele streng, soms wel 40 panelen lang, geremd. Schaduw moet dus zoveel mogelijk vermeden worden. De wintermaanden zijn echter niet echt van belang en dat geldt ook voor de vroege ochtend en late middag. De zon staat dan zo schuin op de panelen dat de opbrengst toch al minimaal is. Zolang een paneel tussen 10 uur in de ochtend en 4 uur in de middag vol in de zon ligt, is het opbrengstverlies door schaduw zeer beperkt.
Voor recreatieplassen geldt vooral dat er afstand gehouden moet worden tot bomen die aan de oost, zuid of westkant van de panelen staan. Als vuistregel kan worden aangehouden dat de afstand tot de bomen 3x de hoogte van de bomen moet zijn. Wat schaduw betreft verdient het de voorkeur om zonnepanelen aan de noordkant van een plas te leggen. Dit is echter vaak in strijd met een recreatiefunctie, want de noordkant van een plas heeft de zon op het zuiden, en wordt vaak gebruikt als strand.

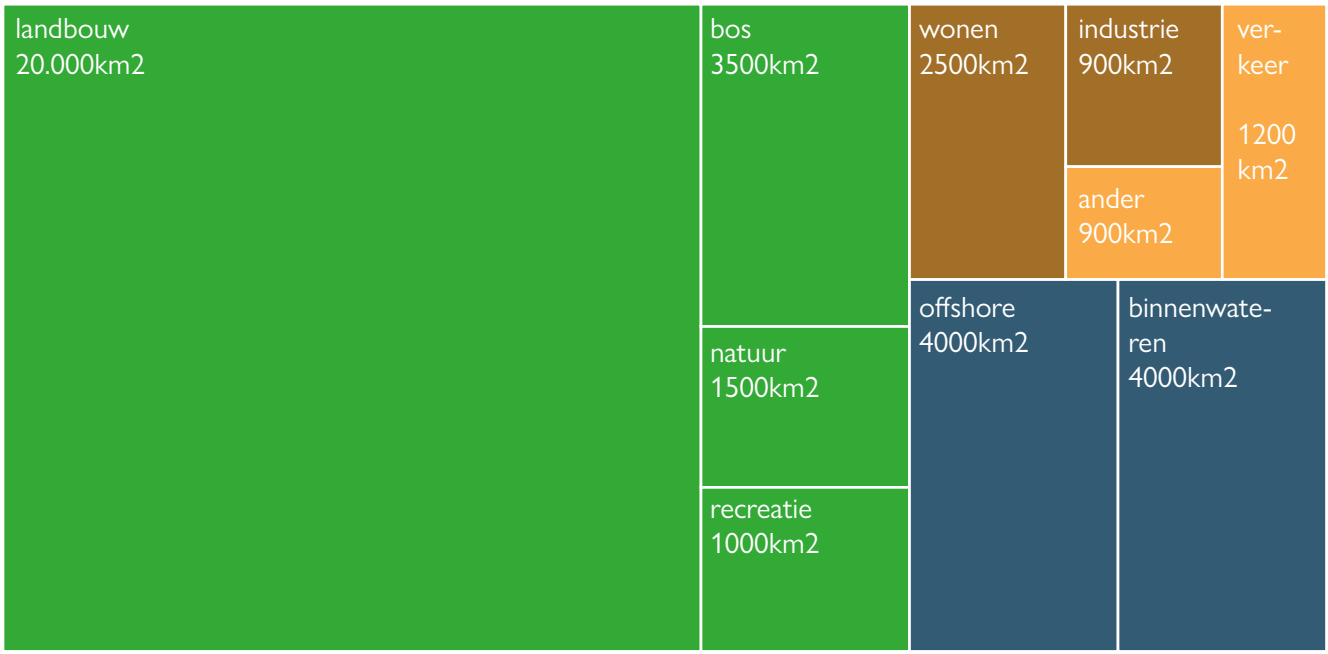
Er zijn technieken beschikbaar waarmee schaduw geen impact meer heeft op de hele streng, maar alleen op het betreffende paneel. Een voorbeeld hiervan is de power optimizer. Ook wordt er gewerkt aan technieken waarbij op cel-streng niveau wordt geoptimaliseerd.

toekomstige ontwikkelingen

Zonne-energie is continue in ontwikkeling. Twee ontwikkelingen zijn interessant om eruit te lichten.

Allereerst de ontwikkeling van drijvende 'dunne-film panelen'. Dunne filmpanelen bestaan niet uit glas, maar uit een zonnecel die gelijmd zit tussen kunststof lagen. Hiermee wordt het zonnepaneel een flexibel stuk kunststof, wat gelijmd of geïntegreerd kan worden in afdekfolies. Hiermee komen de panelen daadwerkelijk op het water te liggen, en zijn ze veel minder zichtbaar. Wel is in het kader van waterkwaliteit wenselijk dat de afdichting openingen bevat voor lichttreding. Daarnaast heeft een donkere kunststof kleur de voorkeur, dit valt veel minder op. De impact van wind en golven op dit type panelen is nog onbekend. Prototypes van enkele merken zijn al beschikbaar, maar nog niet beproefd.

Een andere ontwikkeling zijn onderwater panelen. Dit concept is nog erg experimenteel en moet nog verder worden uitgewerkt. Vooralsnog zijn de eerste inzichten positief. Een maximale diepte tot ca. 10 cm zou zelfs een hogere opbrengst geven dan een paneel boven water, vanwege de betere koeling. In zwembaden met helder water zou een diepte van 1 meter zelfs haalbaar zijn, bij buitenwater is dit eerder enkele centimeters.



Bron: Folkerts, 2018. De rol van drijvende zonneparken in de Nederlandse energietransitie

sterktes

- hogere energie opbrengst
- zonvolgende systemen zijn mogelijk

zwaktes

- impact op recreatie cq. beleving
- hogere investeringskosten
- hogere onderhoudskosten
- minder keus montage systemen in verband met ecologie

kansen

- draagvlak mogelijk hoger dan voor zon op land
- ontzien landbouwgrond
- subsidie voor zonvolgende systemen

bedreigingen

- uitdagende bussinesscase
- weinig ruimte (in businesscase) voor verfraaiing
- complexer vergunningstraject
- meekoppelkansen natuur onzeker

SWOT zonne-energie op water versus zonne-energie op land

Een overzicht van de verschillende type panelen is weergegeven in onderstaande tabel.

	standaard panelen glas-glas	*HR-panelen*	*gekleurde panelen*	*onder water panelen*
hoogste rendement		x		
laagste kosten	x			
beste prijs-kwaliteit	x			
ontwerp mogelijkheden			x	
minst zichtbaar				x
commercieel verkrijgbaar	x	x	(x)	

SWOT zon op recreatiewater vs. zon op landbouwgrond

Nederland is een dichtbevolkt land, waar grond schaars is. Als we de energie-transitie voort willen zetten, dan zijn zeer grote hoeveelheden extra zonne-energie noodzakelijk. De vraag is waar dit geplaatst kan worden. Als wordt gekeken naar de geografische verdeling van Nederland naar type gebruik dan ontstaat het volgende beeld. Op de Noordzee na, bestaat het grootste deel van Nederland uit landbouwgrond. Het gebruik van landbouwgrond voor zonne-energie, al is het maar voor een klein deel, stuit op maatschappelijke weerstand. Het binnenlandse water bedraagt circa 4.000km^2. Van dit oppervlak bestaat circa 1.200km^2 uit rustig binnenwater. In literatuur wordt een geschat dat 4% hiervan geschikt zou zijn voor zonne-energie. Dit komt neer op 4.800 hectare, ofwel circa 9.600 voetbalvelden.

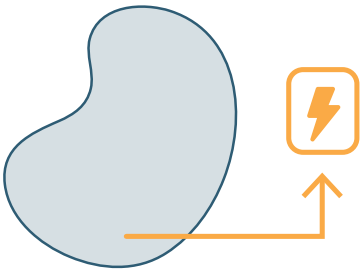
Zon-op-recreatiewater heeft diverse voor- en nadelen ten opzichte van zonneparken op landbouwgrond. Die staan weergegeven in de diagram links.

wet -en regelgeving

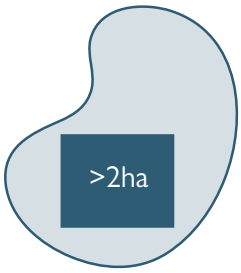
Omdat veel recreatiewateren een *recreatieve functie hebben met natuurwaarden*, zijn ecologische en recreatieve waarden in het geding bij de plaatsing van zonnepanelen. De wetgeving waaraan voldaan moet worden is situatieafhankelijk. In ieder geval is een omgevingsvergunning nodig. Aangezien zon-op-water een recente ontwikkeling is zal dit zeker niet altijd binnen het bestemmingsplan passen. Een bestemmingsplanwijziging of vergunning voor planologisch strijdig gebruik is benodigd, tenzij voldoende kan worden onderbouwd dat er geen strijdigheid met natuur en recreatie optreedt. Hierbij moet worden aangetoond dat het systeem niet in strijd is met een goede ruimtelijke ordening. Hierin zijn onder andere zaken als flora- en faunaonderzoek, archeologische waarden, natuurlijke inpassing, maatschappelijk draagvlak, en economische uitvoerbaarheid van belang. Naast de omgevingsvergunning moet ook een watervergunning worden verkregen van het waterschap.
Er zijn diverse flankerende wetgeving die van toepassing kan zijn. Dit zou nader onderzocht moeten worden. Meer informatie over vergunningen voor zon-op-water zijn vindbaar in de uitgebreide analyse van de STOWA.*

* https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202018/STOWA%202018-XX%20Rapport%20vergunbaarheid%20omgevingsdeel%20Zon%20op%20Water%20%20def%202018-04-06.pdf

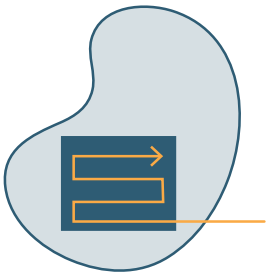
exploitatie



nabijheid middenspanningsnet dan wel onderstation zijn kostenbepalend



streven naar een zonnepark met een grootte tussen de 2 en 2.5ha (indicatief weergegeven)



toegankelijkheid voor beheer en onderhoud

exploitatie zonneveld

De business case van een zonnepark op water is complexer dan een installatie op een dak, en wordt sterk bepaald door netaansluitingskosten. Ook is de onderconstructie duurder dan op land. Omdat diverse vergunningen nodig zijn, zijn de overheadkosten van zonneparken op water groter dan op land.
De business case van zon op water is dus kwetsbaar en pas bij enige schaalgrootte haalbaar. De komende jaren blijft een productiesubsidie (SDE+) een vereiste. Verdere prijsdalingen van zonne-energie worden wel verwacht.

De prijs van de netaansluiting wordt sterk bepaald door de afstand tot een aansluitpunt. Dit kan de transformator zijn van een grootverbruiker of een koppeling met het net. Bij een koppeling met het net zijn de kosten sterk afhankelijk van de grootte van de aansluiting. Bij relatief kleine parken kan een aansluiting worden verkregen op het dichtstbijzijnde middenspanningsnet. Grotere parken moeten direct aangesloten worden op een onderstation, wat tot hoge meerkosten leidt.

De business case is dus een functie van systeemgrootte en afstand tot een netaansluitingspunt. Dit is altijd maatwerk. De afstand tot een aansluitpunt op middenspanningsnet is vaak relatief dichtbij, maar kan in sommige gevallen kilometers bedragen. Voor grotere parken komt de business case niet rond als de afstand tot een onderstation meer dan enkele kilometers bedraagt.

Gezien de schaalgrootte lijkt volledige uitbesteding aan een ontwikkelaar voor de hand te liggen, waarbij de terreineigenaar het water voor een vergoeding beschikbaar stelt. Een project zal dus moeten voldoen aan de financieringseisen van ontwikkelaars.

sterktes

beleving
- uitzicht op water kan soms worden verrijkt
- veel expliciet (zwemmen, duiken) gebruik is extensief en ondervindt geen 'last'

exploitatie
- water is vaak vrij beschikbaar ('ongebruikt', vooral kijkfunctie)
- directe koppeling tussen opwekking energie en afnemer vaak mogelijk
- voor exploitatie is veelal een ondernemer of beheerder beschikbaar

zwaktes

beleving
- recreanten kunnen zich storen aan het belemmerde uitzicht
- energievoorzieningen doen inbreuk op de natuurillusie

exploitatie
- vooral buiten het seizoen geen of weinig toezicht
- als er geen afnemer op/nabij het terrein is, is de afstand naar gebruik groot en kostbaar
- exploitatie bij of op water is vaak seizoensgevoelig en investering zijn daarom vaak niet haalbaar

kansen

beleving
- water heeft potentie voor vele recreatievormen
- mogelijkheid om bijzondere, aansprekende ontwerpen te maken
- zonnepanelen kunnen de reputatie van een plas cq. ondernemer verbeteren

exploitatie
- de gebieden zijn vaak bekend, goed ontsloten en er is 'traffic' voor nieuw aanbod
- bestaande voorzieningen kunnen direct profiteren (kosten, reputatie) van marktontwikkeling en energiewinning

bedreigingen

beleving
- schaalvergroting en rationalisatie van zonne-energie kan beleving schaden
- burgerverzet tegen parken kan attractiewaarde ('besmet gebied') verminderen

exploitatie
- gebruik is seizoensgebonden. Buiten seizoen dreigt gevaar van vandalisme en diefstal
- afhankelijkheid van vormgeving maakt het kwetsbaar. Als de glans eraf is, zijn de exploitaties dan nog kansrijk?
- idem voor reputatiewinst. Hoe ontwikkelt dit effect zich over jaren?

SWOT zonne-energie op water ten bate van een recreatieonderneming

gebruik en exploitatie recreatiegebied

belevingseffecten zonnepanelen verschillen per doelgroep

De vraag welke effecten zonnepanelen hebben op de recreatieve beleving van de gebruikers valt niet eenduidig te beantwoorden. De bezoekers van recreatieplassen variëren sterk. Er zijn strand- en oeverrecreanten (zoals zwemmers, zonnebaders e.a.), kleine watersporters (waterskiers, duikers etc.) en 'gewone' openluchtrecreanten (wandelaars, fietsers e.a.). Daarnaast zijn recreatieplassen vaak ook vestigingsplaatsen voor meer accommodatie-gebonden formules, zoals wellnessbedrijven, uitgaansbedrijven (strandpaviljoens, disco, casino, bowling etc.), attracties (speelparken, waterspeeltuinen, attracties) en verblijfsaccommodaties (campings, groepsverblijven, bungalows, hotels). Al deze groepen hebben hun eigen behoefte, motieven en keuzeprocessen.

betekenis zonnepanelen hangt samen met het gebruiksbelang

Drie factoren kunnen de verschillen in waardering en attitude verklaren:

1. Het keuzemotief voor de locatie
   Voor veel recreatievormen (bijv. fitness, zonnebaden) wordt de locatiekeuze bepaald door gemak. Dichtbij huis is dan een belangrijk keuzecriterium. Bij zwemmen, hengelen, fietsen, golfen) zal de bezoeker dus de meest dichtbije recreatieplas kiezen, waarschijnlijk ongeacht geplaatste zonnepanelen. Andere vrijetijdsbesteding kenmerkt zich juist door de behoefte aan dwalen en flaneren (bijv. bij uitgaan). Zolang er voldoende keuze blijft tussen verschillende terrassen, eettentjes etc. zal ook deze recreatieve bezoeker niet snel afhaken bij de komst van zonnepanelen. Voor de specifieke locatiegerichte recreant vormt de beleving van de omgeving de kern van zijn bezoekmotief (bijvoorbeeld cultuurtoerisme, alpinisme etc.). Afstand of reistijd spelen bij de keuze van de bestemming een ondergeschikte rol. Als bijvoorbeeld het uitzicht of de ecologische waarde en diversiteit vermindert, zal deze doelgroep snel afhaken;

2. Het gebruikseffect van de panelen op de beleving
   Zolang het feitelijke gebruik van de recreatieplas c.a. niet al te veel wordt belast, zullen zonnepanelen voor de meeste, regionale bezoekers niet zoveel effect sorteren. Als de primaire ervaring (bijvoorbeeld veiligheid of recreatieruimte) wordt aangetast, zullen gebruikers kunnen gaan afhaken. Indien zonnepanelen de gebruiksmogelijkheden kunnen bevorderen (bijv. meer beleving of meer capaciteit), zal dat het bezoek stimuleren.

3. De algemene perceptie van zonnepanelen
   De reactie van de recreant op de plaatsing van zonnepanelen hangt ook af van de perceptie. Als er een trend is van groeiende ergernis over windmolens, zonneparken e.d. zal de plaatsing van zonnepanelen (in welk design ook) direct veel weerstand ondervinden. Bij een groeiend besef dat schone energie noodzakelijk is, kan de reactie ombuigen naar positief. Plannen voor bijv. windparken op het IJsselmeer of aan de Noordzee leren dat recreanten op voorhand negatief reageren, maar de beleving valt –mede door gewenning en de maatschappelijke discussie- in praktijk mee en kan zelfs als heel positief worden ervaren. Zo is het Deense eiland Samsø dankzij windenergie fossielvrij en inmiddels een attractie op zichzelf.

referentiebeelden: verschillende doelgroepen

attitudes recreanten op basis van perceptie

De perceptie is dynamisch en valt moeilijk te voorspellen. Deze verschilt ook per ideologie et cetera. Met die relativering staan hieronder, op basis van het 'recreatie leefstijl model' (SmartAgent), de meest waarschijnlijke attitudes per doelgroep in de Berendonck. De tabel is tot stand gekomen met behulp van de expertise van ZKA Leisureconsultants.

doelgroep	*dominate leefstijl*	*dominate attitude panelen*
strandrecreatie	geel, lyme en groen	kritisch
watersport (skiën, kanoën)	geel en paars	licht positief
duiksport	paars	licht positief
golfsport	blauw	kritisch
hengelsport	groen	kritisch
wellness	blauw en paars	licht positief
natuurwandelen en -fietsen	aqua	kritisch

directe gebruikers (watergebonden)

- Strandrecreanten: zij komen meestal van dichtbij en zoeken vooral een comfortabele plek voor zonnebaden, zwemmen en spelen in het water. De waarde-perceptie van zonnepanelen is in de huidige context wellicht kritisch, maar zolang het water schoon is en de sfeer veilig, zullen ze niet snel een strand verder weg kiezen.
- Waterskiers: zij komen uit een grotere regio, maar hebben niet veel alternatieven. De plas is er voor het uitoefenen van hun sport. Het uitzicht op een zonnepark is geen voordeel, maar zolang het de gebruikskwaliteit van de skibaan niet hindert of zelfs iets verbetert, is het bezoek waarschijnlijk stabiel. Deze groep staat meer open voor innovaties dan strandrecreanten.
- Hengelaars: De plas is voor hen primair een locatie of bron voor het vangen van vis, liefst in diverse soorten. Hun belangrijkste motief is een gemakkelijk bereikbare plek (niet te ver van huis) met een vrije uitwerpruimte voor hun hengels (van 50-100m). Zolang de panelen die werpafstand niet in de weg zitten en de biodiversiteit onder water eerder bevorderen dan verkleinen, is hun gebruik veiliggesteld. De (kritische) waarde-perceptie zal waarschijnlijk een kleine rol spelen.
- Kleine watersporters: Surfers, kanoërs, suppers etc. komen meestal uit de regio. De panelen kunnen vooral de surfers in de weg zitten (hoewel deze geen wind afvangen!), voor de anderen kunnen deze ook een 'avontuur' (lagunes, eilandjes) in de plas creëren. Er is jegens de panelen een licht positieve houding te verwachten.
- Duikers: zij willen kunnen oefenen, liefst met zichtbare flora, fauna en eventueel relicten op de bodem van de plas. Zolang dat veilig kan en zij hun 'home' hebben, is het OK. Als de panelen biodiversiteit kunnen bevorderen, is de waarde-perceptie waarschijnlijk positief.

indirecte gebruikers (niet water-, maar locatiegebonden)

- Wellness: zij komen vaak van buiten de regio (meer keuze) en zijn kritisch op de locatie: fraai uitzicht, pure 'natuurlijke' ambiance e.d. Zonnepanelen kunnen deze beleving verstoren en dat kan ten koste gaan van bezoek. Duurzame energiewinning wordt wel positief gepercipieerd en zolang het zonnepark buiten zicht/verhuld is, kunnen de panelen in de smaak vallen;

referentiebeelden: waterattracties

referentiebeelden: uitgaan langs de waterrand

- Golfsport: de golfers zijn vooral bezig met hun sport/spel en de sociale contacten binnen de club. Zonnepanelen zullen eerst met argwaan worden bekeken, maar omdat deze het gebruik van de golfbaan niet echt verstoren, zal een zonnepark waarschijnlijk geen onoverkomelijk beletsel zijn;
- Wandelaars, joggers en fietsers: Zij komen meestal uit de directe regio. Een esthetisch aangelegd zonnepark is vermoedelijk een welkome afwisseling op de route. Bij de natuurrecreanten zal duurzame energie positief worden gewaardeerd, mits dit de waterfauna en –flora zichtbaar niet verstoort.

gebruikers waterfronten (land- en watergebonden)

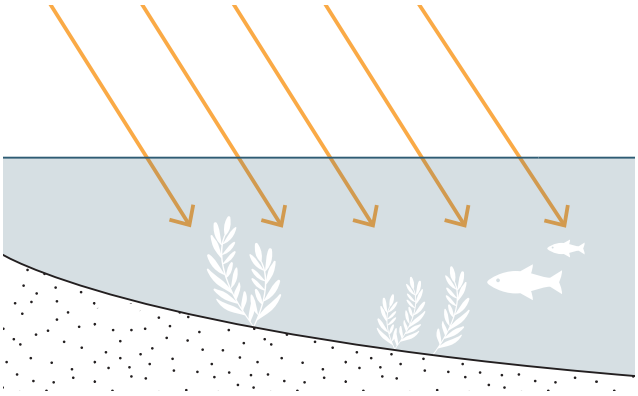
- Verblijfsrecreanten: In deze doelgroep is een locatie aan of nabij (veilig) water vaak gewild. Zij zijn zeer mobiel en voor hun vakantie of korte verblijf komen veel locaties in aanmerking. De omgeving van de plas moet echter aan veel criteria voldoen: toeristische omgeving, gevarieerde gebruiksmogelijkheden, rust, ruimte et cetera. Plassen zoals De Berendonck komen voor een vakantieresort daarom niet snel in aanmerking (geen toeristische omgeving, imago Wijchen, geluid snelweg).
- Uitgaanspubliek: Over de hele wereld bestaan er waterfronten/boulevards met horeca en entertainment. Meestal zijn deze bestemd voor een lokale/regionale markt. Ontspanning en veel keuze staan hierbij voorop en zonnepanelen spelen geen grote rol in de keuze van locaties. Waterfronten vragen kritische massa (keuze!) en maar weinig plassen (ook De Berendonck) zijn daarvoor geschikt. Uitzicht op zonnepanelen kan een ‘satisfier’ zijn als de waterkant interessanter wordt door bijvoorbeeld fonteinen, lichtshows of kunst te verbinden met het zonnepark;
- Attractieparkbezoekers: strandbaden kunnen zich ontwikkelen tot speeltuinen of zelfs themaparken. Speeltoestellen op het water, in combinatie met zonnepanelen kunnen aanslaan. Zolang de doelgroep lokaal is, blijft een mooie attractie onderscheidend. Voor themaparken is kritische massa een randvoorwaarde en daarvoor zijn de meeste plassen ongeschikt, mede gezien de openbare en vrije toegang.

exploitatie en zonering: differentieer per doelgroep

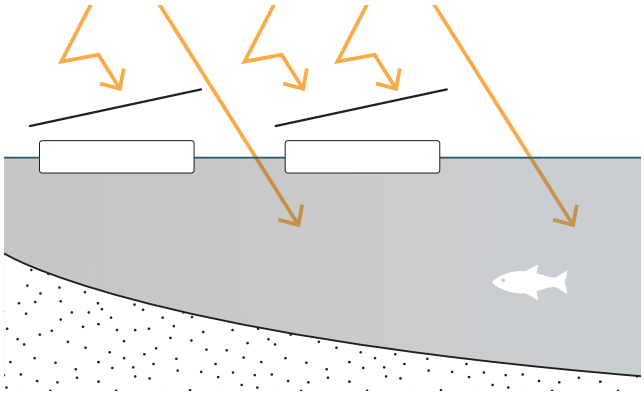
Bij de zonering kan overwogen worden rekening te houden met enerzijds de marktpositie van de recreatieplas in het keuzeproces van iedere doelgroep en anderzijds met de bijdrage van de verschillende doelgroepen aan het exploitatieresultaat. Een doelgroep, die per dag of per uur relatief veel geld besteedt en bovendien veel alternatieven kent, moet anders worden benaderd dan recreanten die meer gebonden zijn aan de plas (gemak, dichtbij) en relatief weinig besteden. De eerste groep is om economische redenen interessanter, wat niet wegneemt dat hinder voor de tweede groep voorkomen moet worden.

Bij de inrichting van de plassen moet rekening worden gehouden met zowel de basiseisen (qualifiers) van recreanten als de verlangens (satisfiers) van de verschillende doelgroepen. Deze zijn per doelgroep anders, maar ook de ruimtelijke mogelijkheden van waterplassen kunnen heel erg verschillen. Bij de plannen gaat het dus altijd om maatwerk.

ecologisch effect

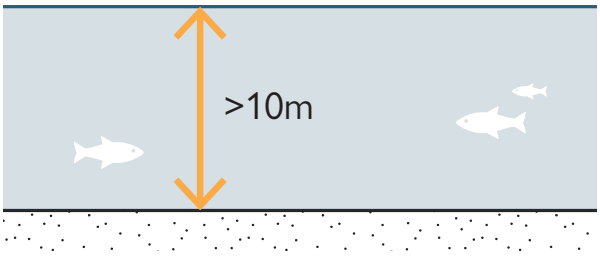


genoeg zonlicht zorgt voor een gezond, waterplanten-dominant systeem met helder water

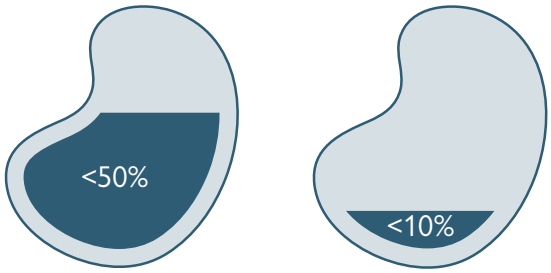


te veel beperking van het zonlicht zorgt voor een ongezond, fytoplankton dominant systeem. Diep water <10m is hier minder gevoelig voor.

mitigeren nadelige ecologische effecten



toepassen zonnepanelen op diepe delen zonder plantengroei



nooit meer dan 50% van het wateroppervlak bedekken. Vaak ligt deze grenswaarde zelfs lager. Bij een bedekking van 10% of minder zijn de nadelige effecten miniem (Deltares, 2018)

ecologie

De plaatsing van zonnepanelen op water heeft effect op de ecologie van het gebied. Dit is te verdelen in effecten op waterkwaliteit, waterflora en (onder)waterfauna. Deze impact kan negatief zijn. Indien rekening wordt gehouden met de lokale condities en zonneparken gecombineerd worden met systemen voor het scheppen van goede onderwatermilieus kan een positieve ecologische bijdrage worden gerealiseerd.

effecten op het waterleven en waterkwaliteit

Het belangrijkste effect van zonnepanelen op water is een beperking van de lichttoetreding. Bij voldoende lichttoetreding kunnen waterplanten zich op de bodem ontwikkelen, bij een beperking in de lichttoetreding gaat fytoplankton overheersen. Fytoplankton kan in het oppervlaktewater vaak nog wel genoeg licht ontvangen voor fotosynthese, terwijl waterplanten nabij de bodem te weinig licht krijgen. Fytoplankton krijgt daardoor een voordeel in groei, wat leidt tot vertroebeling van het water (in het geval van een extreme algengroei). Hierdoor kunnen waterplanten uiteindelijk helemaal kunnen verdwijnen. Het verdwijnen van waterplanten verandert ook de samenstelling van macrofauna en de visgemeenschap. De ecologische kwaliteit gaat voor al deze soortgroepen (waterplanten, macrofauna en vis) achteruit. Aangezien zonnepanelen de lichttoetreding beperken is in veel gevallen te verwachten dat de ecologische waarde van water onder zonnepanelen afneemt.

Het kantelpunt van een waterplanten-gedomineerd systeem naar een phytoplankton-gedomineerd systeem treedt vermoedelijk op bij een bedekkingsgraad van 50% of meer (Deltares, 2018*). Dit percentage kan echter (aanzienlijk) lager liggen door beperkte stroming, eutrofiëringsgraad en de locatie van de zonnepanelen. Bij een bedekking van 90% of meer wordt de lichtdoorlatendheid dermate beperkte dat ook de fytoplankton productie sterk achteruit gaat. Een bedekking van 10% of minder levert naar verwachting geen grote nadelige effecten op, vooral wanneer de zonnepanelen boven diep water wordt geplaatst (Deltares, 2018).

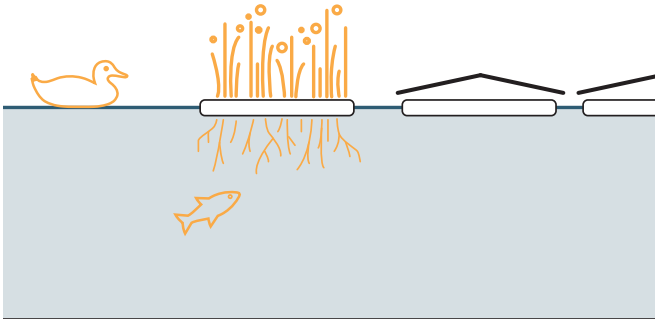
De plaatsing van zonnepanelen boven diep water (d>10m) heeft daarmee de voorkeur, omdat op deze diepte de lichttoetreding zodanig gelimiteerd is dat plantengroei veel minder relevant is. Rijk onderwaterleven vinden we doorgaans op oevers van 0 tot in ieder geval 5 meter diepte. Voor de plaatsing van zonnepanelen betekent dit dat zij, vanuit ecologisch perspectief, beter niet nabij oevers of boven ondiep water geplaatst worden. Een vergrote lichtdoorlatendheid van het systeem, door bijvoorbeeld wijdere openingen tussen de panelen, kan de nadelige effecten van de zonnepanelen deels ondervangen.

effecten op water gerelateerd leven

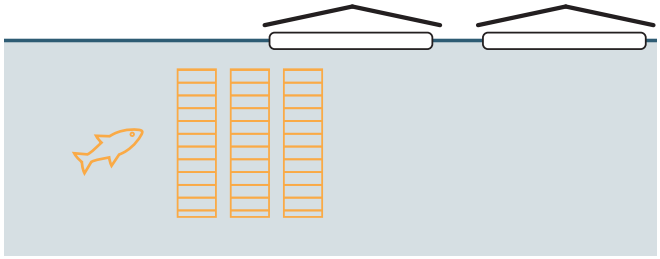
Op en om het water leven allerlei dieren die het water gebruiken voor foerageer- en rustmogelijkheden. Watervogels, bijvoorbeeld, gebruiken recreatieplassen met name in het trekseizoen (voor- en najaar) als rust- en eventueel foerageergebied. Indien een plas een belangrijke functie heeft als zodanig is plaatsing van zonnepanelen niet wenselijk. Monitoring van vogels op het recreatiewater kan uitwijzen in hoeverre rekening is te houden met rust- en foerageerplekken bij de plaatsing van zonnepanelen. Uitgangspunt is de foerageer -en rustplaatsen niet, of zo min mogelijk te verstoren.

** Handreiking bij vergunningverlening PV-systemen op water - Toelichting gebruik Stroomschema's Zon op water*

ecologische meerwaarde scheppen



drijvend systeem met planten boven water



kunstmatige onderwaterstructuur

https://frogenvironmental.co.uk/biohaven-floating-wetlands/

https://kitchendecor.club/files/floating-wetlands-in-leaves.html

https://frogenvironmental.co.uk/biohaven-floating-wetlands/

referentiebeelden: drijvende eilanden (BioHaven-systems)

	drijvende eilanden zonder onderwater structuur	*drijvende eilanden met kunstmatige onderwater-structuren*	*drijvende eilanden met wortelvor-mende water- en oeverplanten*
variabele			
dekking voor vis	x	x	x
broed- en rusthabitat voor vogels (watervogels, sternachtigen, meeuwen, amfi-bieën en overige fauna)	x	x	x
waterzuivering (opname nutriënten in plan-ten en denitrificatie)			x
waterzuivering bij aangroei van mosselen		x	x
fourageerfunctie en versnelde vorming aan-groeisel (epifyton)		x	x
verbetering zuurstofhuishouding (werkt positief op habitatgeschiktheid van diverse faunagroepen)			x
schuil-, foerageer-, opgroeihabitat en moge-lijk ook eiafzet voor macrofauna en vis		x	x

Bron: Didderen & Paalvast 2015, *Ecologische aspecten van drijvend groen*

zonnepanelen en kansen voor natuurontwikkeling onder water

Door het toevoegen van kunstmatige structuren aan de onderzijde van een drijvend zonneveld kan een onderwatermilieu geschapen worden dat natuurlijke functies faciliteert. Het gaat hierbij met name om plantsystemen die drijven, of anderszins in de bovenste waterlagen gehouden worden. Zowel het wortelstelsel zelf, als de aangroei van bacteriën en epifyton op de wortelstelsels hebben een positief effect op de visstand. Zij vergroten de foerageermogelijkheden zowel direct als indirect (verbeterde voedselomstandigheden zoöplankton, macrofauna en vis). Ook bieden ze mogelijkheden voor ei-afzet, schuilplaatsen voor jonge vis en verbetering van de zuurstofcondities.

Er zijn diverse systemen en technieken beschikbaar, al zijn deze niet primair ontwikkeld in combinatie met zonne-energie. Cruciaal voor hun ecologische meerwaarde zijn het type substraat (kunstmatig/natuurlijk) en de mate van doorworteling. Drijvende structuren zonder complexe onderwaterstructuren (zoals wortelstelsels) dienen slechts als dekking, met name voor grote vissen, en zullen de visstand slechts beperkt beïnvloeden.

De toepassing van deze systemen kan een positief ecologisch effect hebben, afhankelijk van het gekozen systeem, de grootte, locatie en de gekozen doelsoort (zie tabel en figuren op pagina 26). Bij het implementeren van deze voorzieningen is het belangrijk het extra gewicht door te rekenen in het drijfvermogen van de drijvers.

meekoppel kansen

Een specifieke ontwikkeling betreft systemen die planten boven de waterlijn kunnen dragen. Ecologisch gezien voegen deze systemen afwisseling en meer oeverlengte toe in grote open wateren. De beplanting zal flora faciliteren en fauna aantrekken als foerageer, rust- en broedplaats. Voorwaarde is dat oevers in robuuste vorm (voldoende breed) worden aangelegd. Indien de wortelstelsels van de beplanting doorgroeien in het water is dit ook van ecologische waarde voor het onderwaterleven (schuil- en foerageerlocatie). Bijkomend voordeel van opgaande beplanting is dat deze het zicht op de zonnepanelen verzacht.

Met hun aantrekkingskracht voor dieren zijn de nieuwe onderwatermilieus ook van toegevoegde waarde voor duikers en snorkelaars. Er zijn al plekken waar zij gebruik maken van kunstmatige drijvende natuur. Vanwege de veiligheid van de duikers en snorkelaars kan dit alleen aan de rand van het zonnepark of er buiten, maar niet er onder.

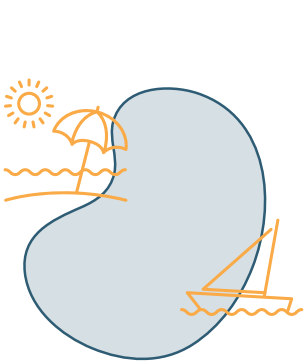
Nabij een rijke ecologische oever en bij een relatief lange oeverlijn van kleinschalig water is het niet zo interessant om vergelijkbare omstandigheden kunstmatig te creëren op de diepere delen. Bovendien is open (diep) water ook van ecologisch belang in een recreatieplas en zorgt juist de diversiteit in verschillende habitattypen voor een ecologisch veerkrachtig systeem. Factoren die bepalen of gecreëerde onderwatermilieus al dan niet iets toevoegen zijn in ieder geval de nabijheid van oevers, de rijkdom ervan, de waterkwaliteit en de aanwezige waterdiepten.

systemen en innovatie

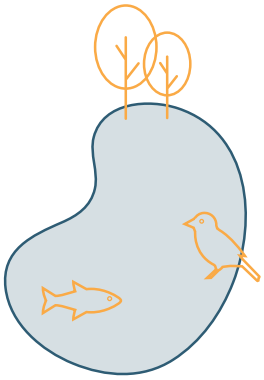
Voor zover bekend zijn er nog geen drijvende groensystemen ontwikkeld specifiek voor de toepassing bij drijvende zonnepanelen. Verdere innovatie en ontwikkeling van systeem en substraat zijn wenselijk. Idealiter worden de volgende eigenschappen verder in samenhang ontwikkeld:

- hechtingsmogelijkheden voor organismen onder water
- doorwortelingsmogelijkheden
- natuurlijk materiaal, geen risico op vrijkomen van kunststof in het water
- drijfkracht. Idealiter zit er drijfvermogen in de (natuurlijke) substraten, zodat ze zelfstandig drijven en niet afhankelijk zijn van extra (kunststof) drijvers. Houdt wel rekening met toenemend gewicht door aanhechting van organismen.

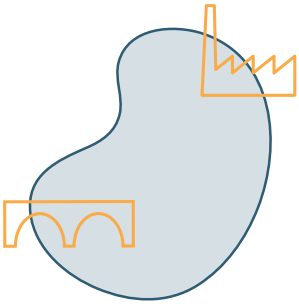
bepalende factoren locatiebepaling



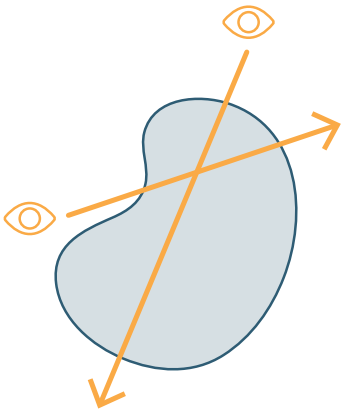
positie en reikwijdte doelgroepen



natuurwaarden

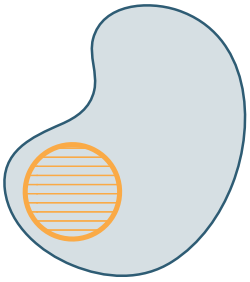


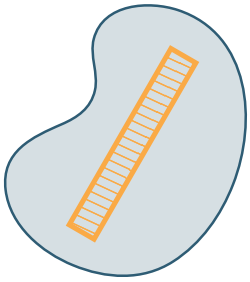
erfgoedwaarden

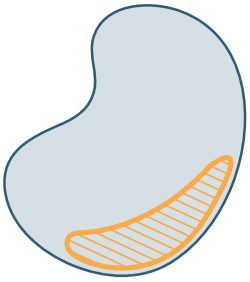


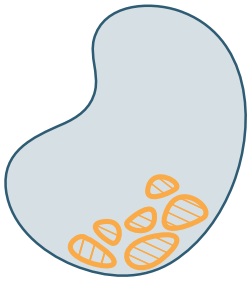
zichtlijnen

opstellingen

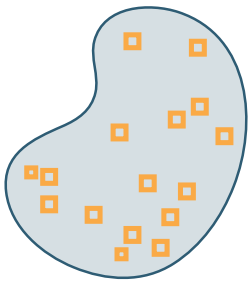




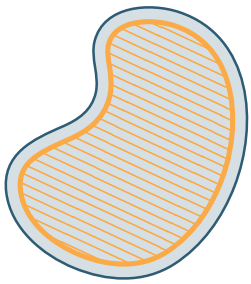




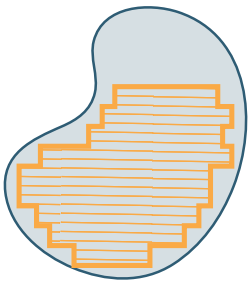
wenselijke/ geschikte opstellingen: zonnevelden passend in maat en schaal, ingepast naar gelang het gewenste ruimtelijke effect. Het water is altijd dominant en een rustig totaalbeeld wordt nagestreefd. Het type opstelling is plaatsingsstrategie afhankelijk en zal in dat hoofdstuk verder besproken worden. Er kan ook gekozen worden een bepaald type oever te versterken of uit te breiden. Een oever met veel inhammen kan bijvoorbeeld versterkt worden door een aantal zonne-eilanden met (brede) groene randen.



versnipperde en dominante opstelling



'slotgracht effect'



rafelranden

niet wenselijke/ongeschikte opstellingen: de zonnevelden passen niet in maat en schaal van de plas of zorgen voor een onrustig totaalbeeld. Rafelraden door verspringingen in de zonnepanelen geven een onrustig en 'onaf' beeld en zijn te mijden.

ruimte en beleving

De plaatsing van zonnepanelen op water heeft een effect op de ruimtelijke werking, uitstraling en de beleving van het water.

algemeen

Idealiter vallen de panelen zo min mogelijk op en vormen zij een organisch geheel met de omgeving. Door de techniek, vormgeving en het materiaal van de zonnepanelen en drijvers is dat echter bijzonder lastig, tenzij de panelen onder water zijn verzonken. Een drijvend zonneveld valt op: het vormt een eiland in het water en onderbreekt het continue wateroppervlak. De rechte vormgeving en het gladde materiaal contrasteren met de omgeving en trekken de aandacht. Hiermee beïnvloedt het de ruimtelijke ervaring van het water en van de oevers. Het eiland stuurt het zicht en maakt de ervaring van het wateroppervlak, de oevers, de weidsheid, en zo het totale beeld, anders.

In het volgende hoofdstuk bespreken we drie verschillende strategieën voor de toepassing van zonnepanelen op het water. Naast de strategieën zijn er een aantal algemene principes waarmee rekening gehouden moet worden.

locatie

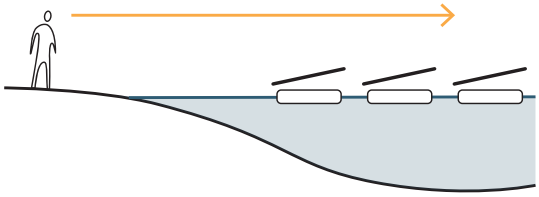
De locatie van zonnepanelen in een plas wordt door verschillende factoren beïnvloed en bepaald.

- recreatie: het type recreatie bepaalt deels of -en waar zonnepanelen geïnstalleerd kunnen worden. Zo vragen windsurfen en andere watersporten om grote oppervlakten water en maximale bewegingsvrijheid. Strandrecreatie heeft een veel kleinere actieradius, maar vindt uitzicht wellicht belangrijk. Rustzoekers waarderen stilte en onverstoorde natuur. Welnessbezoekers verwachten exclusiviteit. Afhankelijk van het type recreant en de locatie van de recreant zijn mogelijke locaties te bepalen.
- natuurwaarden en lokale ecologie bepalen of en waar zonnepanelen toegepast kunnen worden.
- cultuurhistorische en archeologische waarden zijn mogelijk van invloed op de plaatsing van zonnepanelen. Algemeen gezegd dienen zonnepanelen de ervaring van het erfgoed niet negatief te beïnvloeden.
- de ruimtelijke beleving van water en oevers wordt bepaald door de toegankelijkheid voor bezoekers en de zichtlijnen die over en op het water geboden worden vanuit de paden. Uitzichten die belangrijk zijn voor de ruimtelijke beleving (lange, diagonale zichtlijnen) horen zoveel mogelijk vrij te blijven. Of er wordt gezocht naar een nieuwe ruimtelijke beleving waar zonnevelden deel uit maken.

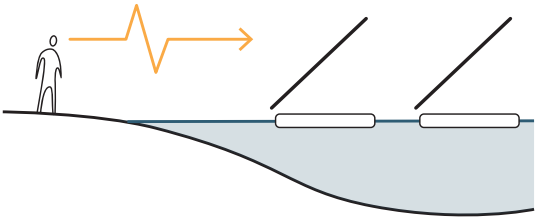
opstelling

De locatie en de wijze waarop de zonnepanelen in een plas liggen bepaalt in hoge mate de ruimtelijke beleving. Er moet naar een maat en verhouding gezocht worden die aansluit bij de maat en schaal de betreffende van plas en oevers. Algemeen genomen dient het wateroppervlak altijd dominant te zijn in het beeld. Het liefst is er zicht op een groot, aaneengesloten wateroppervlak. Het zonneveld ligt ín de vijver en dient niet het hele wateroppervlak te domineren, laat staan dat er een ‘slotgracht’ effect ontstaat van resterend water rond het zonneveld.
Daarnaast is er te streven naar een rustig, leesbaar totaalbeeld. Veel verschillende eilanden, sterk verspringende vormen (rafelranden) en concurrentie met andere objecten dienen vermeden te worden.

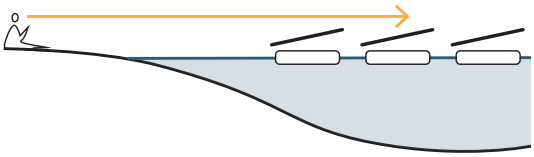
zicht

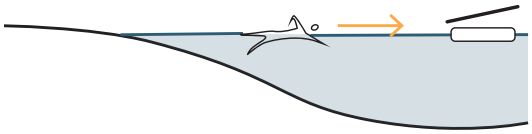


positief: zicht over de opstelling

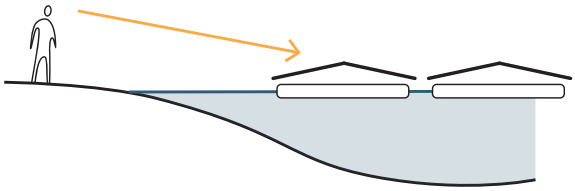


negatief: opstelling blokkeert het zicht

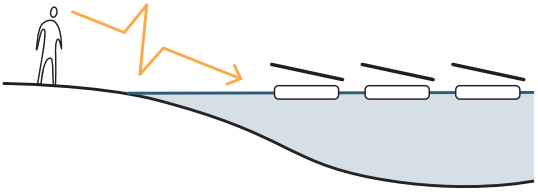




verschillende perspectieven: staan, zitten en zwemmen



positief: zicht op de voorkant van het zonnepaneel



negatief: zicht op de achterkant van het zonnepaneel

zicht

Een zo plat mogelijke constructie waar bezoeker en recreant gemakkelijk overheen kijken heeft de voorkeur. Met een platte opstelling is er zelfs een kans dat de bezoeker vanuit de hogere oever de gehele oevercontour kan blijven volgen. Dat is positief voor de ruimtelijke beleving van de plas. Uitzondering hierop is een attractieve uitwerking van het zonneveld dat juist wel mag opvallen. Beide strategieën worden verder onderzocht.

De recreant zal een zonnepark vanuit wisselende perspectieven ervaren. Behalve staand en wandelend, zal een strandrecreant ook zitten en zwemmen. De ervaring vanuit deze perspectieven is anders dan die vanuit een staande positie. Zittend is het al dan niet hebben van zicht over de panelen afhankelijk van de hoogtepositie van de recreant en de hoogte van de zonnepanelen. Zwemmend zullen de panelen altijd het blikveld beperken.

Uitzicht op de achterkant van de panelen is minder aantrekkelijk dan zicht op de voorzijde. Afhankelijk van de oriëntie van de plas, de oriëntatie van de opstelling en de positie van de recreanten is de meest voordelige opstellingsvariant te kiezen. En tweezijdige oriëntatie heeft bijvoorbeeld geen achterkant in beeld.

kleur

Lichte kleuren vallen over het algemeen erg op tegen de donkere achtergrond van het water. Drijvers en andere constructieve onderdelen hebben bij voorkeur een donkere kleur. Helaas hebben de gangbare systemen veelal licht gekleurde drijvers.

reflectie

Reflecterende elementen trekken veel aandacht en kunnen hinderlijk zijn voor bezoekers en recreanten. Glimmende en sterk spiegelende oppervlakten zijn zoveel mogelijk te vermijden. Zwarte panelen en donkere onderconstructies hebben de voorkeur.

hekwerken en installaties

Hekwerken en eventueel benodigde installaties vallen op. Indien mogelijk worden er geen hekwerken toegepast en zijn installaties zoveel mogelijk horizontaal weggewerkt. Indien vereist, is het raadzaam het geheel zo laag mogelijk te houden en kleuren toe te passen die wegvallen tegen de achtergrond (donker). De afwezigheid van hekwerken kan een positief kenmerk zijn van drijvende zonnepanelen ten opzichte van hun ingehekte broertjes op het land.
Indien een zonneveld toegankelijk wordt gemaakt, bijvoorbeeld met een vlonder, is een afscheiding waarschijnlijk wel vereist.

3. ruimtelijke strategieën

In dit hoofdstuk definiëren we drie ruimtelijke strategieën die toegepast kunnen worden bij het inpassen van zonnepanelen op recreatiewater. De te kiezen strategie is afhankelijk van de lokale omstandigheden en de wensen en eisen van de gebruikers.

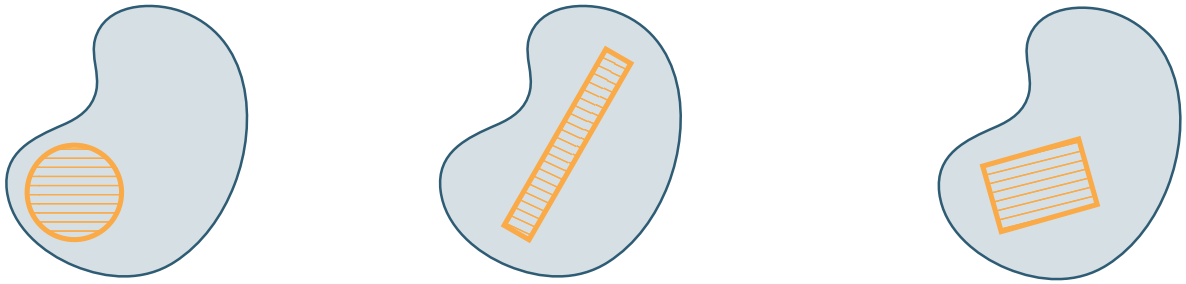
show and tell

Bij de *show-and-tell strategie* worden er geen doekjes om gewonden. Er ligt één groot zonneveld in de plas. De geometrische vorm is helder gekaderd en ligt autonoom in de plas. De vorm en materialisering contrasteren duidelijk met de omgeving en maken het veld leesbaar als een toegevoeging. Een informatiepaneel kan de bezoeker informeren.
De positie is zo gekozen dat recreanten, ecologie en erfgoed er zo min mogelijk last van hebben. Een uitdaging hierbij is om de 'harde vorm' in te passen in het gebied en het uitzicht zo aantrekkelijk mogelijk te maken.

In dit model zal de beheerder van de recreatieplas maximaal een kleine pacht-vergoeding ontvangen voor de geplaatste panelen. Zijn voordeel zit hem in de betere reputatie omdat de bezoekers delen in de trots van de bijdrage aan een betere en schonere (recreatie)wereld.

+ groot, aaneengesloten oppervlak te realiseren
+ helder, leesbaar ruimtelijk gebaar

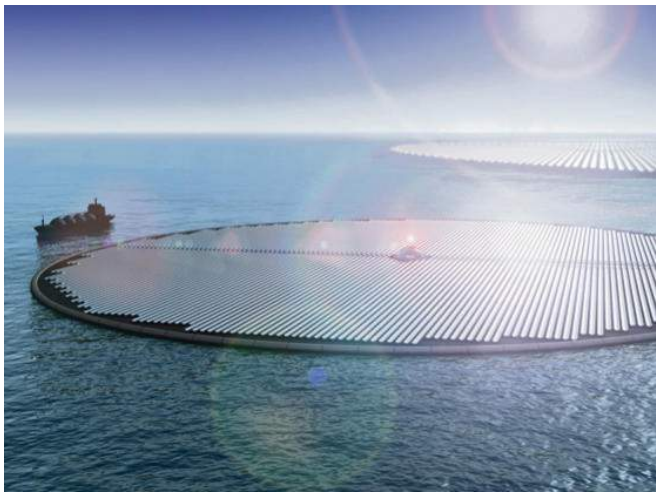
- geometrische vorm biedt beperkte flexibiliteit om in te spelen op lokale omstandigheden



https://www.lokaleenergieetalage.nl/lokale-iconen/co%C3%B6peratie-lingewaard-energie

https://www.topsimages.com/images/floating-solar-farm-cleaning-cb.html

http://www.cielterre.jp/2016/

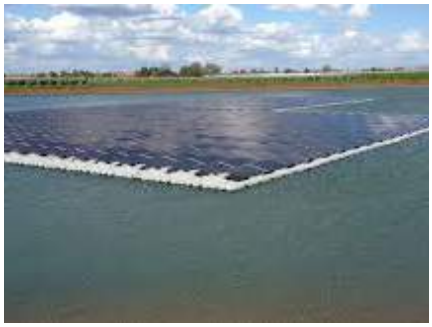


https://www.tttglobal.co.uk/blog/categories/1/future-of-clean-energy.html

https://illumination.duke-energy.com/articles/solar-takes-shape-at-walt-disney-world

http://auto.kartjanova.com/mitsubishi-electric-solar/

https://www.rtr.ch/retschertga/31cf185e-4003-47fa-8d12-66e14ec67d95/plattafurma-solara-waterlily-ha-retard



https://huismerkenergie.nl/lingestroom

attractie

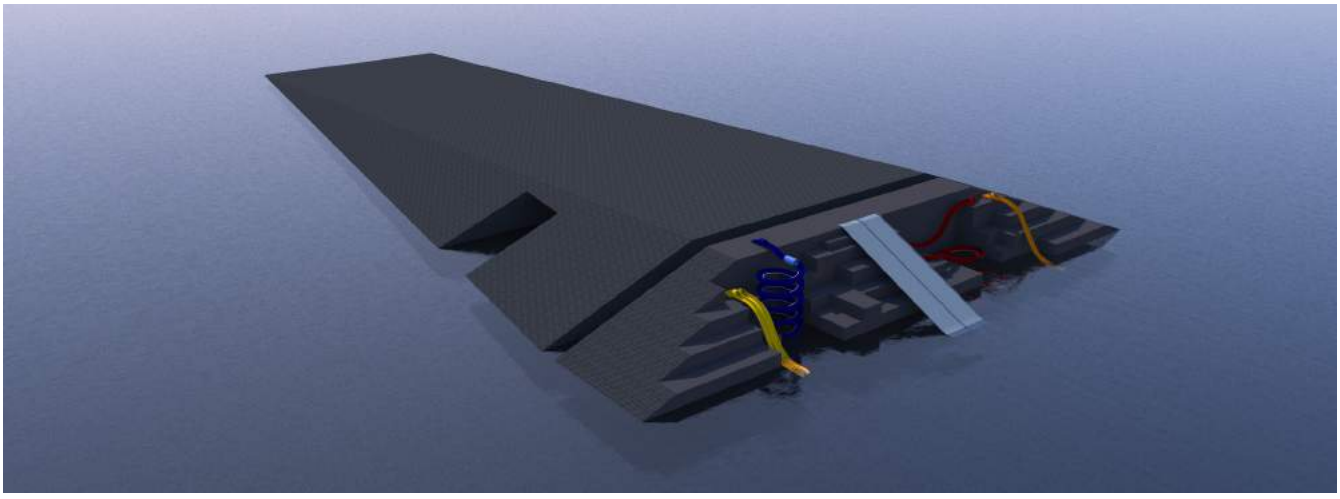
Bij de strategie *attractie* wordt het zonneveld gekoppeld aan een recreatieve attractie. Idealiter een attractie met een directe relatie tot het zonneveld zelf. De attractie is een toevoeging in het recreatieve aanbod en zal duidelijk zichtbaar zijn.

We stellen ons twee typen attracties voor:
1. een attractie die een bijzondere activiteit biedt. De recreant wordt actieve en fysieke uitdaging geboden die in relatie staat of onderdeel is van het zonneveld.
2. een attractie die vooral visueel is. Het zonneveld wordt op een dusdanige wijze vormgegeven dat het aantrekkingskracht heeft. Het is een bijzonder object dat de nieuwsgierigheid prikkelt en de recreatieplas in zijn geheel een nieuwe uitstraling geeft.

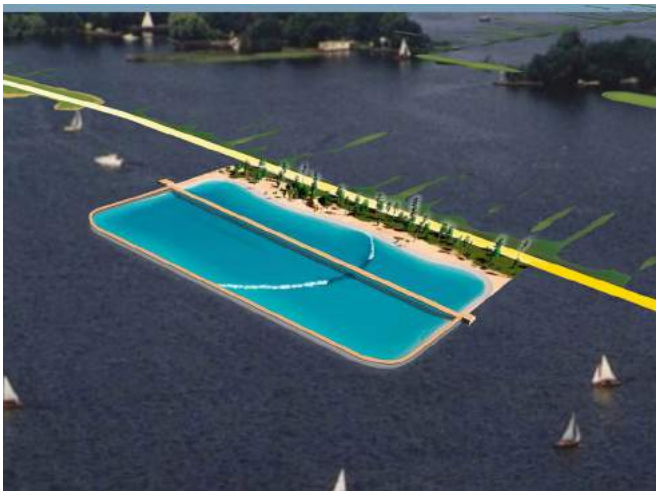
De zonnepanelen zijn in theorie bouwstenen voor attracties, zoals een speelpark of een exclusieve lodge. In praktijk stuit dat op bezwaren in de business case, omdat een attractie of lodge veel complexer (en duurder) is dan een zonnepark en bovendien per m^2 minder energie opwekt. De meeste plassen (ook de Berendonck) zijn ongeschikt voor attractieparken of resorts. Denkbaar zijn wel aanvullende, relatief kleinschalige voorzieningen met een zekere uniciteit en exclusiviteit. Dit soort voorzieningen hebben wel relatief lage recreatieve opbrengsten. De meest lucratieve is wellicht een cluster (10-20) duurzame lodges met een nichekarakter. Voor de Berendonck is de ontwikkeling van een drijvend hotel, opgebouwd uit zonnepanelen, denkbaar. De exploitatie hiervan is echter 100 procent afhankelijk van de ambities van de Thermen en dus zal de opbrengst voor de beheerder van de recreatieplas gering zijn. Een waterspeeltuin (aansluitend bij een gewone speeltuin of een horeca-terras) zou een optie kunnen zijn, maar ook hier verwachten wij maar geringe extra opbrengsten voor de recreatiebeheerder.

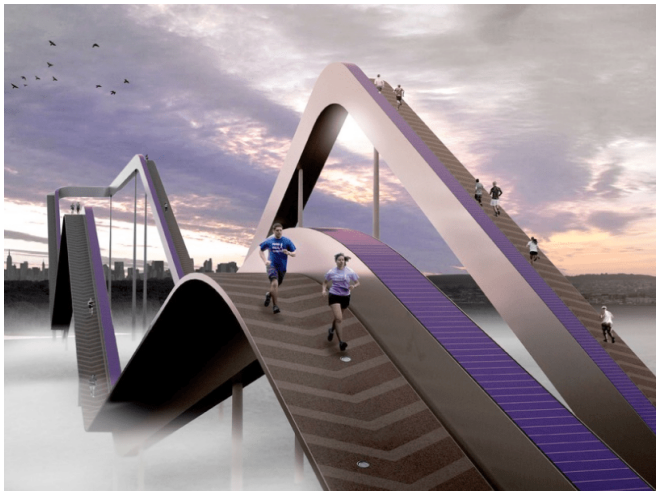
\+ helder, leesbaar ruimtelijk gebaar
\+ toevoeging recreatieve waarde
\+ diversificatie doelgroepen
\+ iconisch, naamsbekendheid
\+ testcase innovatieve vormgeving duurzame energie

\- niet realiseerbaar met standaardmaterialen en technieken
\- bussinesscase kan nooit vanuit energie worden gedragen

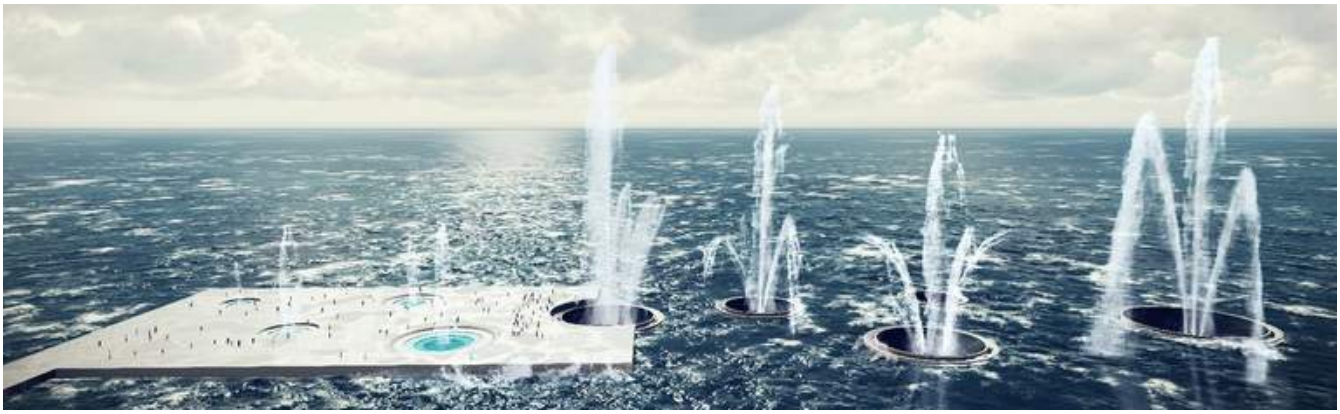


voorbeelduitwerking attractie: één groot hellend vlak van zonnepanelen vormt een markant eiland in de plas. De kop van het eiland is een klim- en klauterparadijs met verschillende glijbanen en duikplanken.





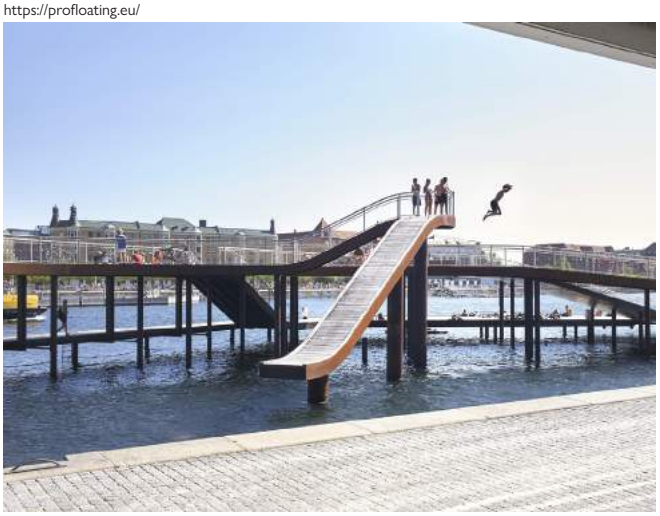
Land Art Generator Initiative



Land Art Generator Initiative

https://profloating.eu/

Land Art Generator Initiative



https://www.urbandesignmentalhealth.com/journal-5---copenhagen-and-play.html

Zonnebos Bussloo, https://www.magicinmotion.nl/portfolio/artist-impressions-en-animatie-zonne-bos-in-bussloo/

verhullen

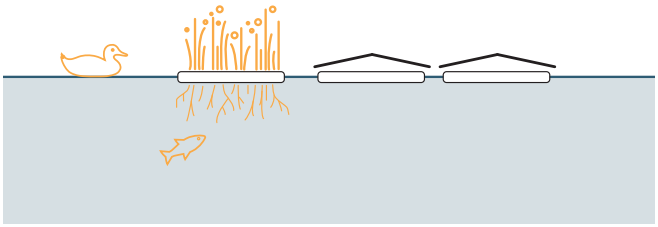
Bij de strategie *verhullen* is het streven het zonneveld zo goed en onopvallend mogelijk in de omgeving te passen. De beleving van het landschap wordt zo min mogelijk beïnvloed: het landschap ziet er natuurlijk uit, en de zonnepanelen worden opgenomen in het landschap. Er zijn enkele mogelijkheden:

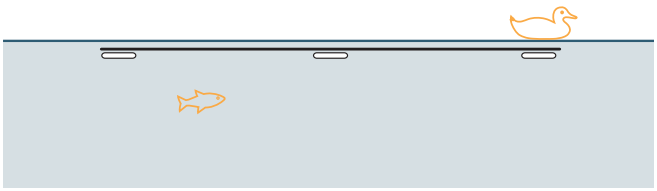
- Om de zonnepanelen te verhullen is een locatie nabij de oever noodzakelijk, een groot zonneveld verbergen midden in een plas is nauwelijks mogelijk. De oever wordt als het ware naar buiten geschoven. De randen, in ieder geval die naar het water gericht, zijn dicht beplant om de panelen aan het zicht te onttrekken. Zo wordt er als ware een nieuwe oeverlijn geschapen die de plas in zijn geheel een nieuwe vorm geeft.
- Indien het oevertype en de plas zich ervoor lenen, kunnen er ook een aantal omzoomde eilanden gemaakt worden. Deze vormen samen een eilandengroep die voortkomt uit bijvoorbeeld een ingesneden of bijzonder grillige oeververloop.
- Er kan gebruik gemaakt worden van verzonken zonnepanelen. Deze liggen net onder water en zijn daarmee nagenoeg onzichtbaar. De toepassing van dit type paneel wordt onderzocht.

Met het verhullen van de panelen zijn voor de ontwikkelaar van het zonnepark extra aanlegkosten gemoeid. Denk aan beplanting of landschappelijke inpassing. Hierdoor zal de pachtvergoeding van de ontwikkelaar aan de beheerder van de recreatieplas kleiner worden.

\+ het zonnepark heeft een kleine invloed op de beleving
\+ mogelijke ecologische meerwaarde in diep water

\- verhullen met drijvende beplanting werkt alleen bij waarnemers met een (zeer) lage positie. Hoog op een oever kijkt men over een ecologische oever heen. Dit gebeurt al snel. Bij een positie van 50cm boven waterniveau, is de ooghoogte 2m, wat een even hoge beplanting noodzakelijk maakt om een zonneveld aan het zicht te onttrekken. Met alle consequenties van dien voor beplanting en constructie. Het slagen van de strategie is daarmee sterk locatieafhankelijk.
\- techniek voor drijvende beplanting is nauwelijks doorontwikkeld
\- nabij oevers is het water ondiep en zijn de oevers begroeid. Plaatsing aldaar gaat ten koste van de biodiversiteit





http://floatingwetlandsolutions.com/gallery.php

http://filmi-onlain.info/jpgspng-sunfloat.shtml

https://www.researchgate.net/figure/A-strip-of-submerged-photovoltaic-panels_fig2_263448324

https://frogenvironmental.co.uk/biohaven-floating-wetlands/

https://frogenvironmental.co.uk/biohaven-floating-wetlands/

https://kitchendecor.club/files/floating-wetlands-in-leaves.html

* meekoppel kansen

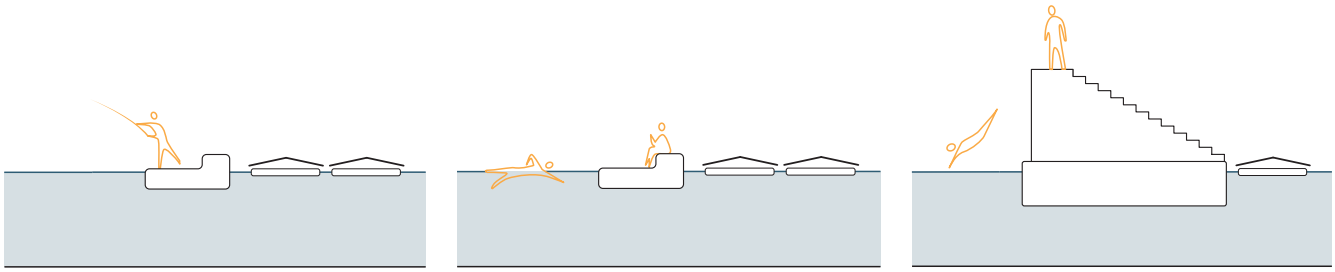
Aan het zonneveld kunnen verschillende functies ‘meegekoppeld’ worden. Dit geldt voor zowel de strategieën *show-and-tell* als *verhullen*. Het meekoppelen van functies kan recreatieve waarde toevoegen en verzachtend werken in acceptatie van een zonneveld. Hierbij valt te denken aan het toevoegen van:

- zwemvlonders
- klein paviljoen als bestemming en rustpunt bij het zwemmen
- vlonders, bijvoorbeeld om het in- en uitstappen voor waterskiërs te vergemakkelijken
- vissteiger, met behulp van steigers die van de oevers naar de zonneparken lopen, ontstaat meer uitwerpruimte voor de hengelaars en wordt de variatie vergroot
- duikplekken
- wandelvlonders door een zonneveld voor een bijzondere ervaring van het energielandschap

De opbrengsten van de recreatieve voorzieningen zullen niet stijgen, maar voorkomen wordt dat bezoekers afhaken en de plan– en besluitvorming kan soepeler verlopen. In theorie kan het zelfs toe leiden dat het maatschappelijke draagvlak zo sterk verbetert, dat de exploitant meer planologische ruimte krijgt voor nieuwe initiatieven. Dus indirect kan een zonnepark daarmee toch bijdragen aan een verbetering van de positie van het recreatiebedrijf.

\+ toevoegen recreatieve functie aan een zonneveld
\+ verzachtende werking in acceptatie zonneveld

\- kostenverhogend



http://www.dewitvisser.nl/nieuws/algemeen-nieuws/4178-rustige-start-witvisser-centerparcs-cup

https://www.flickr.com/photos/milgram/542888102/sizes/l/in/photostream/

https://www.duikersgids.nl/actueel/1287-duiken-eiland-4-gesloten

https://nl.pinterest.com/pin/430304939369975076/

http://www.nauticexpo.com/prod/candock-inc/product-22725-275817.html

4. casestudy: Berendonck, Wijchen

De Berendonck is een recreatiegebied in de gemeente Wijchen. Het gebied is ongeveer 160 hectare groot, waarvan circa 45 hectare water-oppervlak.

Het noordelijke deel is bedoeld voor waterrecreatie en het zuidelijke deel heeft meer een natuurbestemming en sluit aan op natuurreservaat Wijchense Ven. Het gebied is ontstaan door zandwinning, waardoor de waterdiepte op sommige plaatsen oploopt tot 20 meter. Het gebied kent diverse gebruikersgroepen. Wellnesscentrum Thermen (nog niet gebouwd op de foto links) is een grote stroomverbruiker.

N324
toegang auto
parkeerterreinen
toegangsweg wellness
wijk Tolhuis
dagstrand
parkachtige ligweide
waterski&outdoorcentrum
park Staddijk
golfbaan
restaurant
A73
golfbaan
wellnessresort
naturistenstrand
golfbaan
natuurgebied Wijchensche Ven

noordelijke plas: zicht op de waterskibaan

noordelijke plas: zicht over het strand

noordelijke plas: zicht op de waterskibaan en terras

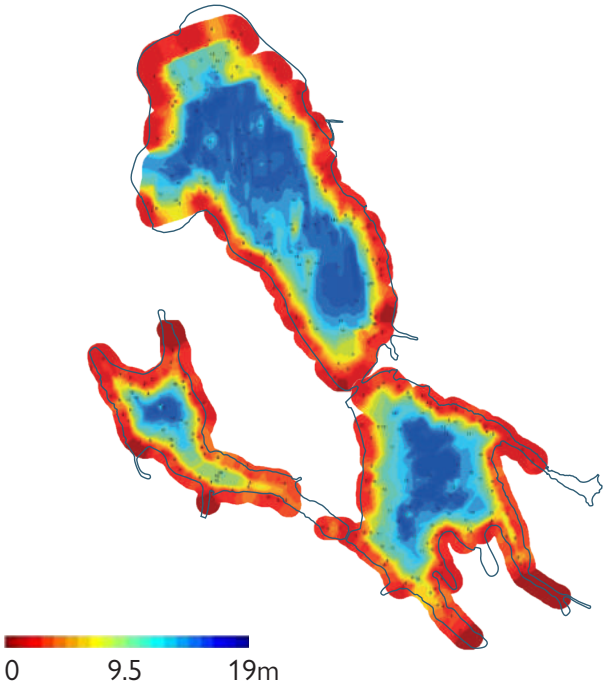
oostelijke plas

oostelijke plas

oostelijke plas

zuidelijke plas: wellnessresort in aanbouw

ruimtelijke analyse Berendonck



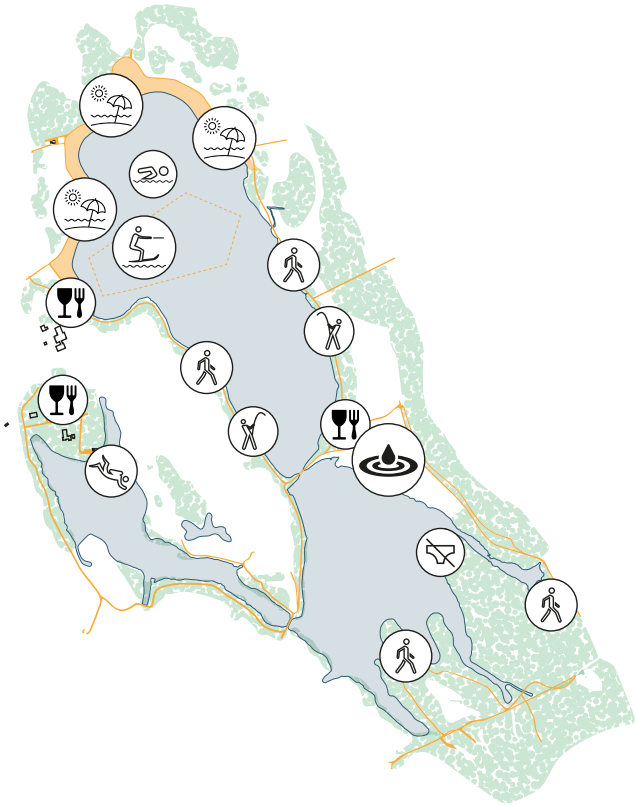
plassen

De Berendonck is een grote plas. Ruimtelijk lezen we de plas als drie afzonderlijke plassen. De grootste plas (21.5ha) ligt het meest noordelijk en heeft vloeiend belijnde oevers. De zuidelijke plas is kleiner (11.7ha) met grillige oevers. De langgerekte en relatief smalle westelijke plas is het kleinst (5.4ha)

waterdiepte

De Berendonckse plassen zijn diep. Dieptes tot 20m zijn geen uitzondering en mogelijk zijn sommige delen nog dieper. De oevers lopen relatief steil af. Alleen op de smalle delen en ter hoogte van het dagstrand lopen de oevers flauw af.

De 10m diepte lijn ligt gemiddeld circa 30 meter uit de oever.

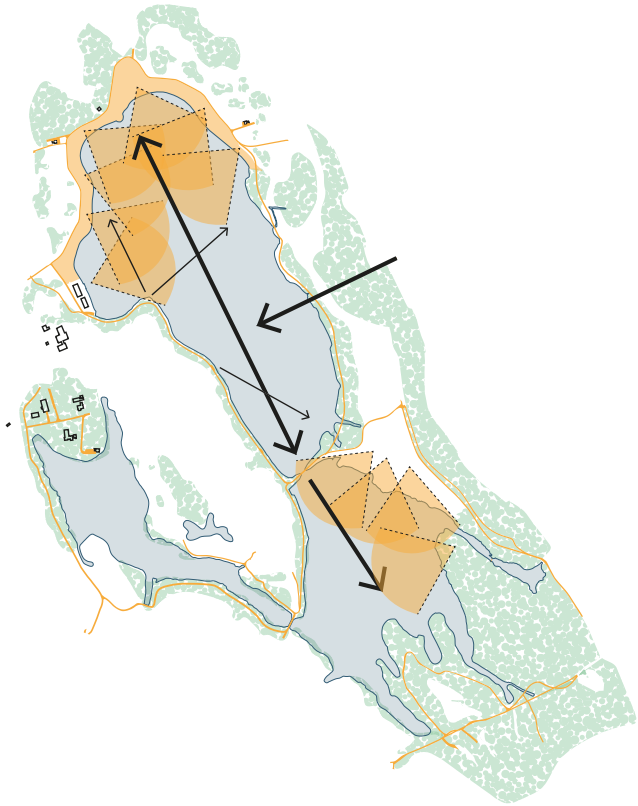


gebruik

De plassen worden voor allerlei typen recreatie gebruikt. Het noordelijkste deel van de noordelijke plas wordt het intensiefst gebruikt. Hier is een dagstrand met zwemwater, strand, ligweiden, speelplekken en horeca. Aansluitend daaraan ligt de waterskibaan.
Aan de zuidelijke plas wordt een groot wellnessresort gebouwd. Hier ligt ook het naturistenstrand.
De westelijke plas is in gebruik als duikstek. De oevers worden algemeen gebruikt door wandelaars en vissers.

Bij de plaatsing van een zonneveld zijn de wensen van de verschillende gebruikers te respecteren. Dit kan uitdagend zijn. Zo hebben sportvissers een strook van 100m van de oever nodig. Dit beperkt de potentieel beschikbare ruimte echter enorm.

wellness: representatieve uitstraling
dagstrand: zwemwater en aantrekkelijk uitzicht
waterski: ruimte om de waterskiën
vissers: ruimte om uit te werpen, liefst 100m
duikers: aantrekkelijke duikstek

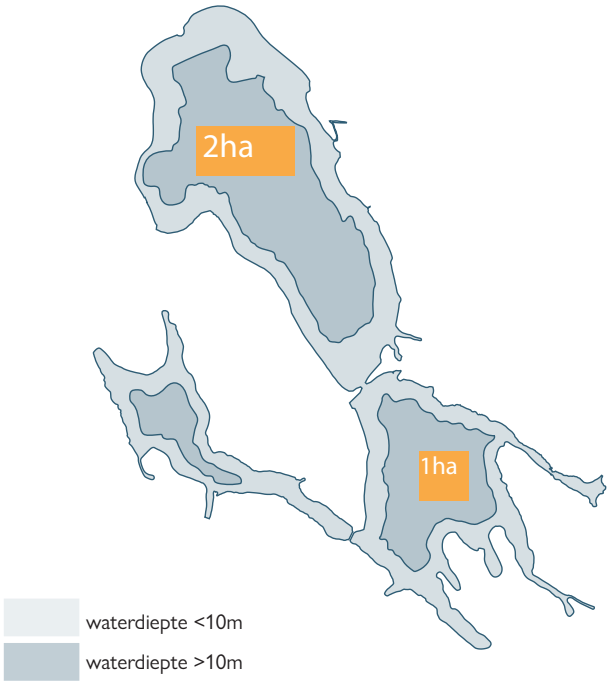


uitzichten

De plas wordt op verschillende manieren vanuit verschillende perspectieven beleefd. De belangrijkste zichtlijnen zijn de uitzichten vanaf het bruggetje tussen de noordelijke en zuidelijke plas en vanaf het strand, vanuit hier is de maximale maat van het water te ervaren. Daarnaast zijn de uitzichten die door het verloop van de wandelpaden onthult worden en het panoramische zicht vanuit het strand en de wellness belangrijk.

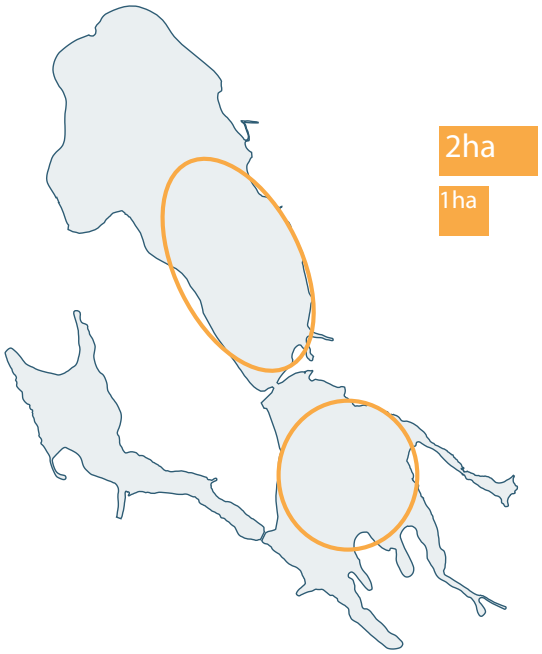
Voor de ruimtelijke ervaring van de plas en de oevers is het van belang de uitzichten niet te blokkeren. Hierbij gaat het vooral om de lange zichtlijnen vanuit de oevers en het bruggetje. Aangezien de toeschouwer hier relatief hoog staat, zijn lage zonnepanelen in deze zichtlijnen voor te stellen.

Het panoramische zicht vanuit het strand en de wellness is te respecteren, gezien de beschikbare ruimte is deze echter niet geheel te ontzien.



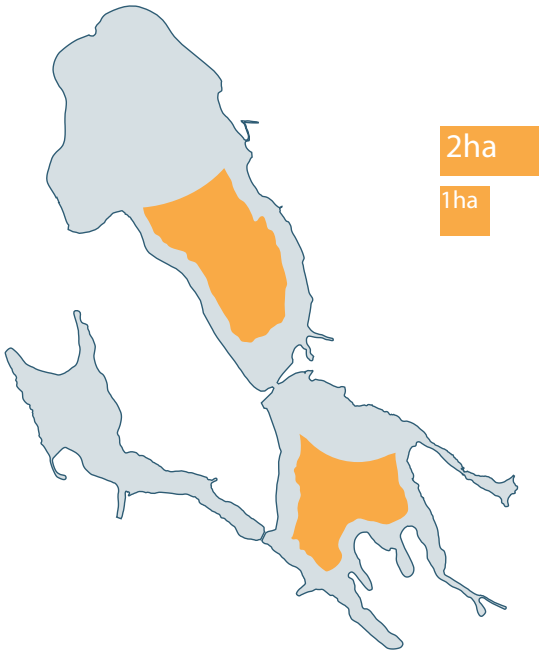
beschikbare ruimte

Als we het criterium aanhouden dat zonnevelden alleen boven een waterdiepte van 10m of meer gerealiseerd mogen worden, blijft de donkerblauwe ruimte in bovenstaande figuur over. De ruimte in de westelijke plas is te klein om een zonneveld van voldoende grootte te kunnen realiseren.



gebruik

Als we kijken naar de beschikbare ruimte in relatie tot het gebruik, kunnen we stellen dat het noordelijke deel van de noordelijke plas minder geschikt is als locatie voor een zonneveld. Het gebruik is hier intensief en zicht en de beleving van de plas zouden erg beperkt worden door hier een zonneveld te lokaliseren.
Resten het zuidelijke deel van de noordelijke plas (extensief gebruik, op afstand van de hoofdgebruikers) en de zuidelijke plas. Waarbij in de zuidelijke plas de ligging van het zonneveld in het zicht van het wellnessresort een afweging is.



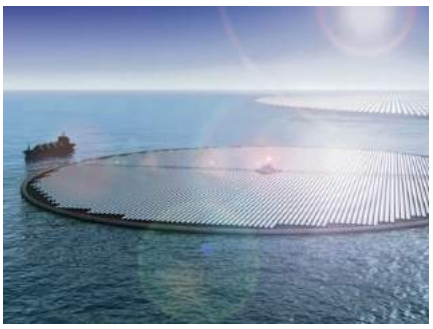
zoekgebieden

De beschikbare ruimte en de wenselijkheid vanuit gebruik tezamen resulteren in de boven weergegeven zoekgebieden. Waarbij de beide noordgrenzen niet hard zijn, maar afhankelijk zijn van de gewenste afstand tot de waterskivoorziening en het wellnessresort.

Optie 1. Roterend, rond zonneveld

Optie 1. Een rond, meedraaiend zonneveld van 160m doorsnede is in de zuidelijke plas geprojecteerd. De perfecte cirkel houdt afstand tot de oevers en is leesbaar als een autonome vorm. Tussen het wellnessresort en het zonneveld is een ruime afstand gehouden. Langs de buitenzijde is een lichtlijn gemonteerd die de drijvende cirkel in het donker een bijzondere aanblik geeft.

Optie 2.
Een langgerekt veld zonnepanelen ligt in het zuidelijke deel van de noordelijke vijver. Er is voldoende afstand gehouden tot de oevers en de geometrische vorm is leesbaar als een zelfstandig object. De afstand tussen veld en oevers is variabel wat een afwisselend beeld geeft vanaf de oevers.



https://www.tttglobal.co.uk/blog/categories/1/future-of-clean-energy.html

https://www.ciel-et-terre.net/essential_grid_category/usa/

Optie 2. Langwerpig zonneveld

Bron: Mothership | Patrick Kruithof | foto: Ruben Hamelink

referentiebeeld: verlichte cirkels in het donker

Optie 1. Roterend zonneveld met spel-assen

attractie

Optie 1. Een draaiend, rond zonneveld ligt in de plas op de as vanuit de wijk. Al naar gelang de draaiing kunnen bezoekers op het zonneveld en er weer vanaf. Badgasten liggen altijd in de zon. Aan de uiteinden van de paden in veld zijn bijzondere elementen zoals duikplanken, glijbanen en trampolines opgenomen.

Optie 2. Een toegankelijke mikado-structuur ligt in de vijver op as vanuit de wijk. Recreanten kunnen in het midden van de vijver staan en over de zonnepanelen lopen. Op verschillende plekken zijn bijzondere elementen zoals spuitertjes en fonteinen opgenomen. De positie in het zuidelijke deel van de noordelijke plas activeert dit deel van de plas voor intensiever gebruik.

Optie 3. Vanuit het terras van het waterski-centrum loopt een lang, golvend zonneveld de plas in. De golven zorgen voor een heuvelend landschap waarop gespeeld en waarvanaf gedoken kan worden. In de as vanuit de wijk ligt een soortgelijke structuur.

Optie x. Er kunnen verschillende soorten en typen attracties bedacht worden. Zie ook het hoofdstuk ruimtelijke strategieën voor meer voorbeelden.

https://timedotcom.files.wordpress.com/2016/06/gettyimages-541030722.jpg

https://newatlas.com/solar-floating-resort-puzzolante/22744/

Mothership, Gemeemte Rotterdam

Optie 2. Toegankelijke mikado met fonteinen en spuiters

Optie 3. Golvend zonneveld

Optie 1. Verholen zonneveld langs de westelijke oever

verhullen

Optie 1. De westelijke oever van de zuidelijke plas wordt naar buiten geschoven. Oeverplanten ontrekken het zicht op de zonnepanelen. Op deze locatie vormt de vooruit geschoven oever een bufferzone richting het wellnessresort.

Optie 2. De oostelijke oever van de noordelijke plas wordt als ware naar buiten geschoven. De plas lijkt zich te vernauwen. Het zonneveld is vanuit de plas en vanuit de overstaande oever aan het zicht onttrokken door een brede zone van drijvende oeverplanten. Vanuit de oostelijke oever heeft de bezoeker een zicht op het veld. Dit maakt deel uit van het optische spel. De slagschaduw van de begroeiide oever verkleint het rendement van de zonnepanelen.

Optie 3. De grillige oeverstructuur in de zuidelijke plas wordt voorgezet in een aantal eilanden. De eilanden zijn alle omzoomd met oeverplanten. Op deze manier ontstaat en een besloten watermilieu in de plas.

https://timedotcom.files.wordpress.com/2016/06/gettyimages-541030722.jpg

http://aquamaintain.com/floating-reed-beds/

Optie 2. Verholen zonneveld langs de oostelijke oever

Optie 3. Eilanden structuur

Optie 1. Vlonders doorsnijden het verholen zonneveld

* meekoppel kansen

Optie 1. De vooruitgeschoven oever is ontsloten met een aantal lange steigers. Vanaf hier kan er volop gevist en gezwommen worden.

Optie 2: Het lange zonneveld is aan een zijde voorzien van een vlonder. Vanaf hier kan er gevist worden of kan de recreant van de avondzon genieten.

http://www.dewitvisser.nl/nieuws/algemeen-nieuws/4178-rustige-start-witvisser-centerparcs-cup

https://www.duikersgids.nl/actueel/1287-duiken-eiland-4-gesloten

https://nl.pinterest.com/pin/430304939369975076/

Optie 2. Vlonder maken het rechthoekige zonneveld toegankelijk

Optie 3. Een vlonder langs de oever van het verholen zonneveld

verbeelding show-and-tell: rond

verbeelding attractie: piramide

verbeelding attractie rond met paden

verbeelding verhullen

business cases Berendonck

De business case van een zonnepark op water is complexer dan een installatie op een dak, en wordt sterk bepaald door de onderconstructie en door netaansluitingskosten. De montagesystemen zijn duurder dan voor grondgebonden zonneparken. De panelen hebben een hogere opbrengst dan op land, maar de meeropbrengst van vaste systemen lijkt niet voldoende om de meerkosten te compenseren. Wel zijn meedraaiende zonnevelden mogelijk die een veel hogere opbrengst halen. In de praktijk zal een ontwikkelaar vermoedelijk zelf investeren, waarbij de ondernemer een vergoeding ontvangt voor het beschikbaar stellen van het terrein. Eventueel kan dan na afloop van de subsidielooptijd het zonneveld worden overgenomen.

Om de globale haalbaarheid en financierbaarheid te bepalen zijn twee varianten uitgewerkt. Hierbij is gekeken naar de business case van het zonneveld zelf.

De business case van zon op water is kwetsbaar, en pas bij enige schaalgrootte haalbaar. De komende jaren blijft een productiesubsidie (SDE+) een vereiste. Het complexer maken van de installatie met drijvende planten of het vormen van het systeem tot een kunstwerk kan draagvlak opleveren, maar de investering hiervoor kan niet vanuit het zonnepark worden gedragen. Wel is het mogelijk om tegen beperkte kosten looppaden of LED verlichting aan te leggen.

De prijs van de netaansluiting wordt sterk bepaald door de afstand tot een aansluitpunt. Dit kan de transformator zijn van een grootverbruiker, bijvoorbeeld Thermen Berendonck, of een koppeling met het net. Bij een koppeling met het net zijn de kosten sterk afhankelijk van de grootte van de aansluiting. Bij relatief kleine parken kan een aansluiting worden verkregen op de dichtstbijzijnde ringleiding van het middenspanningsnet. Bij Liander ligt die grens op 2 MVA, wat neerkomt op een zonnepark van ruim twee hectare. Met optimalisatie kan hier minimaal 2,5 MWp op worden geplaatst. Dit is als uitgangspunt genomen. Grotere parken dan 2 MVA output moeten direct aangesloten worden op een onderstation, hiervan zijn er ruim 400 in Nederland. In het geval van Berendonck is dit het onderstation Teersdijk. Deze aansluitkosten liggen beduidend hoger dan een aansluiting op een ringleiding van middenspanningsnet. Om dit terug te verdienen lijkt te moeten worden opgeschaald naar 10 hectare of meer. Bij de Berendonck is geen ruimte voor een zonnepark van 10 hectare, maar een zonnepark van 2,5 hectare kan op diverse manieren worden ingepast.

Met behulp van PVGIS is een inschatting gemaakt van de opbrengst. Het verkoelende effect van het water op de panelen leidt bovendien tot een geschatte meeropbrengst van 5%. Er is rekening gehouden met een post van €50.000 voor hekwerk en verfraaiing van het veld.

Er zijn drie varianten uitgewerkt om een eerste inzicht in de business case te verkrijgen. Het betreft een vast systeem in oost-west opstelling (variant A1) een vast systeem in zuid opstelling (variant A2) en een rond veld dat met de zon meedraait (variant B).

Er wordt uitgegaan van de vuistregel dat een interne rentevoet (IRR) van 5% over 25 jaar voldoende is voor een financierbaar project. Met de huidige prijzen lijkt daar niet aan voldaan te kunnen worden, al komt variant B wel in de buurt. De meeropbrengst van het roterende veld lijkt op te wegen tegen de meerkosten. Ook is de business case van een zuid georiënteerd beter dan dat van een oost-west systeem. Een verdere daling van de investeringskosten is nodig voor een gezonde business case. Bovendien is een langetermijnvisie noodzakelijk en moeten per project de risico's goed in kaart worden gebracht. De uitgangspunten van de business case zijn weergegeven in de Bijlage.

variant A: een nieuwe oeverlijn

In deze variant worden panelen op een gesloten onderconstructie in een oost-west opstelling geplaatst langs de oostkust van de recreatieplas, waarbij enkele looppaden worden aangelegd zodat ook langs de nieuwe oeverlijn gelopen kan worden. Optionele toevoeging zou zijn om drijvende beplanting aan te leggen. De energieopbrengst is geschat op 840 kWh/kWp. Een vastsysteem is het goedkoopst, maar levert wel aanzienlijk minder energie op dan een draaiend veld. Vanuit ecologisch oogpunt moet goed gekeken worden naar de afdichting van het water. Niet elk montagesysteem lijkt hier voldoende rekening mee te houden.

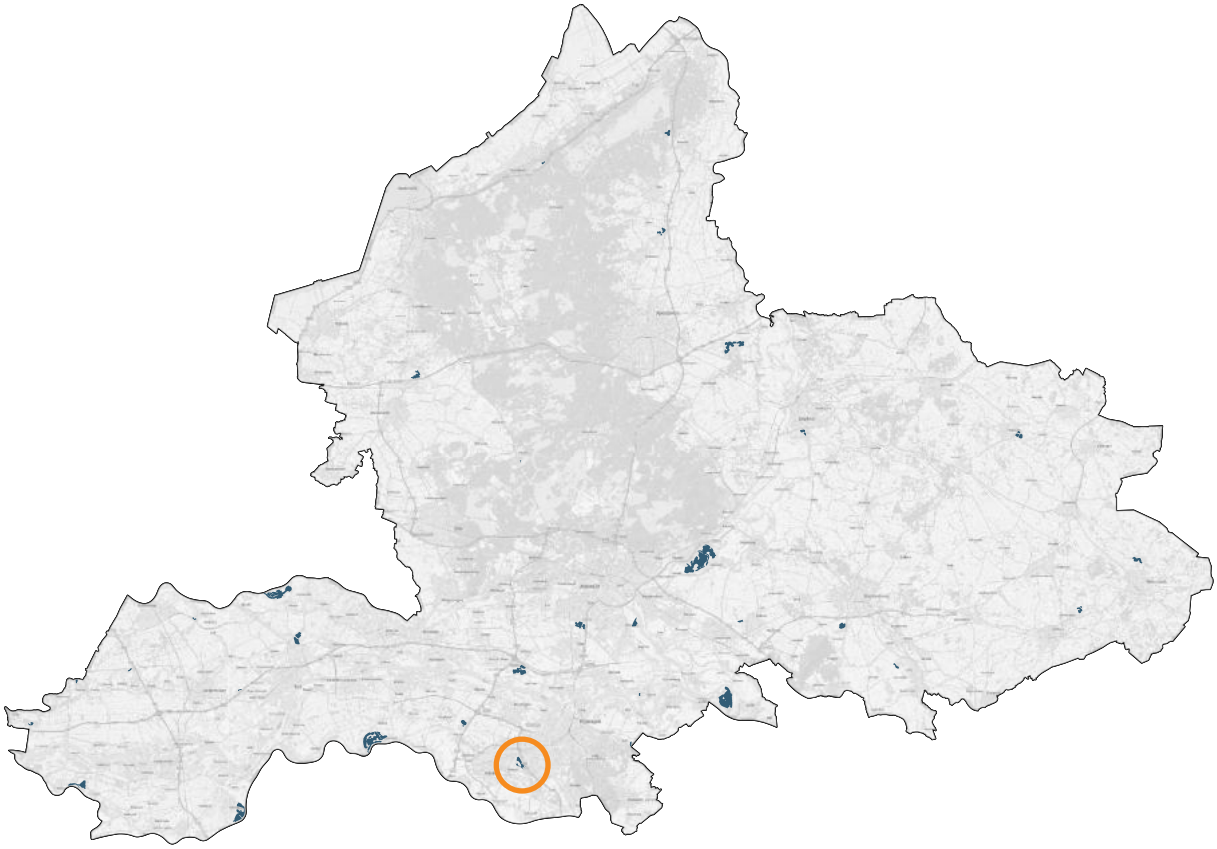
variant B: een draaiend zonneveld

In deze variant wordt een rond zonneveld met een diameter van 160 meter in de zuidelijke plas gelegd, op circa 50 meter afstand van Thermen Berendonck. Het ronde veld draait overdag zeer langzaam met de zon mee, en 's nachts weer terug. Rondom het veld komt een programmeerbare LED lichtslang. Het energieverbruik van de verlichting en de tractielier is verwaarloosbaar. De panelen draaien met de zon mee onder een vaste hellingshoek. De opbrengst van dit systeem is geraamd op 1175 kWh/kWp (inclusief 5% meeropbrengst door extra koeling), dit komt ongeveer overeen met de verwachting van het Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL) van draaiende velden. De opbrengst per paneel is hiermee ruim een derde hoger dan in variant A. De opbrengstanalyse is terug te vinden in de bijlage.

	variant A1: nieuwe oeverlijn	*variant A2 nieuwe oeverlijn*	*variant B: draaiend veld met LED*
type montage	vaste drijvers	vaste drijvers	meedraaiend veld
oriëntatie	oost-west	zuid	meedraaiend
hellingshoek in graden	12	12	30
energieopbrengst kWh/kWp	840	924	1175
vermogen	2,5 MWp	2,5 MWp	2,5 MWp
indicatie totale investering (2019)	2,6 mln euro	2,6 mln euro	3,0 mln euro
pachtvergoeding per jaar	€2500	€2500	€2500
schatting IRR over 25 jaar (2019)	3%	4%	4,7%
netto contante waarde na 25 jaar	€224.000	€390.000	€614.000

5. regio Gelderland

 links: zicht over het Wijchense Ven naar het zuiden



plassen >6ha met recreatiestranden

naam	*ha*		
Heerderstrand	26	Neswaarden	34
Kievitsveld	15	Zandmeren	32
Zeumeren	32	Eiland van Maurik	120
Bussloo	100	Beldert Beach	60
Hambroekplas	6	De Gouden Ham	220
Rhederlaag	350	Groene Heuvels	26
De Nevelhorst	10	Berendonck	45
Stroombroek	33	Strandpark Slijk-Ewijk	80
t Hilgelo	29	Rijkerswoerdse plassen	50
Slingeplas	19	Het Zwanenbad	23
De Bijland	250	Wylerbergmeer	7
Lingebos	10		

recreatiewater in Gelderland

De provincie Gelderland telt 37 recreatieplassen, de Veluwe-randmeren niet meegeteld. De grootste oppervlakte recreatiewateren in Gelderland ligt aan de rivieren Maas, Nederrijn en IJssel. Deze plassen hebben vaak een combinatie van verschillende recreatieactiviteiten waaronder verblijfsrecreatie, die bij de realisatie van het recreatief plan vaak als kostendrager dient. Kleinere oppervlakten bestaan uit zandwinplassen die vaak in de nabijheid van snelwegen te vinden zijn. Tezamen hebben de plassen een oppervlak van ca. 1738 hectare.

Op basis van een aantal randvoorwaarden en aannames komen we hieronder tot een grove schatting van het beschikbare oppervlak. De aannames zijn:

- Een deel van deze plassen is te klein om rendabel zonne-energie op te wekken (2-2,5 hectare noodzakelijk) en daarbij een oppervlak kleiner dan 50% te bedekken (ecologische randvoorwaarde). In totaal tellen we 26 plassen met een oppervlak groter dan 6ha, met een totaal oppervlak van 1600 hectare.
- Alleen zonnepanelen op water dieper dan 10 meter zijn wenselijk, vanuit ecologisch oogpunt.
- Niet alle waterdieptes zijn bekend. We schatten dat er een gemiddeld talud is van 1:2. Dit betekent dat water dieper dan 10 meter, 20 meter uit de oeverlijn begint. Met deze aanname komen we op circa 1315 hectare beschikbaar recreatiewater in Gelderland.
- Hiervan mag vanwege ecologische restrictie maximaal 50% bedekt worden, wat een beschikbaar oppervlak van ca. 658 hectare geeft.

Uitgaande van een gemiddeld opbrengst van 833MWh/3TJ per ha en uitgaande van een totaal van 658 ha is de potentiële opbrengst van de Gelderse recreatieplassen maximaal 548.100 MWh in totaal. Dit staat gelijk aan het elektriciteitsverbruik van 157.000 huishoudens.

In Nederland is naar schatting 120.000 hectare rustig binnenwater, waarvan naar verwachting maximaal 4% geschikt voor zonne-energie. Dit betekent 4.800 hectare met een elektriciteitsopbrengst toereikend voor 1,1 miljoen huishoudens.

Zonneparken tot circa 2 hectare kunnen relatief eenvoudig aangesloten worden op het middenspanningsdistributienet. Zonneparken groter dan 2 hectare dienen in de regel aangesloten te worden op een onderstation. Hiervan zijn er enkele tientallen in Gelderland en enkele honderden in Nederland. De gemiddelde afstand tussen onderstations is circa 15 kilometer. De aansluiting op een onderstation is aanzienlijk duurder dan de aansluiting op het middenspanningsdistributienet. Om toch een haalbare business case te bereiken ligt opschaling tot 10 hectare voor de hand. Bovendien moet de recreatieplas binnen enkele kilometers van een onderstation liggen. Hiermee zullen mogelijk enkele recreatieplassen afvallen.

6. conclusie

businesscase zonnepark

De business case is met de huidige prijzen kwetsbaar, maar kan de komende jaren wel verbeteren. Het rendement is al wel positief, maar een projectrendement van 5% lijkt nu nog niet te kunnen worden gehaald voor velden van 2,5 hectare, al komt het wel in de buurt. Als de projectrisico's kunnen worden beperkt, dan zijn er mogelijk al partijen die in zouden durven stappen.

Een roterend zonneveld lijkt preferabel ten opzichte van een vast veld. De meeropbrengsten ten opzichte van een vast veld zijn aanzienlijk en lijken meer dan voldoende om de meerkosten te dekken.

De businesscase geeft de ontwikkelaar ruimte om een paar procent van de investering te investeren in 'extra's. De toevoeging van LED-verlichting rondom de panelen lijkt de eenvoudigste optie voor verfraaiing. De toevoeging van drijvende planten moet nog worden getoetst.

Als het zonneveld door een externe partij wordt ontwikkeld, dan kan een kleine vergoeding worden gevraagd voor het beschikbaar stellen van het terrein, of kan worden afgesproken dat de opbrengstcertificaten van de groene stroom worden overhandigd. Bovendien kan na afloop van de subsidietermijn het zonneveld tegen beperkte kosten of om niet worden overgedragen.

Met een verbetering van de business case wordt zon op recreatiewater haalbaar en kan daarmee worden gezocht naar een exploitant die ook de volledige financiering wil dragen en die een vergoeding kan betalen voor de gebruikte ruimte.

businesscase recreatie

Het construeren van attracties met behulp van zonnepanelen is ingewikkeld en relatief duur. Het effect op de beleving is klein, omdat het gebruik van duurzaam materiaal of schone energie door de consument niet als satisfier (productkwaliteit), maar als qualifier (randvoorwaarde voor productie) wordt gezien. Het is dus wel zinvol om attracties te voeden met duurzaam opgewekte energie, maar niet altijd om die energiebron zelf als attractie te lanceren. Wel kan een zonnepark, mits fraai vormgegeven, het decor van sommige recreatievormen (bijv. events, turen over het water op strand of terras) of de functionele gebruikswaarde (bijv. vissteigers) verbeteren. Dit zal niet leiden tot substantieel extra opbrengsten.

gebruikswaarde

Indien op een geschikte locatie gesitueerd heeft een zonneveld weinig directe invloed op het gebruik, dat wil zeggen: het staat de activiteiten op en rond een recreatieplas niet in de weg. Indirect heeft een zonnepark invloed op het gebruik door zijn invloed op de beleving van de plas. Sommige gebruiksgroepen zullen dit afbreuk vinden doen aan het gebruik. Door de juiste framing kan de beleving ook positief worden omdat het gebied duurzamer wordt en de exploitant wordt gewaardeerd voor zijn bijdrage aan 'een betere en schonere wereld'. Met toevoegingen van zoals zwemvlonders of speelattracties aan een zonneveld kan de feitelijke gebruikswaarde zelfs enigszins vergroot worden.

draagvlak

De acceptatie van zonnevelden op recreatiewater hangt af van de persoonlijke acceptatie of appreciatie van duurzame energie als noodzakelijke maatregel. Deze acceptatie lijkt op dit moment toe te nemen. Acceptatie hangt ook af van de wijze waarop aan deze ontwikkeling gestalte wordt gegeven. Indien de zonneladder gevolgd wordt en deze ontwikkeling fysiek zichtbaar en navolgbaar is voor de burger zal deze waarschijnlijk accepteren dat er zonnepanelen op recreatiewater gerealiseerd worden. Indien dit niet gebeurt en de burger ziet dat bijvoorbeeld het water vol komt te liggen terwijl de parkeerterreinen niet benut worden voor zonne-energie, is te verwachten dat de acceptatie lager ligt. Met name omdat de primaire functie van het water recreatief is. Of mensen na afkeuring ook daadwerkelijk de plas zullen mijden is o.a. afhankelijk van de beschikbaarheid van een alternatief voor het gewenste recreatiegedrag. Bij de meeste vormen van recreatie bij of aan plassen wordt het locatiekeuzegedrag primair bepaald door het gemak en de korte afstand naar huis. Zonnepanelen worden bij de 'gemaksconsumenten' wellicht niet door iedereen gewaardeerd, maar deze zullen het feitelijk gedrag van de recreant niet sterk beïnvloeden. Alleen bij vormen van 'speciality-leisure', waarbij de locatiebeleving een primair motief vormt (toerisme!), zal het gedrag van de bezoeker daadwerkelijk kunnen veranderen. In bijvoorbeeld de Berendonck geldt dit voor het bezoek aan de Thermen. Met uitzicht en ambiance van deze groep moet omzichtig omgegaan worden.

ecologie

De invloed op ecologische kwaliteit is relatief beperkt als een zonneveld met een bedekking van <50% van het wateroppervlak wordt gerealiseerd en/of indien deze boven diep water (>10m) gesitueerd is. Bij een bedekkingsgraad groter dan 50% lijkt een grote kans op verslechtering van de ecologische kwaliteit.
De toevoeging van kunstmatige onderwaterstructuren en beplanting kan een positief effect hebben op de ecologische waarde. Deze maatregelen vragen om extra investeringen. Er zijn nog weinig ervaringen met succesvolle toepassingen van onderwaterecologie bij zonne-energie.
Er kan spanning ontstaan tussen enerzijds natuur en anderzijds beleving.

- De strategie *verhullen* heeft als een van de uitwerkingen om zonnepanelen op te nemen in de oeverlijn. Dit conflicteert met de hier aanwezige natuurwaarden in de ondiepe onderwateroever.
- Steile of zelfs verticale panelen laten veel licht door en hebben minimaal effect op het onderwaterleven. Ze zullen echter een relatief groot effect hebben op zicht over het water,

duurzaamheid

Het gebruikte materiaal voor de realisatie van een drijvend zonneveld is bij grote voorkeur circulair en eenvoudig te demonteren. Het materiaal dient op een zo duurzaam mogelijke manier verkregen en geproduceerd te zijn en heeft ook op de lange termijn geen schadelijke effecten voor de waterkwaliteit en biodiversiteit door bijvoorbeeld slijtage of langdurige blootstelling aan water.

strategieën

Een aanbeveling voor de vormgevingsstrategieen is lastig, omdat de ingeschatte haalbaarheid uiteenloopt en omdat er een persoonlijke component zit aan waardering van zonne-energie die moeilijk valt te veralgemeniseren.

De strategie *show and tell* is aantrekkelijk omdat deze relatief weinig moeite kost en omdat we er vanuit gaan dat de panelen hoe dan ook zichtbaar zullen wor-

den. Hierbij zitten wel nog uitdagingen. Er is finesse nodig in deze toepassing van panelen, die nog weinig vertoond is.

- Het maken van een ronde vorm met hoekige elementen kan, maar gebeurt zelden. Een drijvend zonnepark heeft van nature hoekige elementen, maar kan ronder worden gemaakt door bijvoorbeeld het draagsysteem uit te breiden met een ronde buitenring
- De drijvers hebben momenteel lichte opvallende kleuren die ongewenst zijn. Een andere, donkerdere kleur van de drijvers maakt de techniek minder opvallend. Dit vereist een aanpassing van de standaard materialen die door ontwikkelaars worden toegepast.
- Een veld dat meedraait met de zon zal vermoedelijk relatief positief worden gewaardeerd wanneer dit niet gepaard gaat met extra techniek in beeld.
- Er zijn in deze strategie subtiele vorm-middelen denkbaar. Kleur toepassing op de panelen. Lichteffecten, wanneer het veld in een omgeving ligt waarin 's avonds veel waarnemers op het veld kijken.

De strategie *verhullen* kan werken, maar is risicovol. Er zijn de afgelopen jaren technieken ontwikkeld om drijvende natuur te maken en ook onderwaternatuur op hangende of drijvende constructies wordt al toegepast.

- Om daadwerkelijk een zonnepark aan het zicht te ontnemen is een stevige en vrij hoge groenbuffer nodig. Beplantingen zouden eigenlijk circa 2 meter hoog moeten worden en daarvoor ook nog doorworteling of verankering moeten vinden.
- Beplanting met een enigszins natuurlijke uitstraling is meestal niet groenblijvend gedurende het jaar. Dit hoeft geen bezwaar te zijn als het puur gaat om het recreatieve seizoen.

De kans dat verhulling met natuur niet overtuigend lukt lijkt aanzienlijk.

De strategie *attractie* kan leiden tot prachtige objecten. Het kan gaan om daadwerkelijk recreatief te gebruiken attracties zoals glijbanen, klimobjecten of waveboarding. Het kan ook gaan om kunst en kijkobjecten die in het landschap een opvallende plek in nemen.

- Dergelijke attracties kunnen waarschijnlijk niet uit de bussinescase van zonne-energie gefinancierd worden.
- De attractie zal in de meeste gevallen niet samenvallen met een totaal zonneveld. Het zal een verbijzondering zijn binnen een zonneveld. Wanneer dit een opvallende 'eyecatcher' is die voor de waarnemer nog een relatie legt met het veld van zonne-energie, kan het bijdragen aan de acceptatie van het totaal.

Bij alle strategieen kunnen *meekoppelingen* ontstaan voor faciliteren van bestaand gebruik of voor nieuw gebruik op de plas: zoals looproutes over het veld. Of steigers aan de rand, zodat vanaf een zon-eiland naar het water kan worden gekeken en in het water gespeeld kan worden. Wel blijft beveiliging en toegangsbeperking tot het zonneveld een aandachtspunt.

Bij alle strategieen kunnen vormgevingsmiddelen worden toegepast:

- Kleur. Er worden gekleurde panelen ontwikkeld die 10 tot 25% rendementsverlies hebben, maar die in alle denkbare kleuren te krijgen zijn, inclusief prints.
- Lichteffecten. Met lichtsignalen kan het technische karakter subtiel worden versterkt in de avond uren. Met name daar waar uitzicht vanuit bijvoorbeeld een restaurant bestaat, kan dit attractief zijn.

- Randen van drijvende panelen vragen aandacht. Zicht op achterkanten is niet aantrekkelijk. Verkend kan worden of er altijd zicht op een voorkant mogelijk is, al is het maar alleen in de buiten rand.

risico's

Om een project financierbaar te krijgen moet het project verzekerbaar zijn. Met het verzekeren van zon op recreatiewater is nog geen ervaring, dit betekent hogere voorbereidingskosten. De grootste barrière is de afscherming en beveiliging van het veld voor zowel vandalisme als ongevallen. Dit moet nader uitgezocht worden.

Een ander aandachtspunt zijn de vogels. Als het zonneveld gebruikt wordt als rustplaats voor vogels, dan kan aanzienlijke vervuiling optreden, waardoor de opbrengst van de panelen daalt. Een systeem van vogelverschrikking, bijvoorbeeld met een groene laser die af en toe flitst, is wellicht noodzakelijk maar kan wel tot weerstand leiden.

Tot slot is draagvlak een belangrijk risico in het voortraject. Of mensen na afkeuring ook daadwerkelijk de plas zullen mijden is o.a. afhankelijk van de beschikbaarheid van een alternatief voor het gewenste recreatiegedrag.

overige kansen in recreatiegebieden

Een recreatiegebied zoals de Berendonck heeft veel parkeerterreinen. Voor de Wellness zijn onlangs nieuwe parkeerterreinen aangelegd. Op deze parkeerterreinen kan zonne-energie worden aangelegd die geen hinder geeft voor het recreatief gebruik en die bovendien op warme dagen verkoeling biedt aan auto's. Een hoog zonnedak biedt extra mogelijkheden, bijvoorbeeld voor het organiseren van evenementen onder de kap.

De onderconstructie van een solar carport is duurder dan die van een zonnepark in een veldopstelling. Voorts heeft de ondergrond invloed op het design en de kosten van de constructie (o.a. type fundering).

Bij voldoende schaalgrootte zijn leveranciers bereid om kostenloos een solar carport te realiseren en exploiteren, waarbij het park na 16 jaar kostenloos wordt overgedragen aan de terreineigenaar. Bovendien kunnen de groenestroomcertificaten worden overhandigd. De minimale schaalgrootte hangt af van de situatie, maar betreft circa 1 hectare. Voor de parkeerplaats van Thermen Berendonck zou dit passen.

Solarfields

https://msutoday.msu.edu/news/2018/msus-solar-carport-receives-the-smart-energy-decisions-onsite-renewable-energy-award/

strategie	show&tell	attractie
business-case	+ te realiseren met bestaande kennis en technieken	-- investeringen om er een attractie van te den niet terugverdiend uit zonne-energi
ecologie	0 indien <10% bedekt, boven diep water en buiten rust -en foerageerplekken voor vogels is het effect op de ecologie neutraal	0 indien <10% bedekt, boven diep water -en foerageerplekken voor vogels is het ecologie neutraal
gebruikswaarde	- zonneveld word niet gebruikt	++ zonneveld wordt intensief gebruikt doo
draagvlak	+-/-- draagvlak is lastig in te schatten en afhankelijk van de locatie, het plan, de communicatie-strategie en de betrokken gebruiksgroepen. Aangezien het recreatie- plassen betreft en een zonneveld een sterke visuele impact heeft, schatten we in dat reacties neutraal tot sterk negatief zijn	+/-- draagvlak is lastig in te schatten en afha de locatie, het plan, de communicatie-st de betrokken gebruiksgroepen. De vorm uitstraling van de attractie bepalen in ho de ingreep gewaardeerd wordt. We sch reacties positief tot negatief zijn.
risico's	0 technisch weinig risico. Draagvlak, beveiliging en de verhouding tot andere functies (o.a. natuur) zijn risico- factoren	-- de ontwikkeling van zonnecellen in relat creatief gebruik staat in de kinderschoe moment zijn de mogelijkheden beperkt. beveiliging en de verhouding tot andere natuur) zijn bijkomende risico's.

	verhullen	*meekoppelen
e maken wor- ie	- investeringen om het zonnepark te verhullen met drijvende beplanting staat op gespannen voet met de businesscase zonne-energie	- investeringen extra voorzieningen te treffen voor recreanten rond een zonnepark staat op gespannen voet met de businesscase zonne-energie
en buiten rust effect op de	+/-- indien <10% bedekt, boven diep water en buiten rust -en foerageerplekken voor vogels is het effect op de ecologie neutraal. Toevoeging van beplanting kan een positief resultaat hebben op de ecologie afhankelijk van type en positie. De noodzaak van deze strategie om nabij bestaande oevers te blijven staat op gespannen voet met ecologie (ondiep water, nabij oever)	0 indien <10% bedekt, boven diep water en buiten rust -en foerageerplekken voor vogels is het effect op de ecologie neutraal
r recreanten	- zonneveld word niet gebruikt	+ zonneveld wordt extensief gebruikt door recreanten
nkelijk van trategie en mgeving en oge mate hoe atten in dat de	0 draagvlak is lastig in te schatten en afhankelijk van de locatie, het plan, de communicatie-strategie en de betrokken gebruiksgroepen. Het instandhouden van de natuurillusie vergroot mogelijk het draagvlak voor een zonneveld.	+/-- draagvlak is lastig in te schatten en afhankelijk van de locatie, het plan, de communicatie-strategie en de betrokken gebruiksgroepen. Extra voorzieningen vergroten mogelijk het draagvlak.
tie tot re- nen. Op het . Draagvlak, functies (o.a.	- de ontwikkeling van drijvend groen is nog niet door-ontwikkeld. Er is nog geen proof-of-concept. Draag-vlak, beveiliging en de verhouding tot andere functies (o.a. natuur) zijn risicofactoren.	0 technisch weinig risico. Draagvlak, beveiliging en de verhouding tot andere functies (o.a. natuur) zijn risico-factoren.

aanbevelingen

De toepassing van zonnepanelen op recreatiewater is een interessant ontwikkelveld. De business case is nog mager, maar biedt al wel kansen. In 2019 worden de eerste zon op water projecten gerealiseerd op zandwinplassen en gietwaterbassins. Hieruit kan waardevolle kennis worden vergaard, maar voor toepassing op recreatiewater blijven extra aandachtspunten staan. Ook zijn niet alle plassen geschikt.

Er is meer aandacht nodig voor zon op recreatiewater, want de potentie is aanzienlijk. Op case study niveau moet verder onderzoek worden gedaan naar verzekerbaarheid, vergunningen, landschappelijke inpassing, ecologie en vormgeving van standaard drijfsystemen.

bijlagen

Indicatieve case Berendonck vast systeem

Specificaties zonnepark		
Hectare zonneveld	hectare	2,5
Vermogen per hectare	kWp	1.000
Outputvermogen (elektrisch)	kWp	2.500
Opbrengst	kWh/kWp	840
Categorie netaansluiting	MVA	2
Afstand tot netaansluiting in meters	m	425

Financiele parameters		
Marktprijs elektriciteit (reëel) incl GVO	€/kWh	€ 0,060
Basisbedrag (nominaal)	€/kWh	€ 0,090
Correctiebedrag	€/kWh	€ 0,050
Inflatie	%	1,5%
Rente lening	%	2,5%
Vereiste return on equity	%	8,0%
Equity share in investering incl. EIA effect	%	20%
Debt share in investering incl. EIA effect	%	80%
Vennootschapsbelasting	%	20,0%
Economische levensduur	jaren	25
Termijn lening	jaren	15
Subsidietermijn	jaren	15
Investeringskental zonnepark inclusief montage	€/kWp	€ 900
Huurkosten water	€/ha	1.000

Eenmalige kosten		
Kosten zonnepark EPC	€	€ 2.250.000
Kosten landschappelijke inpassing	€	€ 20.000
Hekwerk	€	€ 30.000
Nieuwe aansluiting e-net	€	€ 76.000
Extra kabelkosten netaansluiting	€	€ 44.000
Klantstation	€	€ 30.000
Civiele techniek	€	€ 5.000
Vergunningen, advies, projectbegeleiding	€	€ 130.000
Totale investeringskosten		**€ 2.585.000**

Jaarlijkse kosten		
Totale jaarlijkse vaste O&M-kosten	€/jr	22.500
Huur locatie kosten	€/jr	2.500
OZB	€/jr	0
Netaansluiting	€/jr	3.804
Meetdiensten	€/jr	600
Totale jaarlijkse kosten		**€ 29.404**

Indicatieve case Berendonck roterend systeem

Specificaties zonnepark		
Hectare zonneveld	hectare	2,5
Vermogen per hectare	kWp	1.000
Outputvermogen (elektrisch)	kWp	2.500
Opbrengst	kWh/kWp	1.175
Categorie netaansluiting	MVA	2
Afstand tot netaansluiting in meters	m	425
Financiele parameters		
Marktprijs elektriciteit (reëel) incl GVO	€/kWh	0,060
Basisbedrag (nominaal)	€/kWh	0,090
Correctiebedrag	€/kWh	0,050
Inflatie	%	1,5%
Rente lening	%	2,5%
Vereiste return on equity	%	8,0%
Equity share in investering incl. EIA effect	%	20%
Debt share in investering incl. EIA effect	%	80%
Vennootschapsbelasting	%	20,0%
Economische levensduur	jaren	25
Termijn lening	jaren	15
Subsidietermijn	jaren	15
Investeringskental zonnepark inclusief montage	€/kWp	€ 1.100
Huurkosten water	€/ha	1.000
Eenmalige kosten		
Kosten zonnepark EPC	€	€ 2.750.000
Kosten landschappelijke inpassing	€	€ 20.000
Hekwerk	€	€ 30.000
Nieuwe aansluiting e-net	€	€ 76.000
Extra kabelkosten netaansluiting	€	€ 44.000
Klantstation	€	€ 30.000
Civiele techniek	€	€ 5.000
Vergunningen, advies, projectbegeleiding	€	€ 130.000
Totale investeringskosten		**€ 3.085.000**
Jaarlijkse kosten		
Totale jaarlijkse vaste O&M-kosten	€/jr	27.500
Huur locatie kosten	€/jr	2.500
OZB	€/jr	0
Netaansluiting	€/jr	3.804
Meetdiensten	€/jr	600
Totale jaarlijkse kosten		**€ 34.404**

bijlage

II Bijlage: Energieopbrengstberekening Berendonck

Met behulp van PVGIS is een simulatie gemaakt van de verwachte energieopbrengst van de twee varianten van de Berendonck. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

	variant A1: nieuwe oeverlijn oostwest	*variant B: draaiend veld met LED*	*variant A2 nieuwe oeverlijn zuid*
Coördinaat	51.807, 5.779	51.807, 5.779	51.807, 5.779
Hellingshoek	12 graden	30 graden	12 graden
Oriëntatie	oos-west	meedraaiend	zuid
Standaard verlies systeemniveau (PVGIS)	14%	14%	14%
Energieopbrengst zonder koelingseffect	(802+800) 801	1120	880
Energieopbrengst incl. 5% koelingsbonus	841	1175	924

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabellen.

variant A1: oriëntatie oost

Fixed system: inclination=12°, orientation=-90°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.48	15.0	0.66	20.4
Feb	0.97	27.3	1.26	35.2
Mar	2.09	64.9	2.64	81.9
Apr	3.32	99.5	4.26	128
May	3.80	118	4.97	154
Jun	4.01	120	5.33	160
Jul	3.75	116	5.03	156
Aug	3.14	97.3	4.16	129
Sep	2.32	69.6	3.03	91.0
Oct	1.39	43.1	1.82	56.5
Nov	0.62	18.6	0.84	25.3
Dec	0.38	11.7	0.54	16.7
Yearly average	**2.20**	**66.8**	**2.89**	**87.8**
Total for year		**802**		**1050**

E_d: Average daily electricity production from the given system (kWh)
E_m: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
H_d: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)
H_m: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

variant A1: oriëntatie west

Fixed system: inclination=12°, orientation=90°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.48	15.0	0.66	20.4
Feb	0.97	27.2	1.26	35.2
Mar	2.09	64.7	2.64	81.9
Apr	3.30	99.1	4.26	128
May	3.79	118	4.97	154
Jun	4.01	120	5.33	160
Jul	3.74	116	5.03	156
Aug	3.13	97.1	4.16	129
Sep	2.31	69.4	3.03	91.0
Oct	1.39	43.0	1.82	56.5
Nov	0.62	18.6	0.84	25.3
Dec	0.38	11.7	0.54	16.7
Yearly average	**2.19**	**66.6**	**2.89**	**87.8**
Total for year		**800**		**1050**

E_d: Average daily electricity production from the given system (kWh)
E_m: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
H_d: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)
H_m: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

variant B: meedraaiend met de zon

Vertical axis tracking system inclination=30°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.95	29.6	1.14	35.2
Feb	1.60	44.7	1.94	54.3
Mar	3.08	95.4	3.83	119
Apr	4.67	140	6.01	180
May	5.00	155	6.54	203
Jun	5.10	153	6.77	203
Jul	4.74	147	6.35	197
Aug	4.17	129	5.52	171
Sep	3.27	98.2	4.25	127
Oct	2.23	69.1	2.80	86.9
Nov	1.14	34.1	1.39	41.8
Dec	0.81	25.1	0.97	30.1
Yearly average	**3.07**	**93.4**	**3.97**	**121**
Total for year		**1120**		**1450**

E_d: Average daily electricity production from the given system (kWh)
E_m: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
H_d: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)
H_m: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

variant A2: georiënteerd naar het zuiden

Fixed system: inclination=12°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.68	21.1	0.84	26.2
Feb	1.22	34.1	1.50	42.1
Mar	2.41	74.7	3.02	93.5
Apr	3.61	108	4.66	140
May	3.95	122	5.21	161
Jun	4.10	123	5.49	165
Jul	3.86	120	5.22	162
Aug	3.35	104	4.47	138
Sep	2.60	78.1	3.40	102
Oct	1.69	52.5	2.17	67.2
Nov	0.83	25.0	1.05	31.6
Dec	0.56	17.3	0.71	21.9
Yearly average	**2.41**	**73.3**	**3.15**	**95.9**
Total for year		**880**		**1150**

E_d: Average daily electricity production from the given system (kWh)
E_m: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
H_d: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)
H_m: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)