



Openbaar eindrapport Dutch Solar Design

Gegevens project

- Projectnummer: TEUE116142
- Projecttitel: Dutch Solar Design
- Penvoerder en medeaanvragers:

ECN.TNO
Aldowa
Design Innovation Group
Hogeschool van Amsterdam
TS Visuals
UNStudio
- Projectperiode: 01-01-2017 tot 31-12-2018
- Publicatiedatum openbaar rapport: 29 maart 2019



Samenvatting

De verduurzaming van de gebouwde omgeving is een urgente en grote opgave: het energieverbruik van alle gebouwen samen vormt 33% van de landelijke energievraag. Om energieneutraal te kunnen worden is energie besparen en optimaal benutten cruciaal, en duurzame energieopwekking onmisbaar. Zonnepanelen op het dak zijn, zeker als het gaat om hoogbouw, niet genoeg. Verticale oppervlakken in de gebouwde omgeving vertegenwoordigen een enorm potentieel voor duurzame energieopwekking. Om dit potentieel te kunnen benutten zijn er nieuwe, esthetische producten nodig voor de gevel. Naast energetisch rendement is uitstraling van groot belang: ontwerprijheid voor de architect, een aantrekkelijk product en gebouw voor de ontwikkelaar en eindgebruiker, en een mooi straatbeeld voor bewoners.

Binnen het project zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Marktonderzoek naar behoeften van de doelgroepen.
- Toepassingsvormen van DSD-PV, flexibele inpassingen op gebouwgevels en objecten in de publieke ruimte.
- Ontwikkelen en testen van vernieuwende moduletechnologie, gericht op integreren van print, lange levensduur en hoog rendement.
- Onderzoek naar (technologische) integratie en installatie van PV modules en gevelelementen. Alle bovenstaande resultaten komen samen in een werkende demonstratiegevel annex expositie stand.
- Brede disseminatie in de relevante sectoren.

De volgende resultaten zijn binnen het project gerealiseerd:

- Multifunctionele, duurzame DSD-PV gevelmodules, in elk gewenst design en formaat.
- Een catalogus met een serie kosteneffectieve ontwerpen.
- Inzicht in marktbehoeften bij eindgebruikers waar het gaat om esthetiek, gebruik en installatie van de DSD-PV gevelelementen.
- Demonstratiegevel voor exposities en beurzen, een showcase voor de esthetische integratie van PV
- Solar Visuals (www.solarvisuals.nl) is in oktober 2018 opgericht door UNStudio/UNSense, TS Visuals en TNO met als doel het esthetische PV gevelmateriaal op de markt te brengen.

Het consortium heeft aantrekkelijke technologie ontwikkeld die voldoet aan de eisen van de markt om zonnepanelen een esthetischer uiterlijk te geven, meer flexibiliteit te bieden en PV (fotovoltaïsche zonne-energie) in gebouwen te kunnen integreren. Onze aanpak maakt heldere kleuren en aangepaste ontwerpen mogelijk, waarbij zowel het PV-gedeelte van de gevel als het niet-PV gedeelte dezelfde uitstraling kunnen hebben.

Het succes van dit project is te danken aan de inzet, het commitment en de multidisciplinaire diversiteit van de mensen die in dit project gewerkt hebben bij partners:

- Aldowa — gevelbouw
- Design Innovation Group — creatief strategieadviesbureau
- ECN.TNO — onderzoek; penvoerder
- Hogeschool van Amsterdam — onderzoek
- TS Visuals — printspecialist
- UNStudio — architectenbureau

Het onderzoek wordt voortgezet met HER subsidie in het *DSD-PV to the test* project. Hierin participeren TNO, UNStudio, Design Innovation Group en TS Visuals.



Resultaten

Gebruikersonderzoek

Welke factoren maken DSD-PV straks tot een succes als BIPV product, zodat het een significante bijdrage kan leveren aan zowel energietransitie als de kwaliteit van de leefomgeving? Waar moet, op basis van interviews, rekening mee worden gehouden in productontwikkeling en -ontwerp?

Uiterlijk

- Besteed aandacht aan integratie in het geheel van de gevel, en aan (esthetische) kwaliteit van de afwerking als deze zichtbaar is.
- Architecten willen de mogelijkheid hebben om materiaal met eenzelfde uitstraling rondom toe kunnen passen. Als energieopwekking van DSD-PV op een noordgevel niet opweegt tegen de meerprijs van het product (materialen en installatiekosten), dan is het wenselijk dat er panelen verkrijgbaar zijn met eenzelfde uitstraling maar zónder PV.
- Ontwikkelaars en technisch adviseurs vrezen dat een sterk spiegelend oppervlak omgevingsoverlast zal veroorzaken en willen de mogelijkheid hebben om een matte(re) variant te kiezen.

Print

- Architecten hebben behoefte aan keuzevrijheid, zeker als het gaat om iets dat zo gezichtsbepalend is als een gevel. Er is geen uitgesproken behoefte aan standaard prints, maar men vermoedt dat enige mate van standaardisering noodzakelijk zal zijn om het product voor een aantrekkelijke prijs aan te kunnen bieden. Een catalogus kan de functie hebben van het delen van standaard prints ter inspiratie.
- Voor standaard prints raadt men aan om het simpel te houden en te kiezen voor: - Kleur(schakeringen), ten opzichte van het huidige aanbod is dat ook al aantrekkelijk en vernieuwend. - Abstracte grafische patronen zoals strepen of stippen, vergelijkbaar met standaard screenings op glas. (Een zwart-wit patroon wordt als meer bruikbaar en breder toepasbaar beschouwd dan een patroon in kleur.)
- Zowel de doelgroep architecten als ontwikkelaars heeft een uitgesproken voorkeur voor abstracte prints (die mogelijk aan iets bestaands/bekends kunnen refereren en bepaalde associaties kunnen oproepen) ten opzichte van 'letterlijke' fotoprints.
- Een 'letterlijke' baksteen-print is mogelijk meer geschikt voor woningbouw dan utility. Een woningbouw ontwikkelaar en twee personen van een wooncorporatie reageerden positief, net als een technisch adviseur die opmerkte dat een baksteen-uiterslijk vertrouwd is en dat niet iedereen open staat voor innovatie. De geïnterviewde architecten zijn geen voorstander van het toepassen van een 'letterlijke' baksteen-print.

Maatvoering

- Er is geen uitgesproken behoefte aan panelen in specifieke standaardmaten, al vermoedt men dat standaardisering een noodzakelijk kwaad is om het product voor een aantrekkelijke prijs aan te kunnen bieden.
- In het geval van een x aantal standaardafmetingen zeggen geïnterviewden: kies voor een serie maten die onderling goed te combineren is, in veelvoud van 30cm (minus tussennaden) in ieder geval één richting.
- Advies uit gesprek: kijk naar de in het Bouwbesluit aangegeven eisen voor de maatvoering van specifieke onderdelen in een gevel, zoals borstwering (=element tussen raam en vloer) en vereiste minimale afstand tussen boven en naast elkaar gelegen gevelopeningen (i.v.m. brandoverslag) enz. en sluit daar zo goed mogelijk bij aan met je standaardmaten.

Verwerking

- Architecten willen de mogelijkheid hebben om textuur en definiëring in een gevel te creëren met/ondanks de toepassing van DSD-PV: het materiaal moet het gevelontwerp niet beperken tot één groot plat vlak. Het kan daarom zinvol zijn om in een DSD-PV catalogus afbeeldingen op te nemen van gebouwen waarbij dit issue is opgelost in het gevelontwerp.



Montage

- Efficiënte montage is van belang, en direct van invloed op de kosten. DSD-PV moet liefst door één partij kunnen worden opgehangen na voorbereidend werk van een e-installateur. Isolatie is belangrijk en wordt steeds belangrijker: elimineer koudebruggen, zorg dat je geen (of zo min mogelijk) gaten in de isolatie hoeft te maken om daar kabels of stekkers door te leiden bij montage.
- Binnen de levensduur van het paneel moet er geen onderhoud van buitenaf nodig zijn op grote hoogte. Dat is duur (hoogwerker/steiger, vergunningen, manuren) en met name in steden logistiek lastig.
- Momenteel is er ca. 10cm ruimte achter de panelen nodig voor koeling. Extra ruimte achter panelen = grotere afstand tot achterconstructie = grotere beugels = meer materiaal en meer gewicht. De consequenties daarvan voor een fundering zijn nog onduidelijk.

E-installatie

- Het moet voor de gevelmonteur te zien zijn of hij/zij de kabels juist heeft aangesloten, en niet verkeerd-om. Hetzij door middel van ontwerp, dat een verwisseling niet mogelijk is omdat het niet past, of door middel van directe feedback. Het is ons onbekend of dit principe al bestaat en toegepast wordt.
- Volg zoveel mogelijk de standaarden van installateurs en onderhoudspartijen, zowel qua werkwijze als gebruikte onderdelen. Denk goed na over eenvoudige, bestaande bevestigings- of montage-technieken.
- Van een leverancier wordt doorgaans kennis en advies verwacht voor het toepassen van een product. Interviews lijken geen passend medium om input van e-installateurs te verzamelen — lastig om te regelen, en gegeven antwoorden per email waren vaak te algemeen en daardoor minder bruikbaar, of bijzonder specifiek (type stekker), wij raden een prototyping sessie met e-installateurs aan.

Energetische opbrengst:

- Hoe hoger de opbrengst in energie, hoe aantrekkelijker het product.

Isolatie

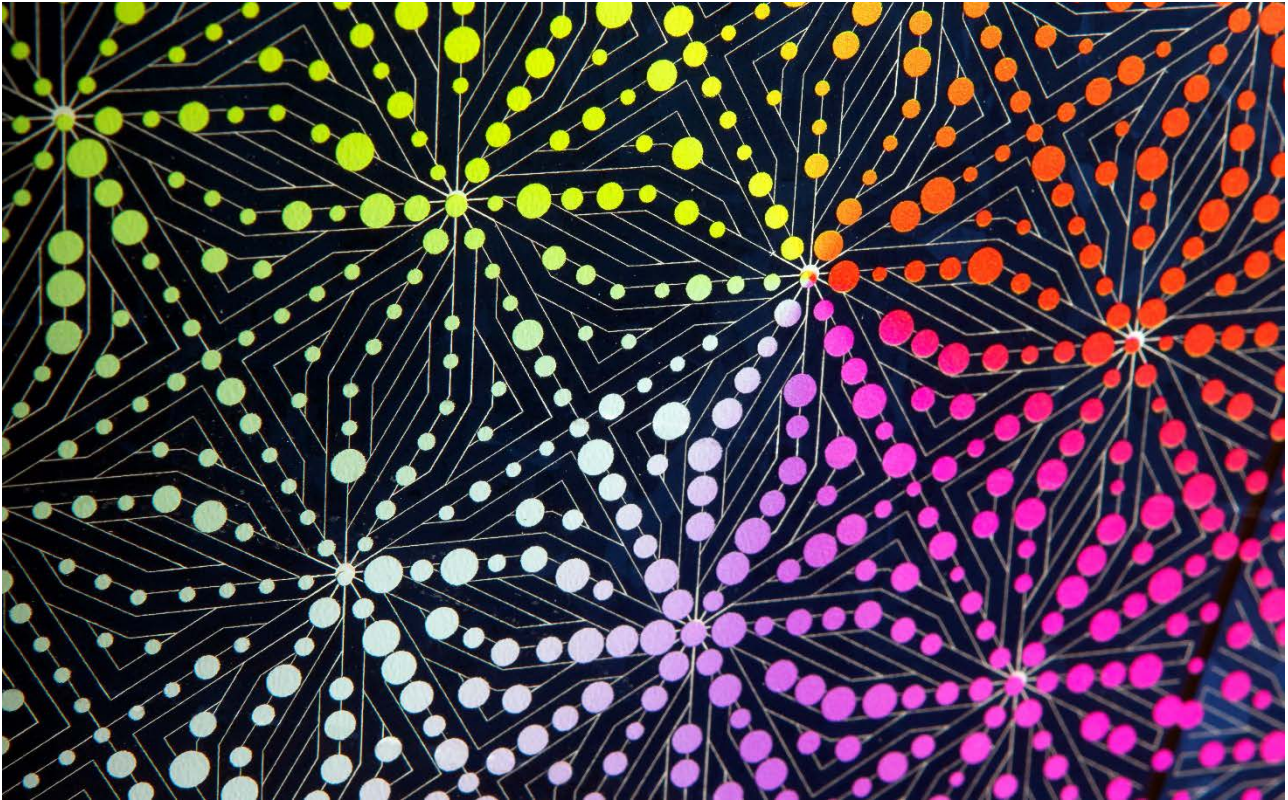
- Een werkende combinatie van DSD-PV met isolatie is mogelijk van grote meerwaarde: een 2-in-1 qua verduurzaming. Een aandachtspunt is dat de panelen niet te warm mogen worden, want dat verlaagt de opbrengst ervan.

End of life

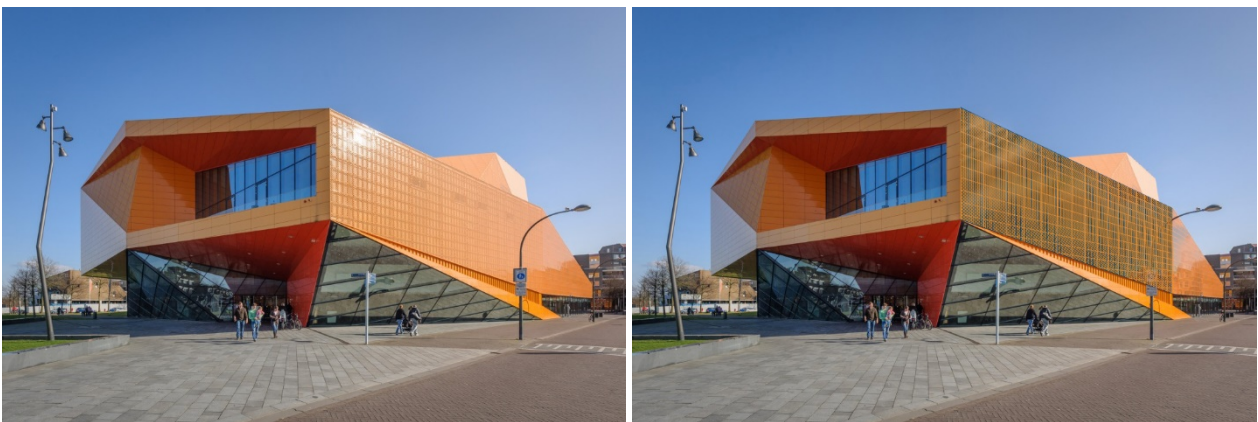
- Recyclebaarheid van DSD is een aandachtspunt en zal in de toekomst nog belangrijker worden als ambitieuze opdrachtgevers (steeds) hoge duurzaamheidseisen stellen. Tegelijkertijd is gezegd: dit is een pijnpunt van alle PV, en als je als bedrijf aangeeft dat het je aandacht heeft is dat op dit moment voldoende.

Ontwerp

Een algoritme zoekt voor elk ontwerp het optimum tussen energetisch rendement en de gewenste visuele uitstraling. Door strategische plaatsing van de stippen en de speciaal hiervoor ontwikkelde printtechniek kan 30% van het oppervlak met een fraaie print bedekt worden, met behoud van 80% rendement. Lijkt ons een uitstekende deal. In Figuur 1 een close-up van een veelkleurig ontwerp. In Figuur 2 een voorbeeld van hoe DSD-PV in een gevel toegepast kan worden.



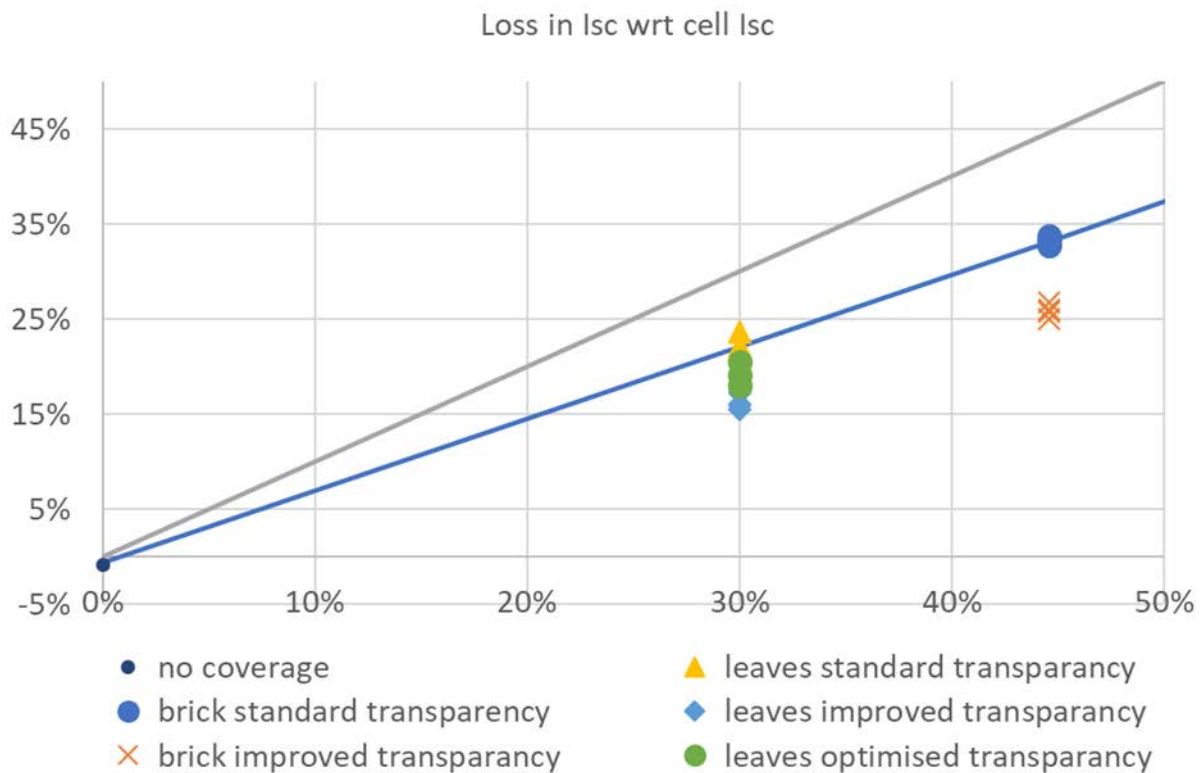
Figuur 1. Een voorbeeld van de vele kleurrijke variaties die mogelijk zijn met DSD-PV, in een van de variaties van het karakteristieke rasterizatie patroon, gerelateerd aan de onderliggende zonnecel technologie.



Figuur 2. Agora theater Lelystad (UNStudio), links zoals het is zonder PV en rechts een rendering met PV.

Performance

Op zoek naar een optimum balans tussen uiterlijk en opbrengt is een belangrijke relatie die is vastgelegd de relatie tussen bedekkingsgraad en verlies in opbrengst, zie onderstaande Figuur 3. Dit laat zien dat het verlies aan opbrengst geringer is dan de bedekkingsgraad en ook dat dit nog kan worden getuned met de transparantie van de gekleurde dots.



Figuur 3. Relatie tussen bedekkingsgraad (x-as) en verlies aan opbrengst (y-as).

Duurzaamheid

Het duurzaamheidsonderzoek heeft zich gericht op twee aspecten, enerzijds de product-integriteit, waarbij de modules goed door de test komen, en anderzijds de levensduur van de kleurechtheid. De kleurechtheid is versneld getest met geconcentreerd, natuurlijk, zonlicht in Arizona in de zogenaamde Q-TRAC installatie. Hierdoor hebben we nu resultaten die vertrouwen geven dat een outdoor levensduur in Nederland van tenminste 25 jaar kan worden gerealiseerd.

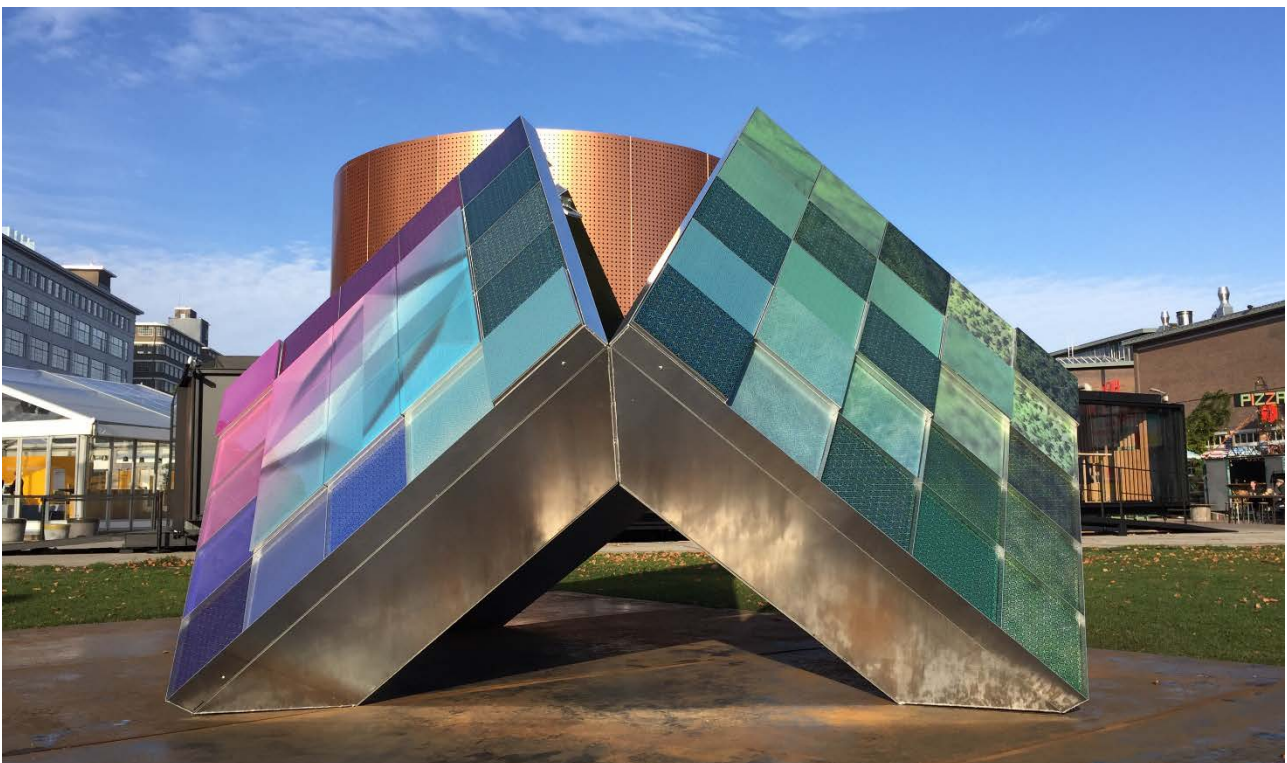
Realisaties

Er zijn twee demonstratiegevels annex beursstands gerealiseerd. De eerste was tijdens de EUPVSEC september 2017 in Amsterdam op de belendende beurs, zie Figuur 4. Deze 3D vormgegeven demonstratiegevel annex beursstand bevatte twee als gevel-element geïntegreerde 90 x 120 cm² panelen. Links in de Figuur de 'Erasmus-brug', vlak geïntegreerd, waarbij de tekening van het paneel overloopt in de omgeving (de wand) van de stand. Rechts van het midden een 'brick' module, uitstekend opgehangen. Tevens zijn losse paneeltjes van circa 40 x 40 cm² getoond en bevatte de stand annex demonstratiegevel de nodige informatie.

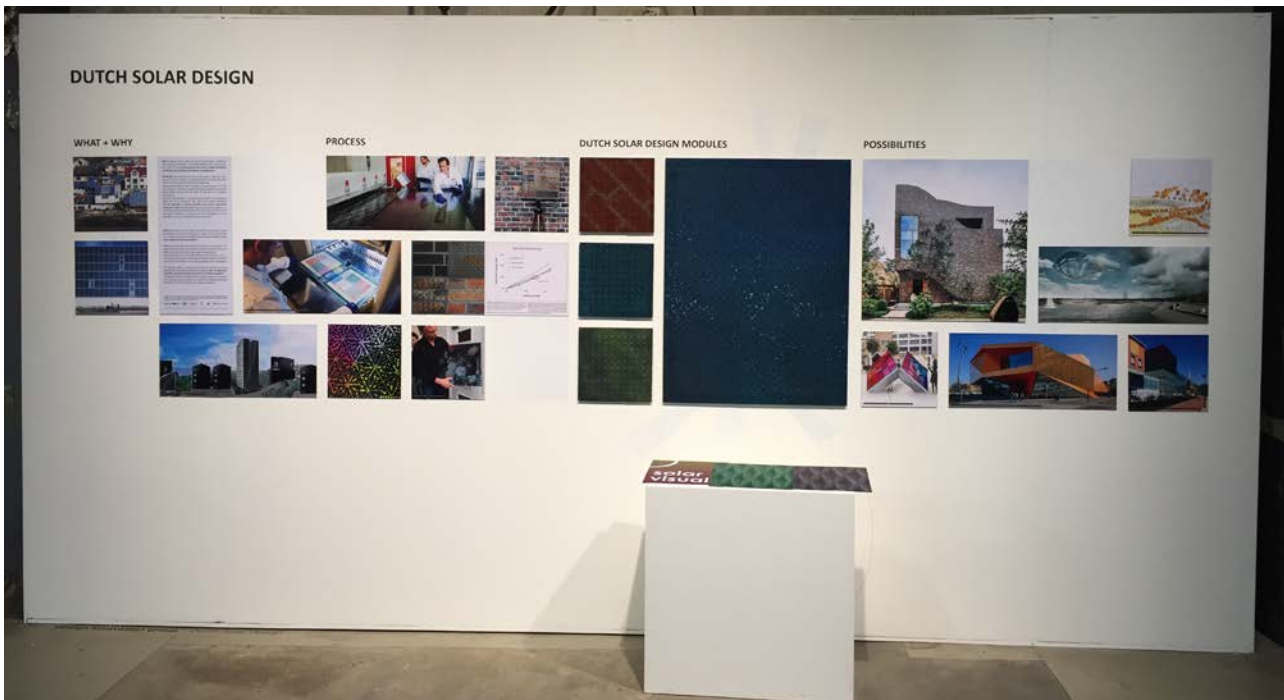


Figuur 4. 3D vormgegeven beursstand annex demonstratiegevel tijdens de EUPVSEC in Amsterdam, september 2017.

Tijdens de Dutch Design Week 20-28 oktober 2018 is door het consortium grootst uitgepakt en zijn de cumulatieve leeraspecten van het grootste deel van de resultaten van het project verwerkt in een sculptuur in de buitenlucht en een informatiewand met diverse demo-modules binnen, zie Figuur 5 en Figuur 6. De sculptuur bestaat uit drie vlakken, gericht op zuid, oost en west, representatief voor de meest relevante oriëntaties van BIPV integratie. Elk vlak is optimaal gericht op de zon en bestaat uit 25 paneeltjes in diverse designs en materialisaties. Van west naar oost wordt een doorlopend verhaal verteld wat er met de designs mogelijk is, van 'brick', baksteenachtige patronen uiterst west tot kleurrijke, abstracte ontwerpen op zuid naar groene, meer natuurlijke designs en prints op oost, van uitvoeringen in glas tot en met kunststof voorzijdes en een meer metalen uitstraling.



Figuur 5. Close-up van het zuid-vlak (links) en oost-vlak (rechts) van de Dutch Solar Design sculptuur tijdens de Dutch Design Week 20-28 oktober 2018.



Figuur 6. Dutch Design Week 20-28 oktober 2018, display binnen die van links naar rechts uitleg geeft over het Dutch Solar Design project, wat en waarom, het proces van realisatie, 4 functionele panelen in het midden en een aantal mogelijke realisaties in gebouwen en stip op de horizon ontwerpen. Voor het display op het blok liggen drie losse paneeltjes (circa 40 x 40 cm²) die in de hand gehouden kunnen worden.

Wat gaat hier verder mee gebeuren?

Energieopwekkende gevels in alle vormen, kleuren en maten — dat is de droom. Het tweejarig Dutch Solar Design onderzoeks- en ontwikkelingstraject is ten einde. Wat gebeurt er nu verder met de opgedane kennis en ontwikkelde technologie? Inzichten uit het gebruikersonderzoek worden breed gedeeld met relevante partijen, om de toepassing van gebouw-geïntegreerde zonne-energie te bevorderen en om aandacht te vragen voor de kwaliteit van landschap, leefomgeving en straatbeeld in het geweld van de energietransitie. Het vervolgonderzoek richt zich op implementatie en doorontwikkeling van het product. In de eerste pilot wordt het DSD-PV gevelmateriaal op bescheiden schaal toegepast om het in de praktijk te testen. Daarna volgen grotere pilots en projecten. Het bedrijf Solar Visuals is opgericht, met als doel dit product op de markt te brengen. Hou de websites www.dsd-pv.nl en www.solarvisuals.nl in de gaten voor nieuws!

Openbare publicaties over het project

- www.dsd-pv.nl
- Dutch Solar Design leaflet
- Gebruikersonderzoek Dutch Solar Design, Frank Goethals, Renate Hilhorst, Lianne Polinder, Marieke Rietbergen, Design Innovation Group.
- An architectural approach for improving aesthetics of PV, L.H. Slooff, J.A.M. van Roosmalen, L.A.G. Okel, T. de Vries, T. Minderhoud, G. Gijzen, T. Sepers, A. Versluis, F. Frumau, M. Rietbergen, L. Polinder, E.M.B. Heller, F. de Vries, EU PVSEC 2017, 25-29 September 2017, Amsterdam.
- Brick modules for improved aesthetics in PV; Introducing the Dutch Solar Design project, John van Roosmalen, Lenneke Slooff, Lars Okel, Menno van den Donker, Tessa de Vries (ECN), Tom Minderhoud, Ningzhu Wang, Ger Gijzen (UNStudio), Thijs Sepers (TS Visuals), Marieke Rietbergen, Lianne Polinder (Design Innovation Group), Renee



Heller (Amsterdam University of Applied Sciences), Alwin Versluis, Frank Frumau (Aldowa), Advanced Building Skins Conference, 2-3 October 2017, Bern Switzerland.

- Dutch Solar Design BIPV: Optimizing power output and aesthetic performance in architectural design, L.H. Slooff, J.A.M. van Roosmalen, L.A.G. Okel, T. Minderhoud, G. Gijzen, L.C. Polinder, F. Goethals, T. Sepers, EU PVSEC 2018, 24-28 September 2018, Brussel, België.

Contact voor meer informatie

Meer informatie over dit project kan verkregen worden via:

- John van Roosmalen, ECN.TNO, via het secretariaat, SolarEnergy@tno.nl

Subsidie

Het project is uitgevoerd met Topsector Energiesubsidie van het Ministerie van Economische Zaken, referentie TEUE116142