



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland



Elektriciteit uit zonne-energie

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

*>> Duurzaam, Agrarisch, Innovatief
en Internationaal ondernemen*

Productgroep elektriciteit uit zonne-energie

De productie van elektriciteit uit zonne-energie levert in Nederland een belangrijke bijdrage aan de stijging van het aandeel hernieuwbare energieopwekking. Zo groeide de productie van elektriciteit uit zonne-energie in 2018 met meer dan 50 procent¹. Om verdere ontwikkeling en opschaling van elektriciteit uit zonne-energie te stimuleren worden innovaties door de Rijksoverheid gestimuleerd. De projecten die in de periode 2012 t/m 2018 een subsidie hebben ontvangen² worden hieronder besproken.

Onderzoeksgebieden

Het onderzoek op het gebied van zonne-energie is in dit rapport onderverdeeld in twee onderzoeksgebieden; namelijk toepassing en procesverbetering. Het onderzoeksgebied toepassing bevat projecten die nieuwe producten maken ter verbetering van de huidige manier om zonne-energie om te zetten naar elektriciteit. Dit kunnen geïntegreerde oplossingen zijn in bouwelementen, dan spreken we van Building Integrated PhotoVoltaics (BIPV), of installaties op bijvoorbeeld water. In het onderzoeksgebied procesverbetering worden projecten beschreven die betrekking hebben op het verbeteren van de zonnecellen, modules en het fabricageproces. Deze projecten hebben betrekking op kristallijn silicium wafers, dunne films en het significant verhogen van de rendementen. Daarnaast worden ook nieuwe manieren om PV-cellen en – modules te testen onderzocht. In de onderstaande tabel is het aantal projecten per onderzoeksgebied terug te vinden.

Tabel – onderzoeksprojecten over elektriciteit uit zonne-energie per onderzoeksgebied in de periode 2012 t/m 2018

Onderzoeksgebied	Lopend	Afgerond	Totaal
Toepassing	30	19	49
Woningen	15	12	27
Utiliteitsbouw	7	6	13
Wateroppervlakten	8	1	9
Procesverbetering	29	33	62
Kristallijn-silicium	11	16	27
Dunne film	10	10	20
Hybride	1	1	2
Overig	7	6	13
Totaal	59	52	111

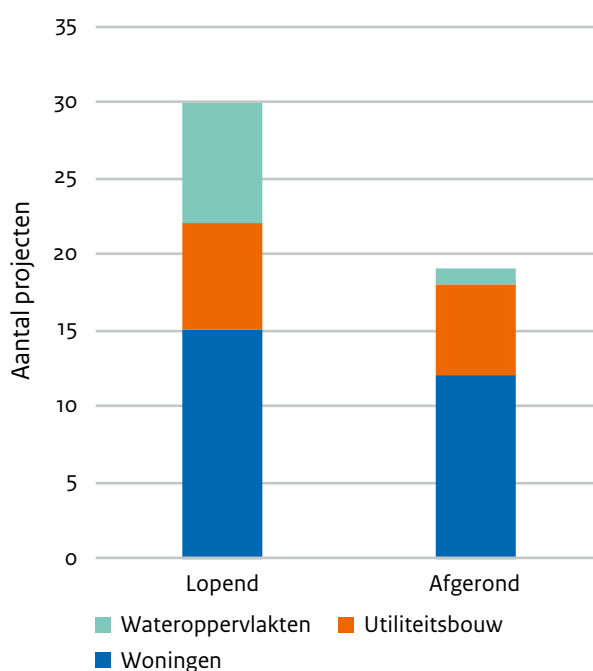
¹ <https://www.energieakkoordser.nl/nieuws/2019/zonnestroom-neemt-toe-wind-gelijk.aspx>

² In het kader van de Topsector Energie, de Hernieuwbare energie-regeling en/of de Demonstratie Energie Innovatie-regeling (peildatum 1 april 2019)

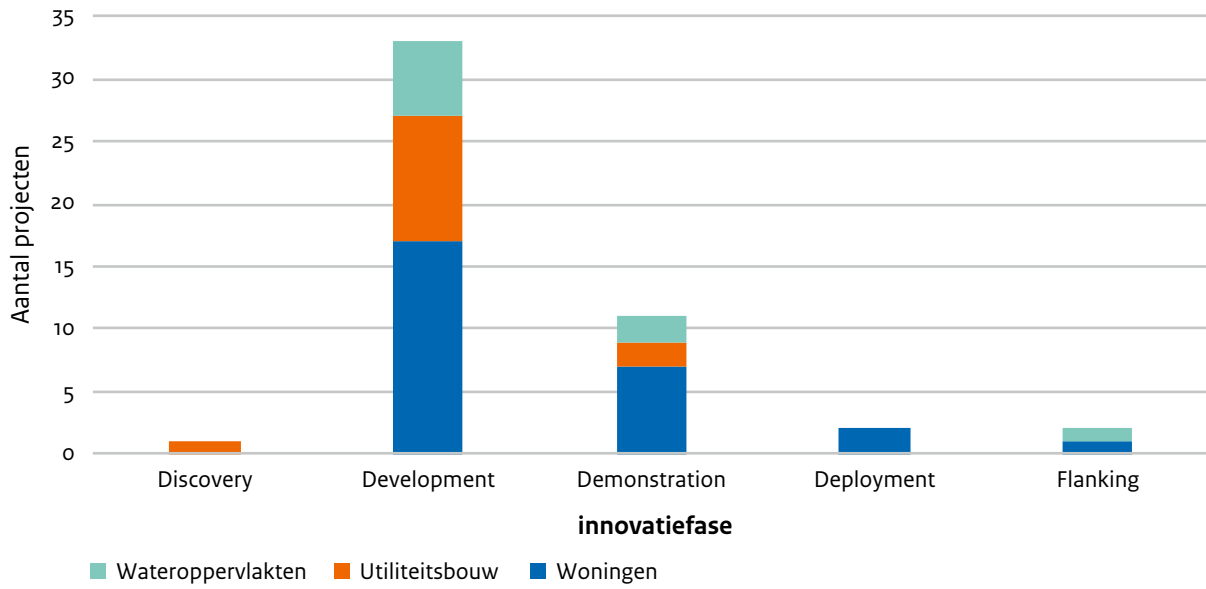
Toepassingen

Binnen toepassing worden er nieuwe producten/toepassingen ontwikkeld in vier markten, namelijk: woningen, utiliteitsgebouwen, voertuigen en op wateroppervlaktes. Productontwikkeling draagt met name bij aan het inpassen van zonnepanelen in een product (zoals een gebouw) wat de esthetiek verbeterd en de opbrengst van de zonnepanelen verhoogd.

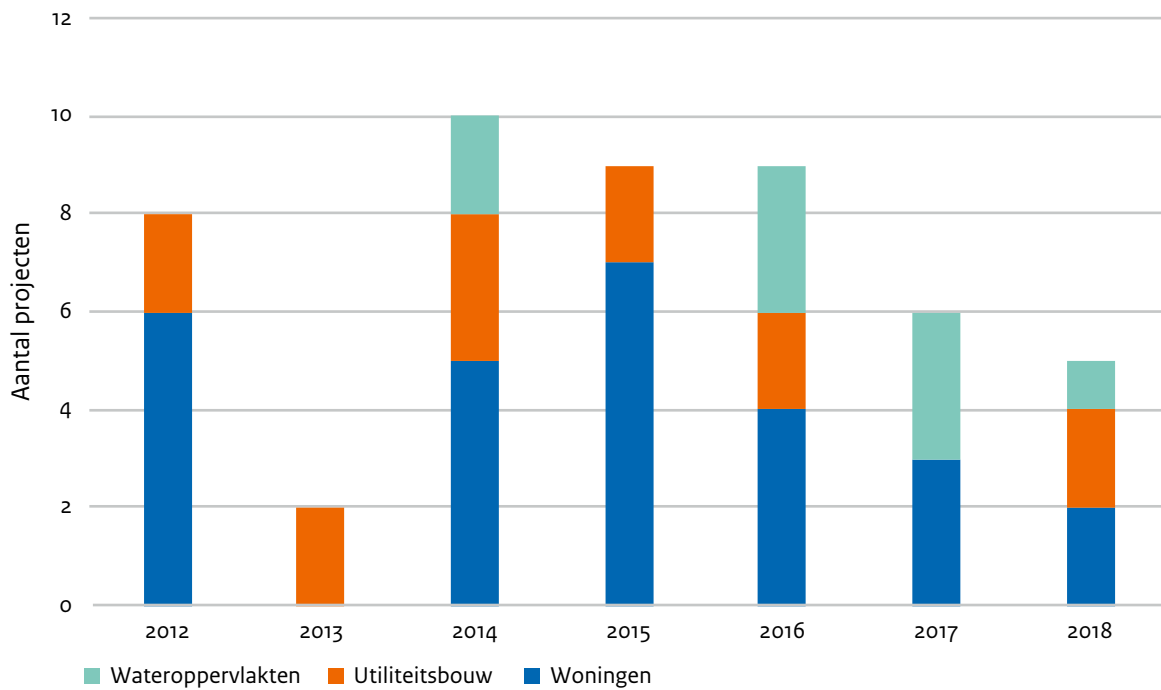
Figuur 1 Onderzoeksprojecten naar toepassingen in de periode 2012 t/m 2018



Figuur 2 Onderzoeksprojecten naar toepassingen in de periode 2012 t/m 2018



Figuur 3 Onderzoeksprojecten naar toepassingen in de periode 2012 t/m 2018



Voor residentiële gebouwen zijn er 27 onderzoeksprojecten waarvan er 12 inmiddels zijn afgerond. Het grootste deel ervan heeft betrekking op Building Integrated PhotoVoltaics (BIPV) oftewel esthetisch afgewerkte bouwelementen die door middel van zonne-energie elektriciteit produceren. Over het algemeen is het hier van belang dat de bouwelementen rendabel, esthetisch, kosteneffectief en efficiënt zijn. De bouwelementen variëren van dak- tot muurapplicaties. In de projecten is er vaak een focus op de ontwikkeling van prefab-systemen of esthetisch/afmeting technisch op maat gemaakte systemen. Eén van de knelpunten ondervonden in de projecten is het gebrek aan efficiëntie van BIPV en het gebrek aan marktpotentieel. Daarnaast wordt er binnen de residentiële gebouwen ook aan zonnepanelen gewerkt die niet worden geïntegreerd binnen de bouwelementen. Hierbij ligt de nadruk op software en hardware die energieopbrengst voorspelt en optimaliseert.

Voor utiliteitsgebouwen zijn er 13 onderzoeksprojecten waarvan er 6 zijn afgerond. Ook integratie in kassen van de glastuinbouw is hier meegenomen. Deze projecten hadden allemaal betrekking op BIPV. Hierbij is het ook de bedoeling dat de bouwelementen kostenefficiënt, rendabel en esthetisch zijn. De nadruk ligt op

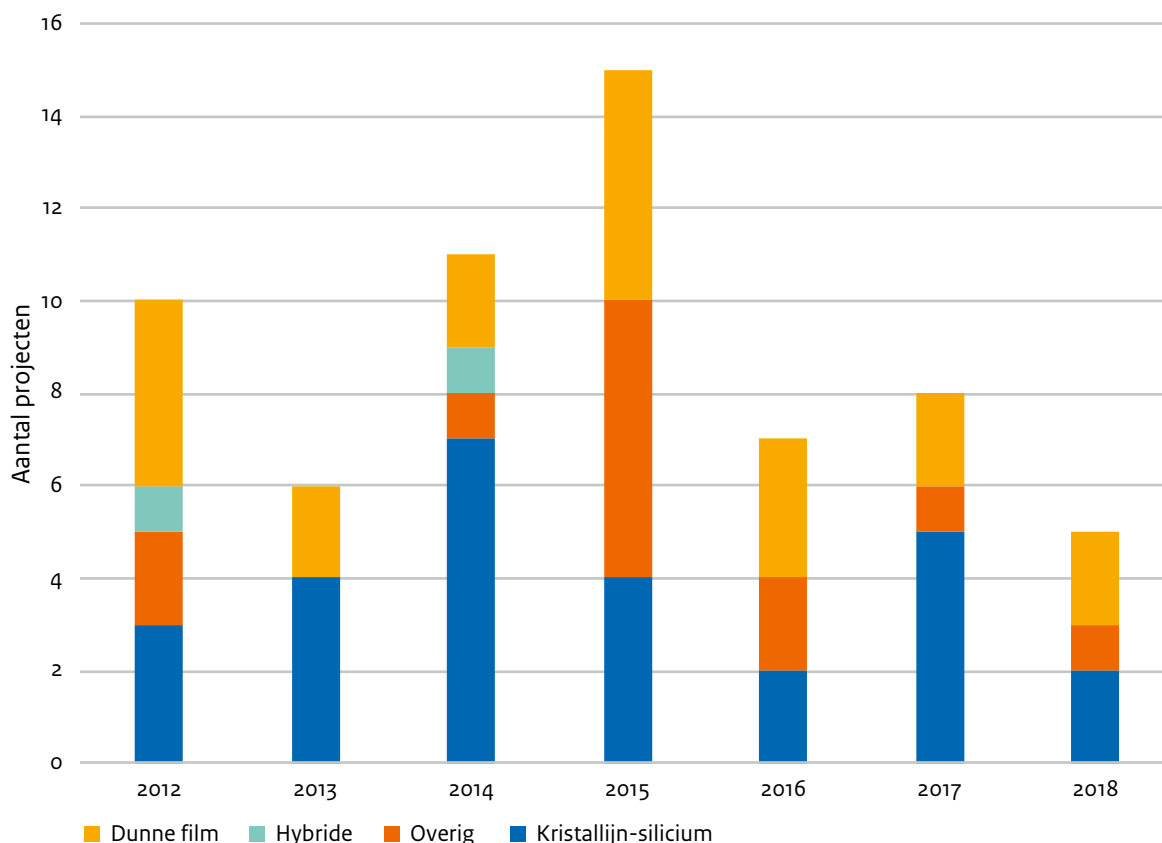
organische PV-panelen, verduurzaming, autonome positionering van de zonnepanelen en applicaties voor glas.

Er zijn 9 projecten waarbij PV-systemen op of rond het water zijn onderzocht waarvan er één is afgerond. De nadruk ligt hier op de demonstratie van drijvende PV-systemen die economisch rendabel zijn, overweg kunnen met golven en goedkoper zijn dan PV-panelen op land en het bijbehorende businessmodel. Daarnaast is er één project waar onderzoek wordt gedaan naar de inpassing van PV-systemen op dijken.

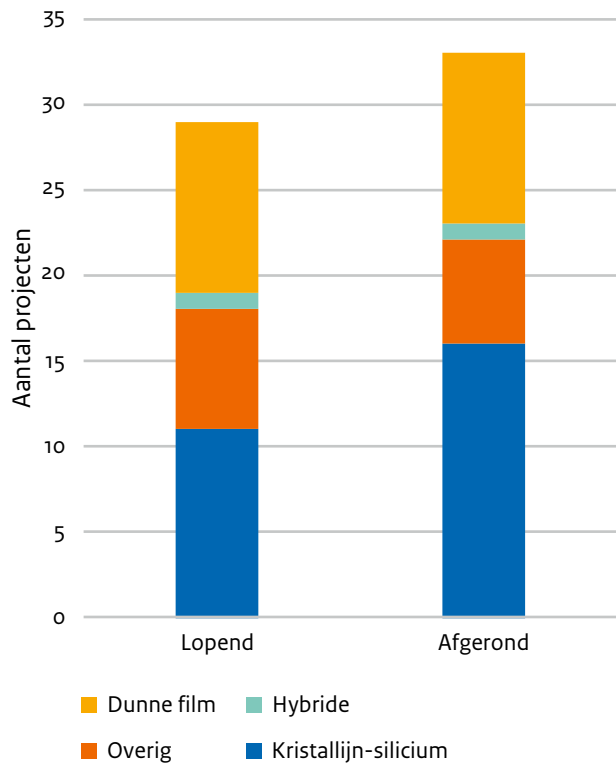
Procesverbetering

Binnen dit onderzoeksgebied vallen projecten die zich bezig houden met het verbeteren van de processen om zonnepanelen te maken en het proces om zonne-energie om te zetten in elektriciteit. Dit draagt bij aan de besparing van kosten, materialen en het bereiken van hogere efficiëntie en opbrengst van zonnecellen. In totaal zijn er 62 onderzoeksprojecten, waarvan er 32 zijn afgerond, verdeeld over drie onderwerpen namelijk: PV-cellen en -modules gebaseerd op kristallijn silicium, dunne film, hybriden en overig. Onder overig vallen projecten die zich onder meer richten op coatings, micro-electronics en het testen van zonnecellen.

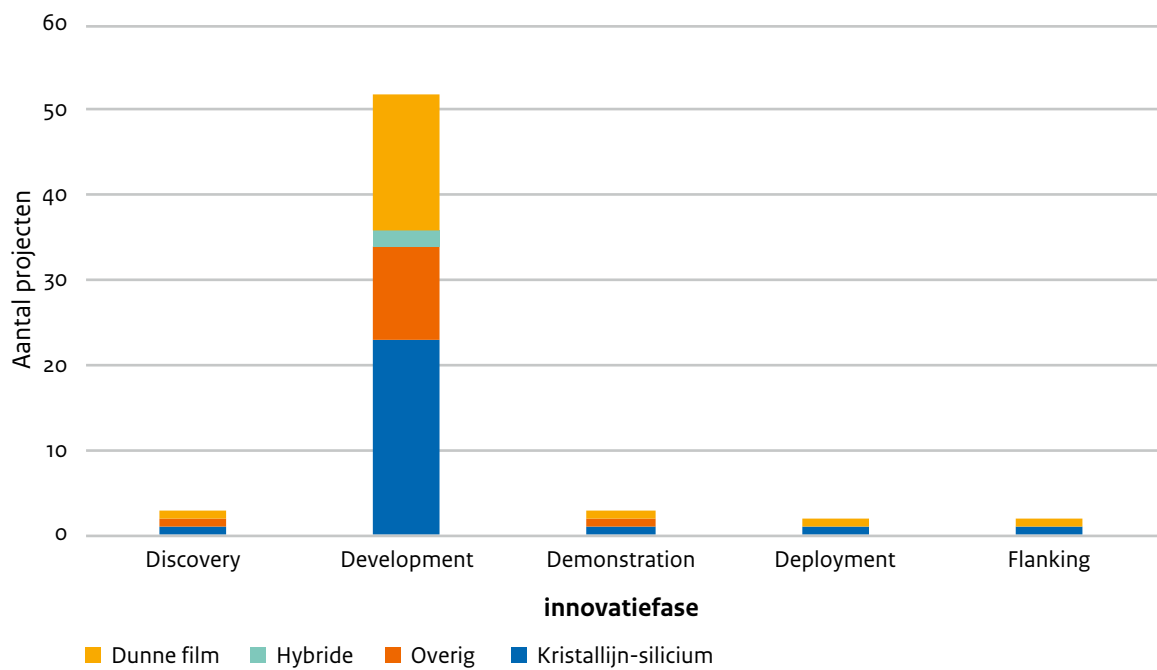
Figuur 1 Onderzoeksprojecten naar procesverbetering in de periode 2012 t/m 2018



Figuur 2 Onderzoeksprojecten naar procesverbetering in de periode 2012 t/m 2018



Figuur 3 Onderzoeksprojecten naar procesverbetering in de periode 2012 t/m 2018



Bij PV-cellen en -modules gebaseerd op kristallijn silicium wafers zijn er 27 onderzoeksprojecten waarvan er 16 zijn afgerond. Hierbij worden over het algemeen kristallijn silicium wafer technieken verder verbeterd resulterende in een grotere opbrengst. Bijvoorbeeld door op de wafer met droog-graving een textuur aan te brengen. Daarnaast zijn er enkele projecten die zich richten op bi-facial zonnepanelen, welke zonlicht van zowel de voorkant als achterkant kunnen absorberen. Onderzoek en ontwikkeling naar gepassiveerde contacten vindt ook plaats in enkele projecten. Tevens zijn er enkele projecten waar gekeken wordt naar Interdigitated Back Contact (IBC) zonnecellen. De afgeronde projecten hadden last van enkele knelpunten waaronder een aantal technologische knelpunten die zich voordeden aan het einde van het project, tijdens de modulefabricage. Deze problemen betroffen de integratie van diodes tijdens laminering, cel positionering, de krimpende ethylene vinyl acetate (EVA) film en uitlijning van de metalen contactpunten op de cellen.

Bij PV-cellen en -modules gebaseerd op dunne films zijn er 20 onderzoeksprojecten waarvan er 10 zijn afgerond. Deze projecten hebben voornamelijk betrekking op het verbeteren van de dunne films waardoor er minder productiefouten optreden en het reduceren van de kosten. Het gaat hier om zowel de ontwikkeling van nieuwe zonnecellen als productietechnieken. Nieuwe zonnecellen gebaseerd op perovskite en koper-indium-galliumselenide (CIGS) worden onderzocht. Daarnaast is er veel aandacht voor roll-to-roll productietechnieken voor dunne films.

Er zijn 2 projecten waar hybride tandem zonnecellen worden ontwikkeld, 1 ervan is inmiddels afgerond. In deze projecten wordt onderzoek gedaan naar de combinatie van kristallijn silicium met dunne film en kristallijn silicium met perovskite.

In de categorie 'overig' zijn er 13 onderzoeksprojecten waarvan er 6 zijn afgerond. Deze projecten hebben betrekking op het ontwikkelen van simulaties en testen voor ontwikkelde zonnepanelen, het gebruik van nieuwe materialen, het faciliteren van een infrastructuur voor kleinere partijen om tests uit te voeren, bypass diodes en verschillende anti-reflectie en anti-vuil coatings.

Verantwoording gegevens

De gegevens in deze publicatie zijn gebaseerd op projectgegevens die RVO verzamelt over de Topsector Energie. Projecten zijn voor deze publicatie op basis van informatie in de projectplannen gekoppeld aan een productgroep. Een productgroep wordt daarbij beschouwd als een verzameling van producten (zoals woningen, windturbines en fabrieken) met een gemeenschappelijke energie-functionaliteit. Zo heeft RVO projecten gekoppeld aan de productgroepen 'biogas uit vergisting', 'elektriciteit uit windenergie' en 'elektriciteit uit zonne-energie'. Alhoewel dit met grote zorgvuldigheid is gedaan, valt het niet uit te sluiten dat enkele projecten niet of onterecht zijn gekoppeld aan een bepaalde productgroep.

Projecten uit de volgende regelingen zijn meegenomen:

- Projecten die gesubsidieerd worden door de subsidieregelingen Topsector Energie (TSE), Hernieuwbare Energie (HER), en de Demonstratie Energie Innovatie (DEI);
- De projecten die gesubsidieerd zijn met Klimaatenvlop 2018 middelen in de volgende vijf Topsector Energie (TSE) tenders: aardgasloze wijken, woningen en gebouwen, pilots waterstof, pilots CC(U)S, Topsector Energiestudies en chemische recycling van kunststoffen.

Projecten die een subsidie hebben ontvangen in de periode 2012 tot en met 2018 (budgetjaren) zijn meegenomen, zowel projecten die nog in uitvoering zijn en projecten die zijn afgerond. De peildatum van de in deze rapportage gebruikte gegevens is 01-04-2019.

Zie voor meer informatie over de gegevens die RVO verzamelt over gesubsidieerde energie-innovatieprojecten de jaarlijkse [Terugblik in Cijfers](#) van RVO.

Bijlage: overzicht projecten

Hoofdstuk	Paragraaf	Projectnummer	Budgetjaar	Status	Projectomschrijving
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEHE118008	2018	BEH	S.T.A.L.
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEHE118017	2018	BEH	DSD-PV to the test
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEID115004	2015	VST	Mobility Center
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEID115028	2015	BEH	Esthetic SOLar blinds for DYNAamic light management
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEMW140008	2014	VST	Industrialization and System Integration of the Aesthetic Energy Roof Concept
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEUE116142	2016	BEH	Dutch Solar Design
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEUE116184	2016	BEH	Integratie van CPV in de gevel voor energie-positieve gebouwen
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEZ0214011	2014	BEH	Organic PhotoVoltaic systems integrated in manufactured building elements
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEZG113007	2013	VST	Hoog Geconcentreerde Zon op Fotovoltaïsche Cellen in de Gebouwde Omgeving
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEZG113010	2013	BEH	Integratie OPV in Bouw en Glastuinbouw
Toepassing	Utiliteitsbouw	TEZG214006	2014	VST	Building Integrated Concentrator PV system
Toepassing	Utiliteitsbouw	TKISG02019	2012	VST	Electrical Vehical supported PV Grid
Toepassing	Utiliteitsbouw	TKIZ01016	2012	VST	Smart Energy Windows
Toepassing	Wateroppervlakten	TEHE116900	2016	BEH	Zon Op Water
Toepassing	Wateroppervlakten	TEHE117022	2017	BEH	Zon op Zee voor off-grid (productie)eilanden
Toepassing	Wateroppervlakten	TEHE116369	2016	BEH	Innovatieve Zon-PV op Water
Toepassing	Wateroppervlakten	TEUE116187	2016	BEH	Submerged solar
Toepassing	Wateroppervlakten	TEUE117035	2017	BEH	Solar@Sea
Toepassing	Wateroppervlakten	TEUE117066	2017	BEH	Comparitive assesement of PV at SEA versus PV on LAND
Toepassing	Wateroppervlakten	TEUE318002	2018	BEH	Zon op Dijken
Toepassing	Wateroppervlakten	TEZ0214001	2014	BEH	Robust, desert-proof modules
Toepassing	Wateroppervlakten	TEZG114004	2014	VST	Sunfloat; drijvende en roterende PV in gebouwde omgeving
Toepassing	Woningen	TEHE115054	2015	BEH	Duurzame Renovatie Gestapelde Woningbouw
Toepassing	Woningen	TEHE115088	2015	BEH	PRefab Integrated Multifunctional Energyroof (PRIME)
Toepassing	Woningen	TEHE116051	2016	BEH	Extase
Toepassing	Woningen	TEHE116091	2015	VST	Full Aesthetic Solar Roof
Toepassing	Woningen	TEHE116367	2016	BEH	Compact Solar 2.0
Toepassing	Woningen	TEID115008	2015	VST	SCalable, Aesthetic, Robust, Light weight bipv Elements
Toepassing	Woningen	TEID215032	2015	BEH	High Efficiency Coloured Solar Modules for Facades
Toepassing	Woningen	TESOL17001	2017	BEH	BIFACE (ERANET)
Toepassing	Woningen	TESOL17003	2017	BEH	PANELPV (ERANET)
Toepassing	Woningen	DEI1400023	2014	VST	Demonstratie zonnestroomsysteem voor huurappartementen
Toepassing	Woningen	DEI218012	2018	BEH	Demonstratie van energieopwekkende Lumiduct-gevel in M4H Hoofdstuk

Hoofdstuk	Paragraaf	Projectnummer	Budgetjaar	Status	Projectomschrijving
Toepassing	Woningen	TEID215005	2015	BEH	Building Integrated PhotoVoltaic Panels On Demand - in The Netherlands
Toepassing	Woningen	TEID215014	2015	VST	Ontwikkeling Modulaire Multifunctionele Systeemelementen
Toepassing	Woningen	TEMW140009	2014	VST	Photovoltaics for high-performance building integrated electricity production using high-efficiency
Toepassing	Woningen	TEUE116154	2016	BEH	Opti-Shade: the optimal system configuration in case of shadow
Toepassing	Woningen	TEUE116236	2016	BEH	Photovoltaic Systems Installation Optimization
Toepassing	Woningen	TEUE117067	2017	BEH	Intelligent Health Assessment of PV Systems
Toepassing	Woningen	TEUE318007	2018	BEH	Building Integrated Photovoltaic panels on Demand 2
Toepassing	Woningen	TEZ0214006	2014	BEH	Transparent Interconnection for Organic PhotoVoltaic Solar Modules
Toepassing	Woningen	TEZG114003	2014	VST	Gebouweïntegreerde Esthetische Vernieuwende EnergieLeverende Zonnegevels
Toepassing	Woningen	TEZG114006	2014	BEH	Intelligente elektronica voor (fotovoltaïsche) zonnepanelen in gebouwde omgeving
Toepassing	Woningen	TKISG02017	2012	VST	Solar Forecasting & Smart Grids
Toepassing	Woningen	TKIZ01006	2012	VST	Light weight Rooftop BIPV System
Toepassing	Woningen	TKIZ01009	2012	VST	Portaal Zonnestroom
Toepassing	Woningen	TKIZ01013	2012	VST	Low cost prefab Roof-integrated PV system
Toepassing	Woningen	TKIZ01014	2012	VST	A Novel Concept for an Aesthetic Energy Roof AER
Toepassing	Woningen	TKIZ01019	2012	VST	SunCycle 2nd generation concentrator cell-assembly
Procesverbetering	Csi	TEID215022	2015	VST	Competitive passivating contact technology for PV
Procesverbetering	Csi	TEID115003	2015	VST	Multi Line Concentration modules using Advanced cell edge passivation solutions
Procesverbetering	Csi	TEID215038	2015	BEH	World Champion 60-cell format modules
Procesverbetering	Csi	TEMW130001	2013	VST	Silicon Competence Centre 2
Procesverbetering	Csi	TEUE116139	2016	BEH	Material Independent Rear pAssivating Contact soLar cEll
Procesverbetering	Csi	TEUE116905	2016	BEH	tRansparent pAssivating contact Design for Advanced solaR cells
Procesverbetering	Csi	TEID215011	2015	VST	Advanced n-Pasha - bifacial passivated contact cells
Procesverbetering	Csi	TESOL17005	2017	BEH	PEarl (ERANET)
Procesverbetering	Csi	TESOL17007	2017	BEH	RHINO (ERANET)
Procesverbetering	Csi	TEUE117010	2017	BEH	High Temperature – Silicon Oxide HeterjunctiOn solar cells
Procesverbetering	Csi	TEUE117022	2017	BEH	All Back-Contacted for all
Procesverbetering	Csi	TEHE117099	2017	BEH	POly BAseD Rear BI-facial ModuleS: POLARIS
Procesverbetering	Csi	TEUE118002	2018	BEH	SATURNIA - Highly bifacial IBC cells on glass
Procesverbetering	Csi	TEUE118003	2018	BEH	2-sided POLY-Si passivated contacts towards 24% bifacial Plated SI cells
Procesverbetering	Overig	TEHE115037	2015	BEH	Smart durable high performance PV modules
Procesverbetering	Overig	TEHE116003	2016	BEH	Anti Soiling And PV

Hoofdstuk	Paragraaf	Projectnummer	Budgetjaar	Status	Projectomschrijving
Procesverbetering	Overig	TEID215030	2015	BEH	Scalable Shade Tolerant Modules
Procesverbetering	Overig	TEID115015	2015	VST	Safe and reliable PV modules
Procesverbetering	Overig	TEID115019	2015	VST	Easy clean PV
Procesverbetering	Overig	TEID115024	2015	VST	Automatic Malfunction Detection for Improvement of solar PV yield
Procesverbetering	Overig	TEUE116219	2016	BEH	Full scale LED based solar simulator for PV module testing
Procesverbetering	Overig	TEID215062	2015	VST	Development of an Automated Test measurement System for solar modules
Procesverbetering	Overig	TEUE117017	2017	BEH	Design for Recycling & Reuse
Procesverbetering	Overig	TEUE118010	2018	BEH	PhotoVoltaic modules based on a P-i-n stack
Procesverbetering	Overig	TEZ0114001	2014	VST	Capturing light for high-efficiency at all incident angels
Procesverbetering	Overig	TKIZ01005	2012	VST	Module Level Power Management
Procesverbetering	Overig	TKIZ01018	2012	BEH	Solar Building Elements Application Test Garden
Procesverbetering	Hybrid	TEZ0214010	2014	BEH	High Efficiency Hybride Tandem Solar Cells
Procesverbetering	Hybrid	TKIZ01001	2012	VST	Advanced Nanolayers
Procesverbetering	Dunne film	TEID115099	2015	VST	Prove Roll-to-roll process-ability of perOvskite mOdules by application of an innovative Foil substr
Procesverbetering	Dunne film	TEID115012	2015	VST	The Reliable and Ultimate Solar cell and module Test
Procesverbetering	Dunne film	TEID215015	2015	BEH	Dunne film Li-ion batterijen geïntegreerd in PV panelen
Procesverbetering	Dunne film	TEID215031	2015	BEH	Surface passivation and light trapping in thin CIGS solar cells
Procesverbetering	Dunne film	TEUE116158	2016	BEH	Re-designing front window in flexible CIGS modules for cost-effective moisture protection
Procesverbetering	Dunne film	TEUE116203	2016	BEH	Performance and Electroluminescence Analysis on Reliability and Lifetime of Thin-Film Photovoltaics
Procesverbetering	Dunne film	TEID115011	2015	VST	BIOTECS
Procesverbetering	Dunne film	TEUE116193	2016	BEH	High-Efficiency Si Perovskite Tandem Solar Cells
Procesverbetering	Dunne film	TEUE118011	2018	BEH	Flexible Lightweight Advanced Materials In Next Generation Of PV
Procesverbetering	Dunne film	TEUE117046	2017	BEH	Back End Advanced Serial Interconnection Technology for CIGS Modules
Procesverbetering	Dunne film	TEUE117074	2017	BEH	Wet coated and Atomic Layer deposited functional Layers for Solar modules processed Under Normal atm
Procesverbetering	Dunne film	TEUE118007	2018	BEH	Shadow tolerant customizable thin-film PV panels
Procesverbetering	Dunne film	TEZ0114003	2014	VST	CIGS with Added Light Management
Procesverbetering	Dunne film	TEZ0213002	2013	VST	Flexible Approach with New Technology, Advanced Systems for Integration of CIGS solar cells
Procesverbetering	Dunne film	TEZ0213003	2013	VST	Dutch Equipment Solutions for Improved Renewable Energy
Procesverbetering	Dunne film	TEZ0214016	2014	BEH	Atmospheric Cost Competitive Elemental Sulpho-Selenization for CIGS
Procesverbetering	Dunne film	TKIZ01002	2012	VST	Eco-PV
Procesverbetering	Dunne film	TKIZ01010	2012	VST	Limanil: Light management by nanotexturisation using NIL

Hoofdstuk	Paragraaf	Projectnummer	Budgetjaar	Status	Projectomschrijving
Procesverbetering	Dunne film	TKIZ01011	2012	VST	Triple-A: All Atmospheric Absorber formation for CIGS and CZTS
Procesverbetering	Dunne film	TKIZ01012	2012	VST	R2RO4PV Roll-to-roll organics for PV

De status 'VST' betekent dat het project is afgerond. De status 'BEH' betekent dat het project op de peildatum nog in uitvoering was.

Meer informatie over deze projecten kan worden gevonden op de website van de Topsector Energie: <https://www.topsectorenergie.nl/topsector-algemeen/topsector-energie-projecten>

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht

Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht

T +31 (0) 88 042 42 42

F +31 (0) 88 602 90 23

E klantcontact@rvo.nl

www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juli 2019

Publicatienummer: RVO-060-1901/BR-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Deze publicatie is met grote zorgvuldigheid samengesteld. Er kunnen geen rechten aan worden ontleend. RVO.nl is niet aansprakelijk voor de gevolgen van het gebruik ervan.