

Eindrapportage

PRefab Integrated Multifunctional Energyroof

PRIME



Projectgegevens

Projectnummer: TEHE115088
Projecttitel: PRefab Integrated Multifunctional Energyroof - PRIME
Penvoerder: TULiPPS Solar
Partners: Fakro Nederland
Linex Prefab daksystemen
Femtogrid Energy Solutions
IBC-Solar
Direct Current
Projectperiode: 23 december 2015 t/m 31 oktober 2018

Contactgegevens

Deze rapportage is opgesteld door de projectpartners. Voor vragen inzake het project, de resultaten en vervolgmogelijkheden kunt u contact opnemen met:

Chematronics BV

Alex Vermeer

+31 6 143 43 108

a.vermeer@chematronics.nl

TULiPPS Solar

Paul Stassen

+31 6 462 30 452

stassen@tulipps.nl

Subsidie

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Subsidieregeling Topsector Energie, §4.2.3. Hernieuwbare Energie, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Samenvatting

Gebouwen en huizen moeten richting “zero-energy buildings”, waarbij er een groeiende behoefte is naar geïntegreerde systeemoplossingen die rekening houden met eisen en wensen op het vlak van comfort, akoestiek en esthetiek. Om te kunnen voldoen aan de steeds scherpere eisen voor de energieprestatie zal de toepassing van BIPV derhalve onvermijdelijk worden.

Het project PRIME (PRefab Integrated Multifunctional Energyroof) heeft geresulteerd in een esthetisch aantrekkelijk compleet prefab energiedaksysteem. De oplossing bestaat uit een blokkendoos aan oplossingen voor daken die voor een all-in €/m² prijs aangeboden wordt. Het systeem maakt gebruik van hoog rendement PV panelen met lange levensduur. De combinatie van brede toepasbaarheid en hoog rendement leidt tot het kosteneffectiever halen van de duurzame energiedoelstellingen in 2023 dan middels SDE+ uitgaven.

Het project heeft voortgebouwd op de COSMOS technologie ontwikkeld in het LiRoB project. Deze technologie biedt een esthetische en flexibel toepasbare glass building skin. Het COSMOS systeem is in dit project uitgebreid met dummy's, randafwerking, dakramen en isolatie. Het totaal wordt gecombineerd in een prefab scharnierkapsysteem waarmee optimale efficiëntie in de bouw en renovatie van woningen wordt behaald. Activiteiten in het project zijn gericht op de naadloze integratie tussen het COSMOS systeem en de bouwkundige elementen (dakramen, isolatie) tot een prefab totaaloplossing. Een belangrijk onderdeel van het project vormt het in de praktijk testen van de ontwikkelde technologieën door zowel kennisinstellingen als in praktijktesten bij Linex en FAKRO.

De volgende resultaten zijn behaald:

- Een marktrijpe totaaloplossing voor energiedaken inclusief esthetische en kosteneffectieve integratie van dakramen, randafwerking, dakkapellen, etc.;
- Testopstellingen van het systeem bij Linex en TULiPPS;
- Demonstratiewoning met het systeem, genaamd Villa Vianen;
- Inrichting van industriële processen (prefab voorbereiding, logistiek, installatie) gericht op grootschalige toepassing in Nederland.

Inhoudelijk eindrapport

Deze rapportage betreft de eindrapportage van het subsidieproject PRefab Integrated Multifunctional Energyroof (hierna te noemen PRIME) zoals uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van EZ, Topsector Energie, §4.2.3. Hernieuwbare Energie. In onderstaande rapportage wordt ingegaan op de inhoudelijke doelstellingen en eindresultaten. Daarnaast wordt een aantal projectwijzigingen omschreven. Gezien de grote hoeveelheid aan behaalde resultaten, zijn enkele bijlagen toegevoegd die, evenals de verdere inhoud van deze rapportage, als **strikt vertrouwelijk** behandeld dienen te worden.

Inleiding

Projectontwikkelaars en aannemers worden steeds meer gedreven om energieneutrale gebouwen te realiseren, door zowel commerciële redenen (lagere rekeningen, fiscale voordelen) als veranderende regelgeving (EPC norm, 0-op-de-meter richtlijnen, CO2 reductie). Het voorgenomen beleid is om in 2017 de energieprestatie van alle nieuwbouw (woningen en utiliteit) met 50% te verbeteren. Ook voor bestaande bouw zullen in de toekomst minimumeisen aan de energieprestatie gesteld gaan worden. Gebouwen en huizen moeten richting “zero-energy buildings”, waarbij er een groeiende behoefte is naar geïntegreerde systeemoplossingen die rekening houden met eisen en wensen op het vlak van comfort, akoestiek en esthetiek. Om te kunnen voldoen aan de steeds scherpere eisen voor de energieprestatie zal de toepassing van BIPV derhalve onvermijdelijk worden. Bovendien laadt onderzoek zien dat toepassing van PV tot de meest goedkope oplossingen behoort per EPC punt voor een betere energieprestatie (DGMR, 2012).

Aansluitend is er vanuit de markt vraag naar nieuwe oplossingen om energie op te wekken in het dak. Er is een trend zichtbaar waarin innovatie, integratie van duurzame energie en energiebesparing in de gebouwde omgeving gerealiseerd wordt door toepassing van multifunctionele bouwdelen. Er komen steeds meer (BI)PV oplossingen op de markt die inspelen op de vraag naar deze multifunctionele bouwdelen, echter leveren deze producten vaak nog maar een deeloplossing voor het grotere geheel. Eén van de uitdagingen zit in het bieden van flexibiliteit in maatvoering/esthetica/etc. zonder daarbij de systeemkosten uit het oog te verliezen. Daarnaast wordt er nog teveel ingezet op individuele componenten en producten, waar er vraag is naar systeem geïntegreerde oplossingen (inclusief passtukken, randafwerkingen, detailaansluitingen, etc.). Een oorzaak hiervoor vindt zich terug in het feit dat de PV-keten veelal productgericht is, wat leidt tot een mismatch met de proces georiënteerde bouwwereld. Deze mismatch tussen de PV en bouwsector vormt een obstakel naar grootschalige uitrol van gebouwgeïntegreerde duurzame energieopwekking en vraagt om cross-sectorale ketensamenwerking².

Door de verschuiving van PV product naar energieopwekkend bouwelement moeten verschillende disciplines (solar, bouw, installatie) samenwerken en activiteiten gaan afstemmen. Om deze transitie te faciliteren zal er allereerst een verandering in benadering en terminologie nodig zijn. Zo wordt er bijvoorbeeld vanuit de PV sector nog altijd gesproken over kostprijzen in €/Wp, waar de bouwwereld uitgaat van €/m². Door gebruik te maken van één en dezelfde terminologie en in te zetten op een systeemoplossing voor een €/m² prijs zal de verspreiding van energieopwekkende bouwproducten sneller en efficiënter kunnen verlopen. Om een prijsvergelijk tussen bouwproducten en PV producten mogelijk te maken zijn voor zowel de conventionele dakbedekkingen als voor de PV producten (systeem)kosten uitgedrukt in €/m². Hieruit volgde al snel de conclusie dat initiële gebouw geïntegreerde PV oplossingen (BIPV full roof solutions) nog niet concurrerend zijn met traditionele dakbedekkingen. Echter wordt hier

vergeten dat een BIPV dak oplossing naast de bescherming tegen de elementen (regen, wind) nog een extra functie vervult, de productie van duurzame energie en daardoor dus niet zomaar één op één te vergelijken is. Het is dus taak dat BIPV niet langer vergeleken wordt met, maar onderdeel is van het bouwproduct.

Doelstelling

Om voor de bovengenoemde uitdagingen een oplossing te bieden, hebben de projectpartners uit zowel de bouw- als PV industrie in dit project het initiatief opgepakt om een strategische samenwerking aan te gaan met als doel om een compleet prefab energiedaksysteem te commercialiseren. De oplossing bestaat uit een gestandaardiseerd maatsysteem voor de gebouwschil (dak) dat voor een (all-in) €/m² prijs aangeboden wordt.

PRIME

In PRIME zijn de volgende doelen nagestreefd en behaald:

- Ontwikkeling van een kosteneffectief gestandaardiseerd maatsysteem dat via de kanalen van FAKRO / Linex (met snelheid) op de markt gebracht kan worden. Laagste systeemkosten voor een all-in totaaloplossing waardoor een groot marktpotentieel ontstaat.
- Het systeem voldoet aan externe factoren zoals wet- en regelgeving, (EU) richtlijnen voor gebouwen, normen voor BIPV/windbelasting/waterdichtheid/elektrische veiligheid/etc.
- Het verschaffen van inzicht in de mogelijkheden van het systeem met behulp van één kleine experimentele opstelling (Bouwbeurs), twee full-scale experimentele opstellingen (Linex & TULiPPS) en een demonstratiewoning (Vianen). Enerzijds hebben de experimentele opstellingen gediend als evaluatie van het productontwerp, anderzijds ondersteunen deze de uitrol naar klanten.
- Alle fases gezamenlijk doorlopen en het PRIME systeem (PV, dakkapel, dakraam, isolatie, passtukken, doorvoeren, detailaansluitingen, randafwerking, energieregel systeem en netkoppeling) doorontwikkelingen tot een compleet en marktrijp prefab geïntegreerd multifunctioneel totaalsysteem. Het PRIME systeem is bij één commerciële klant/project gedemonstreerd.

De volgende resultaten zijn behaald:

- Succesvol uitgevoerde en behaalde windweerstand- waterweerstand- en vliegvuurtesten bij BDA.
- Twee experimentele testopstellingen van een eerste productversie zijn opgebouwd. Zowel bij Linex als bij TULiPPS is op de bedrijfslocatie een testopstelling gebouwd, beide als functioneel gebouw met PRIME energiedaksysteem waarin isolatie, dakraam, dakkapel en PV zijn geïntegreerd.
- Eén demonstratieproject waarbij de klant een operationeel systeem in gebruik zal nemen.
- Disseminatie (op o.a. beurzen en met publicaties) van de binnen dit project ontwikkelde kennis en innovaties.

Werkwijze

Het project kende een vijftal werkpakketten:

- WP1 – COSMOS BIPV systeem. In dit werkpakket is het COSMOS systeem van TULiPPS verder doorontwikkeld inclusief randafwerking, passtukken en dummypanelen. Dit systeem is uniek doordat het de systeemkosten, het gewicht en de installatietijd verlaagt ten opzichte van de commercieel gangbare BIPV systemen. Het ontwerp bestaat uit een esthetisch frameloze high performance module (MWT of H-patroon) die voorzien is van een eenvoudig 'click-&-go' bevestigingsconstructie. Het systeem speelt in op de eisen vanuit de (bouw)markt door te kunnen voorzien in verschillende maatvoeringen.
- WP2 – Prefab dakconstructie. In dit werkpakket is het COSMOS BIPV systeem geïntegreerd in de door Linex geprefabriceerde onderdakconstructie (inclusief isolatie). Het prefab onderdak is de dragende constructie waarop de rails, de bevestigingsconstructie en vervolgens de glazen BIPV modules gemonteerd worden. Er is onderzoek verricht hoe isolatie in het onderdak gecombineerd kan worden met de BIPV buitenschil (koudebruggen, ventilatiekanalen, etc.). Daarnaast is er een oplossing m.b.t. de interface tussen dakramen/doorvoeren en aan de ontwikkeling van detailaansluitingen (nok, goot, dakraam, dakkapel, etc.).
- WP3 – Systeemintegratie prefab multifunctioneel energiedak. In dit werkpakket zijn de activiteiten en ontwikkelingen uit de voorgaande werkpakketten samengevoegd op systeemniveau in een prefab multifunctioneel energiedak dat in de vorm van twee experimentele opstellingen bij zowel Linex als TULiPPS zijn getest. Onder de systeemintegratie valt ook het ontwerp (hard- en softwarematig) van het elektrische systeem dat nodig is voor de aansturing, uitlezing en oogst van het energiedak. Daarnaast zijn de verwerkingsprocessen onderzocht t.b.v. integratie met BIM en de transportprotocollen ingericht.
- WP4 – Demonstraties en businesscase. In werkpakket 4 is de weg naar de markt voorbereid. Hierbij is een demonstratiewoning opgeleverd waarbij het systeem bij een eindgebruiker geïnstalleerd is en in bedrijf is genomen. De businesscase is verder uitgewerkt en de keteninrichting voorbereid.
- WP5 – Projectmanagement. Vanuit dit werkpakket heeft Chematronics in opdracht van penvoerder TULiPPS en de project stuurgroep (bestaande uit vertegenwoordigers van alle partners) het projectmanagement uitgevoerd. Gedurende het project zijn consortiumbijeenkomsten georganiseerd (eens per 8-12 weken) waarbij de partners de voortgang van resultaten met elkaar hebben gedeeld. Daarnaast heeft reguliere afstemming door middel van een maandelijkse telefonische conferentie plaatsgevonden. Chematronics heeft tevens ieder kwartaal de financiële status bij de partners opgevraagd en daarop gestuurd indien noodzakelijk. Deze activiteiten hebben geresulteerd in uitgebreide verslaglegging van bijeenkomsten, voortgangsrapportages etc.

Resultaten

In het project is een groot aantal resultaten bereikt. Onderstaand overzicht geeft de (deel)resultaten van het projectplan weer. Hiervan worden enkele belangrijke resultaten toegelicht. Daarbij wordt tevens gebruikgemaakt van verwijzingen naar beschikbare verslagen en rapporten. Deze zijn integraal onderdeel van deze inhoudelijke eindrapportage en dienen dan ook als vertrouwelijk te worden behandeld.

WP 1: COSMOS BIPV system		
Resultaat 1.1	Randafwerking en glazen passtukken (schuin en recht)	FAKRO
Resultaat 1.2	Dummy's beschikbaar	FAKRO/TULIPPS
Resultaat 1.3	Onderdelen en aanvullingen t.b.v. waterdichtheid en windbelasting	TULIPPS
Resultaat 1.4	Nok- en goot detaillering inclusief voorzieningen voor vrije ventilatie	TULIPPS
Resultaat 1.5	Prototypeproductie voor ~100m2 BIPV	TULIPPS
Resultaat 1.6	Beschikbare productiecapaciteit voor ~300 woningen	TULIPPS

WP2: Prefab dakconstructie		
Resultaat 2.1	Definitie van bouwfysische en bouwtechnische systeemeisen onderdakconstructie	Linex
Resultaat 2.2	Voorlopig ontwerp bevestiging/fixatie BIPV systeem in combinatie met isolatie	Linex
Resultaat 2.3	Voorlopig ontwerp ventilatiekanalen in prefab energiedak	Linex
Resultaat 2.4	Voorlopig ontwerp prefab dak met geïntegreerd bevestigingssysteem inclusief waterdichtheid/afvoer water	Linex
Resultaat 2.5	Uitlijn-/stel mogelijkheden dakconstructie	Linex
Resultaat 2.6	Definitief ontwerp dakraam incl. doorvoeren passend op BIPV COSMOS systeem	FAKRO

WP3: Systeemintegratie prefab multifunctioneel energiedak		
Resultaat 3.1	Ontwerp elektrische configuratie	FemtoGrid
Resultaat 3.2	Testplan gereed	TULIPPS
Resultaat 3.3	Prefab systeemintegratie bekabeling	Linex
Resultaat 3.4	Systeem getest op vliegvuur, waterdichtheid en windweerstand	TULIPPS
Resultaat 3.5	Installatieprotocollen (prefab en op bouwlocatie)	IBC
Resultaat 3.6	Oplevering demodak Fakro (experimentele testopstelling TULIPPS)	FAKRO (TULIPPS)
Resultaat 3.7	Oplevering demodak Linex (experimentele testopstelling Linex)	Linex
Resultaat 3.8	Transportprotocollen	Linex
Resultaat 3.9	Inrichting BIM system	Linex

WP4: Demonstraties en businesscase		
Resultaat 4.1	Oplevering demonstratiewoning inclusief PRIME energiedak	TULIPPS
Resultaat 4.2	Keteninrichting gereed voor opschaling	TULIPPS
Resultaat 4.3	Definitieve businesscase voor commercialisatie energiedak	TULIPPS
Resultaat 4.4	Disseminatie van resultaten middels testopstellingen, demowoning en beurzen	TULIPPS

WP5: Project management		
Resultaat 5.1	Notulen en presentatie van consortiumbijkomsten	TULIPPS
Resultaat 5.2	Voortgangsverslagen, tussenrapportages	TULIPPS
Resultaat 5.3	Financiële rapportages, eindrapportages	TULIPPS

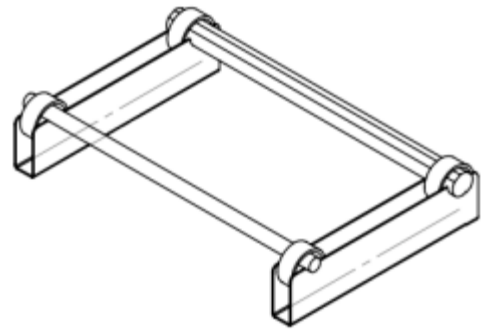
WP1 COSMOS BIPV systeem

Doordat het COSMOS BIPV systeem geïntegreerd wordt in het dak en onderdeel is van de vult deze naast het opwekken van elektriciteit een aantal extra functies in. Zo voldoet het systeem aan de bouwfysische en -technische eisen op het gebied van waterdichtheid en windweerstand en aan de nieuwe normen vanuit het bouwbesluit. TULiPPS heeft het bestaande 4x11 prototypeontwerp (ontwikkeld in TKI project LiRoB) geëvalueerd op basis hier van verbeterd functioneel design ontwikkeld.

Voor het analyseren van de windweerstand zijn de expertise en faciliteiten van BDA ingeschakeld. Het systeem, met nadruk op de achterconstructie, is door TULiPPS getest op o.a. de belastingen en faalmechanismen die tijdens de levensduur van het systeem op treden. Hierbij is voortgebouwd op de reeds door TNO en TULiPPS behaalde resultaten in het project Light Weight Rooftop BIPV (LiRoB).

De basis van de huidige verstevigingsconstructie bestaat uit aluminium profielen. TULiPPS heeft de verstevigingsconstructie herontworpen waardoor deze gemakkelijker kan worden geproduceerd, tegen een lagere kostprijs.

Eén van de doelstellingen van dit project was het ontwikkelen van een gestandaardiseerd maatsysteem. Hiervoor dient het systeem naast de BIPV modules te voorzien in (glazen) passtukken. Het energiedak biedt een esthetische oplossing voor een variatie van gestandaardiseerde maatvoeringen. Met het oog op de maatvoering is afstemming met Linex cruciaal geweest, aangezien deze de prefab onderdakconstructie ontwikkeld waarop de modules inclusief passtukken gemonteerd moeten worden. Net als bij de BIPV modules heeft FAKRO de engineering van waterdichtheid met betrekking tot de passtukken/randafwerkingen op zich genomen.



Figuur: tekening van bevestigingsconstructie TULiPPS.

Voor zowel de nok als de goot zijn de aansluitdetails uitgewerkt, zodat er bij deze overgangen/detailaansluitingen op het gebied van windbelasting, waterdichtheid en ventilatie is voldaan aan de bouwfysische vereisten. Bij de detaillering van de nokaansluiting is naast waterdichtheid en ventilatie vooral rekening gehouden te worden met de hoge windbelasting die op de nok uitgeoefend wordt. Bij de gootdetails (overgang paneel naar goot) spelen esthetica (aangezien dit zichtbaar is vanaf straatniveau) en ventilatie een grote rol. Naast nok- en gootdetails is er ook gekeken naar de afwerking van de zijranden en de verbindingen/aansluitingen tussen dakramen, dakkappen en doorvoeren.



Figuur: randafwerking van het PRIME-dak.

Als toevoeging op de energieproducerende COSMOS panelen zijn er tevens dummypanelen ontwikkeld die qua vormgeving en bevestiging identiek en qua uiterlijk nagenoeg identiek zijn. Op deze manier kan er een compleet en esthetisch homogeen glazen daksysteem opgeleverd worden. Tevens is de benodigde productiecapaciteit voor prototype productie ingericht.

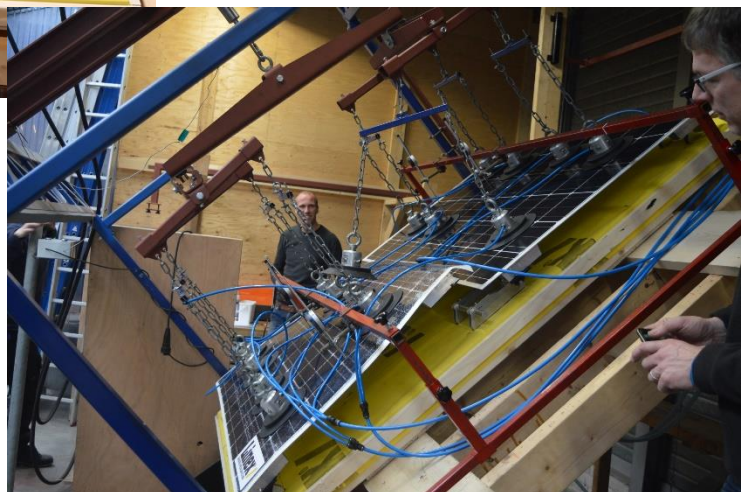
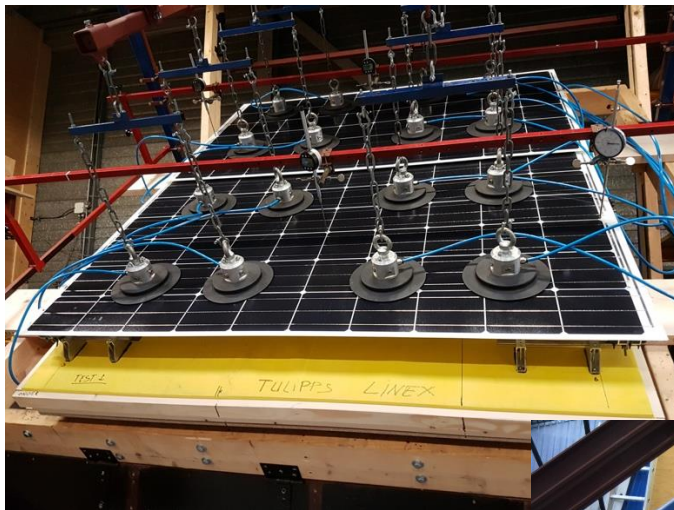


Figuur: Zonnepanelen en dummypanelen verwerkt in kleinschalige testopstelling Bouwbeurs

WP3 Systeemintegratie prefab multifunctioneel energiedak

Eén van de belangrijkste aspecten van een PRIME-dak is dat het voldoet aan de (inter)nationale standaarden m.b.t. waterdichtheid, windweerstand en vlieg vuur. TULiPPS heeft bij BDA succesvol diverse testen uitgevoerd zodat het PRIME-dak ook daadwerkelijk in de markt kan worden aangeboden.

Onderstaand een paar toonaangevende foto's van de testen:



Figuur: windweerstandtesten.

Er zijn twee experimentele opstelling gebouwd om de PRIME-systeem te optimaliseren. Oorspronkelijk zouden projectpartners FAKRO en Linex hun bedrijfslocaties beschikbaar stellen voor het realiseren van de testopstellingen. Gedurende het project is door de projectpartners gekozen om twee vergelijkbare testopstellingen te plaatsen; één testopstelling in Hulst bij Linex en één testopstelling bij TULiPPS in Waalwijk. Bij beide testopstellingen worden metingen verricht t.b.v. de prestaties, isolatie, waterdichtheid, winddichtheid etc. Tevens fungeren beide testopstellingen als vergaderruimte/showroom voor disseminatiedoeleinden.



Figuur: Schets van testopstelling Hulst en gerealiseerde testopstelling Hulst.



Figuur: Testopstelling Waalwijk en binnenkant van de testopstelling.

Met behulp van het bouwen van de testopstellingen zijn er transport en installatieprotocollen opgesteld waarmee bouwers/installateurs op locatie worden ondersteund bij het plaatsen/aansluiten van het systeem en betrokkenen tijdens de prefab voorbereidingen worden voorzien van juiste informatie/aanwijzingen.

WP4 Demonstraties en businesscase

Er is een demonstratiewoning opgeleverd genaamd Villa Vianen. Doel van de demonstratie is dat deze toegankelijk is zodat het systeem kan worden vermarkt en er vanuit de demonstratie een mogelijke multiplier ontstaat naar een commerciële opschaling. De demonstratie is en wordt ook gebruikt voor de disseminatie van kennis en resultaten vanuit het project.



Figuur: Succesvolle met het complete PRIME-systeem gebouwd (volgens transport en installatieprotocollen) op Villa Vianen.

Vervolgactiviteiten

PRIME heeft een groot aantal resultaten opgeleverd die merendeels een vervolg krijgen na afloop van het project. TULIPPS zal, in samenwerking met Linex en FAKRO het systeem gaan commercialiseren.

Daarnaast zijn er tijdens het project meerdere spinoff mogelijkheden aan het licht gekomen waaronder een , door Linex ontworpen, Nul-op-de-meter vakantiewoning.

Discussie, conclusie en aanbevelingen

PRIME was een ambitieus project met een groot aantal innovatieve doelstellingen. Alle doelstellingen zijn behaald. Tevens zijn de meest essentiële projectresultaten behaald. Op sommige resultaten is om strategische, product- of markttechnische redenen afgeweken, maar zijn wel relevante additionele resultaten behaald. Onderstaand tabel geeft een overzicht van behaalde resultaten.

Resultaat:		Afwijking:
WP 1: COSMOS BIPV system		
Resultaat 1.1	Randafwerking en glazen passtukken (schuin en recht)	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 1.2	Dummy's beschikbaar	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 1.3	Onderdelen en aanvullingen t.b.v. waterdichtheid en windbelasting	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 1.4	Nok- en goot detaillering inclusief voorzieningen voor vrije ventilatie	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 1.5	Prototypeproductie voor ~100m2 BIPV	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 1.6	Beschikbare productiecapaciteit voor ~300 woningen	Resultaat behaald, geen afwijkingen.

Resultaat:		Afwijking:
WP2: Prefab dakconstructie		
Resultaat 2.1	Definitie van bouwfysische en bouwtechnische systeemeisen onderdakconstructie	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 2.2	Voorlopig ontwerp bevestiging/fixatie BIPV systeem in combinatie met isolatie	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 2.3	Voorlopig ontwerp ventilatiekanalen in prefab energiedak	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 2.4	Voorlopig ontwerp prefab dak met geïntegreerd bevestigingssysteem inclusief waterdichtheid/afvoer water	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 2.5	Uitlijn-/stel mogelijkheden dakconstructie	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 2.6	Definitief ontwerp dakraam incl. doorvoeren passend op BIPV COSMOS systeem	Resultaat behaald, geen afwijkingen.

Resultaat:		Afwijking:
WP3: Systeemintegratie prefab multifunctioneel energiedak		
Resultaat 3.1	Ontwerp elektrische configuratie	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 3.2	Testplan gereed	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 3.3	Prefab systeemintegratie bekabeling	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 3.4	Systeem getest op vliegvuur, waterdichtheid en windweerstand	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 3.5	Installatieprotocollen (prefab en op bouwlocatie)	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 3.6	Oplevering demodak Fakro (experimentele testopstelling TULIPPS)	Resultaat behaald. Demodak FAKRO is omgezet naar een eerste kleinschalige opstelling die is gepresenteerd op de Bouwbeurs. In plaats van deze testopstelling is een additionele testopstelling gebouwd

		bij TULiPPS in Waalwijk. Zie ook projectwijziging april 2018 voor additionele informatie.
Resultaat 3.7	Oplevering demodak Linex (experimentele testopstelling Linex)	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 3.8	Transportprotocollen	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 3.9	Inrichting BIM system	Linex werkt met het mass customization (n=1) principe met haar prefab daken. Er heerst in de productie van, en het uiteindelijke product dat geplaatst wordt op de woning, een dusdanig verschil per dak dat inrichten in een BIM systeem ongewenst is. Ieder dak is anders. Hierdoor dient er voor ieder project een nieuw prefab dak ontworpen te worden. Deze daken integreren in BIM is te kostbaar gebleken.

Resultaat:		Afwijking:
WP4: Demonstraties en businesscase		
Resultaat 4.1	Oplevering demonstratiewoning inclusief PRIME energiedak	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 4.2	Keteninrichting gereed voor opschaling	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 4.3	Definitieve businesscase voor commercialisatie energiedak	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 4.4	Disseminatie van resultaten middels testopstellingen, demowoning en beurzen	Resultaat behaald, geen afwijkingen.

Resultaat:		Afwijking:
WP5: Project management		
Resultaat 5.1	Notulen en presentatie van consortiumbijekomsten	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 5.2	Voortgangsverslagen, tussenrapportages	Resultaat behaald, geen afwijkingen.
Resultaat 5.3	Financiële rapportages, eindrapportages	Resultaat behaald, geen afwijkingen.

De complexiteit van het project heeft gedurende de uitvoer voor diverse uitdagingen gezorgd en daarmee invloed gehad op het project. Daarom doen we enkele aanbevelingen voor de uitvoer van toekomstige projecten.

- Samenwerking tussen een groot aantal partners, ieder met zijn eigen ambities, ervaringen en doelstellingen, vergt een continue afstemming van strategische en operationele belangen. Door het invullen van het projectmanagement vanuit een onafhankelijke partij zijn alle belangen meegenomen en is uiteindelijk voor alle projectpartners een succesvol project afgerond.
- Het samenkomen van twee verschillende industrieën, de solar industrie en de bouwindustrie, bracht aan het licht dat er een nadrukkelijk verschil heerst in toleranties. Waar in de solar industrie als tolerantie millimeters worden gehanteerd, wordt in de bouwindustrie gerekend met centimeters. Hierdoor ontstond er een verschil in nauwkeurigheid en het stellen van de daken en panelen. Het gevolg hiervan is dat panelen op locatie handmatig opnieuw gesteld dienden te worden zodat de panelen recht konden worden gepositioneerd. Als gevolg is gebleken dat prefab aanbrengen van de achterconstructie op de daken momenteel nog ongewenst is, totdat men dezelfde toleranties gaat hanteren.
- De ambities waren hoog en de diversiteit aan innovaties was groot. Enerzijds stimuleert dit brede kennisdeling en een focus op aspecten in het systeem die in kleinere consortia mogelijk vergeten worden. Anderzijds heeft dit gezorgd voor enige vertraging in het realiseren van enkele resultaten. Een duidelijke projectfasering met gezamenlijk overeengekomen mijlpalen en beslistmomenten is

noodzakelijk om de projectvoortgang te behouden en inzicht te houden in de status van de diverse ontwikkelingen ten opzichte van de afgesproken doelen.

Concluderend kijken de projectpartners terug op een uitdagend project dat uiteindelijk heeft geleid tot positieve resultaten voor alle betrokkenen.

Uitvoering van het project

Het project heeft gedurende de looptijd diverse uitdagingen gekend. Deze hebben onder andere tot gevolg gehad dat rollen gewijzigd zijn, de consortiumsamenstelling is gewijzigd en er diverse organisatorische en begrotingswijzigingen zijn doorgevoerd. Deze worden hieronder verder toegelicht.

Technische en organisatorische uitdagingen en projectwijzigingen

Er zijn diverse technische uitdagingen geweest die tot verschuiving van activiteiten hebben geleid. Deze zijn hierboven reeds verder toegelicht. Samengevat betreft het onder andere:

- Herzien ontwerp TULiPPS achterconstructie. De initiële kunststof achterconstructie van TULiPPS bleek niet te kunnen voldoen aan de certificeringseisen. Hierdoor is er een nieuwe ontwerp gemaakt van metaal. De engineering, prototyping en performance testen dienden echter opnieuw te worden uitgevoerd.
- Als gevolg van de nieuwe achterconstructie diende ook de verlijmings- en assemblagemachine van TULiPPS aangepast te worden zodat de achterzijde constructie kon worden verlijmd.
- De bouwconstructie in Groesbeek bleek achteraf onvoldoende draagkracht te hebben om als experimentele opstelling te fungeren. Hierdoor is een kleinschalige testopstelling gebouwd die op de Bouwbeurs is gepresenteerd. Ter vervanging van de originele experimentele testopstelling is in Waalwijk een tweede testopstelling gebouwd.
- Fakro Nederland heeft gedurende het project FAKRO Polen ingeschakeld voor een deel van de technische ontwikkeling. FAKRO Polen heeft met haar expertise bijgedragen aan de versnelde ontwikkeling van het PRIME dak en de integratie van FAKRO dakramen in het totaalconcept.
- Door verschil in toleranties in de bouw- en solarindustrie is uiteindelijk besloten om op locatie pas de achterconstructie te fixeren op het prefab dak. Dit betekent dat in fabriek de achterconstructie wel al wordt gemonteerd, echter op locatie pas definitief gesteld wordt. Hierdoor kunnen de PV-panelen gemakkelijker gepositioneerd worden en in lijn worden gelegd met de dakramen of dakkapellen.

Organisatorisch hebben er twee belangrijke wijzigingen plaatsgevonden:

- Oorspronkelijk was FemtoGrid projectpartner in het consortium. FemtoGrid is een zusteronderneming van Direct Current. Om administratieve redenen en sneller behalen van de projectresultaten is besloten om de innovatieactiviteiten niet langer vanuit FemtoGrid, maar vanuit Direct Current uit te voeren. Dit betrof puur een administratieve wijziging. Het budget van FemtoGrid is hierbij verschoven naar Direct Current, Aangezien de FemtoGrid activiteiten door werknemers zouden worden uitgevoerd die tevens (gedeeltelijk) in loondienst zijn bij Direct Current is er qua inhoudelijke kennis en activiteiten niets gewijzigd.
- Een gedeelte van het budget van FAKRO is herverdeeld over partners TULiPPS, Linex en IBC. FAKRO heeft haar projectresultaten kunnen opleveren met minder budget dan begroot. Het consortium heeft echter voor het opbouwen en meten van de testopstellingen alsook het ontwikkelen van de

installatiemanual additionele kosten gemaakt. Door de budgetverschuiving zijn alle projectresultaten behaald.

Naast de bovenstaande technische en organisatorische uitdagingen en daarmee gepaard gaande wijzigingen, zijn er geen verdere inhoudelijke wijzigingen opgetreden. Alle significante wijzigingen zijn gedurende het project aan RVO gerapporteerd en waar nodig goedgekeurd.

Kennisverspreiding

Gedurende de looptijd van PRIME is op diverse manieren de opgedane kennis verspreid door de consortiumpartners. Ten eerste is de kennis verspreid tijdens de Bouwbeurs waarbij een locatie is gehuurd zodat de kleinschalige experimentele opstelling kon worden tentoon gesteld. Project contactpersoon van RVO; dhr. Wido van Heemstra, heeft deze tentoonstelling tevens bezocht. Ten tweede zijn gerichte kennisverspreidingsactiviteiten georganiseerd. Naast de tentoonstelling is tevens een flyer (zie bijlage) ontwikkeld waarmee aandacht gegenereerd richting de markt voor de toepassing van PRIME-oplossingen.

De experimentele testopstelling in Waalwijk fungeert als showcase model waarbij het idee is om meerdere keren per jaar een 'open huis' te houden om de PRIME oplossing te demonstreren. Onderstaand nog een aantal persberichten t.b.v. het project:

- 08-06-2016 - Solar Magazine - PRIME-consortium wil in tweede helft 2016 slim energiedak lanceren.
- 03-03-2017 – Houtwereld – CONNECT-project verbindt vijf partners (laatste alinea).

PR project en verdere PR mogelijkheden

De projectpartners worden graag benaderd voor eventuele verdere publicitaire activiteiten en dragen graag bij aan publieke activiteiten van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland of de Topsector Energie.