

ColourMax

High Efficiency Coloured Solar Modules for Facades



Eindrapportage

Project details

Projectnummer: TEID215032
Project titel: High Efficiency Coloured Solar Modules for Facades - ColourMax
Penvoerder: Exasun
Partners: Dercom
Sumipro Submicron Lathing
Zuyd Hogeschool
Project periode: 1 November 2015 – 31 October 2018

Contact informatie

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

Chematronics	Exasun		
Alex Vermeer	Michiel		Mensink
+31 6 143 43 108	+31 88 434		3888
a.vermeer@chematronics.nl	m.mensink@exasun.com		

Subsidie

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale EZ subsidies, Topsector Energie – Subsidie Energie en Innovatie (SEI), uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Bijlagen

Niet Van toepassing in openbaar rapport

Samenvatting

Vastgoedeigenaren en projectontwikkelaars zijn energie neutrale bouwers, dankzij commerciële chauffeurs (lagere energierekeningen, fiscale voorschriften, LEED / BREAAAM-certificering) en juridische chauffeurs (Near Zero Energy Directive voor EU-gebouwen). Voor gebouwen met meer dan een paar winkels is de ruimte vaak onvoldoende om elektriciteit op te wekken. Daarom zullen PV-modules meer en meer worden toegepast op façades.

De huidige opties voor integratie van PV-modules in façades zijn beperkt vanwege een beperkte esthetische kwaliteit met een lagere efficiëntie en / of een hogere kostprijs. In dit project hebben Exasun en haar partners de ColourMax High Efficiency PV Façade-technologie ontwikkeld, die alle gewenste eigenschappen combineert: een conversie-efficiëntie van 14-16%, slechts marginaal hogere kosten per Wp, en het belangrijkste, het is verkrijgbaar in diverse kleuren.

Exasun heeft ervaring opgedaan bij zusterbedrijf LineSolar BV met betrekking tot het modelleren van zonlicht en Exasun heeft het ontwerp van de ColourMax-technologie geoptimaliseerd. Nauwkeurigheidsvormen zijn ontwikkeld en getest door Sumipro. Dercom heeft gewerkt aan een geschikt kleursysteem van 3 of 4 coatings voor buitentoepassing waarmee een kleur of een print kan worden gemaakt. Deze coatings zijn selectief aangebracht om het gewenste esthetische effect te creëren zonder de output te compromitteren. Vervolgens produceerde Exasun prototypes op kleine schaal om te testen. Ten slotte werden een aantal prototypes binnen en buiten getest. Tests werden gedefinieerd als duurzaamheid / levensduuraspecten evenals initiële prestaties. Buitentests uitgevoerd door Zuyl waren gericht op veldtesten en vergelijking met alternatieve technologieën.

Het project resulteerde in een haalbaar productontwerp, een combinatie van de ColourMax-technologie, kleurcoatings voor buitentoepassing, geïntegreerd in glas-glas BIPV-modules die als bouwcomponenten dienen ter vervanging van veel gebruikte gevelplaten van glas, plastic, aluminium of steen. Het project heeft bijgedragen aan de ontwikkeling van multifunctionele bouwcomponenten (IDEEGO-programma 3). Prototype-producten werden in de Wijk van Morgen getest in het veld en de prestaties en esthetiek van de output werden vergeleken met alternatieve technologieën.

Eindrapportage

Deze rapportage betreft de eindrapportage van het subsidieproject High Efficiency Coloured Solar Modules for Façades (hierna te noemen ColourMax) zoals uitgevoerd in het kader van subsidie van het Ministerie van EZ, Topsector Energie – Subsidie en Energie Innovatie (SEI). 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

Het belangrijkste doel van dit project is om een kleurrijk uiterlijk te combineren en zo veel mogelijk elektrische energie te genereren met behulp van Photo Voltaic (PV) -modules in gevels van gebouwen.

In het ColourMax-project willen Exasun en haar partners PV-modules integreren in de daken en gevels van gebouwen. PV-modules geïntegreerd in gebouwen zijn algemeen bekend onder de naam Building Integrated Photo Voltaic-modules (BIPV-modules).

Omdat in een residentieel of commercieel gebouw boven de 3 verdiepingen het dakoppervlak onvoldoende is om voldoende elektriciteit te genereren voor deze hoge gebouwen, is het gebruik van de gevels wenselijk om het gebouw energieneutraal te maken. Omdat de standaard PV-modules echter een blauwe of zwarte kleur hebben, zijn ze niet erg aantrekkelijk en zijn ze daarom nog maar zelden geïntegreerd in gebouwen. Om de vastgoedeigenaar in staat te stellen de PV-modules daadwerkelijk in de gevels van hun gebouwen te integreren, moeten de BIPV-modules dus een esthetischer uiterlijk hebben.

Exasun en haar partners werken aan een concept om de BIPV-modules van Exasun een meer esthetische uitstraling te geven. Dit concept is gebaseerd op een dunne folie met een zogenaamd prisma-ontwerp. Eén zijde van de prisma is gekleurd, terwijl de andere zijde transparant is. Wanneer de BIPV-module aan een gevel is bevestigd, zou de gekleurde kant van het prisma naar beneden wijzen, waardoor een waarnemer de kleur kan zien. Dan kan de zon de transparante kant 'zien' en kan de zonnecel energie genereren met weinig rendementsverlies.

Doelstelling

In dit project ontwikkelen Exasun en haar partners de ColourMax High Efficiency PV-gevelmodule, die alle gewenste eigenschappen combineert: een conversie-efficiëntie van 16-18%, slechts marginaal hogere kosten per Wp t.o.v. standaard zwarte PV modules, en vooral, het is verkrijgbaar in elke kleur, zelfs felle kleuren en prints. Het ColourMax-paneel kan dienen als een perfecte vervanging voor veelgebruikte gevelplaten van kunststof, aluminium of steen, tegen een slechts marginaal hogere kosten dan de momenteel gebruikte standaard kristallijnen siliciumpanelen.

Dit project heeft als doel om de haalbaarheid van de ColourMax-technologie te bewijzen.

De haalbaarheidsstudie van de eerste paar werkpakketten werd gevolgd door de productie van verschillende kleinschalige (30-50 cm) ColourMax-prototypen. Deze prototypen werden getoond en getest in de Wijk van Morgen (beheerd door Hogeschool Zuyd) waar ze worden gemonitord en vergeleken met conventionele en meer recente PV-geveltechnieken, op aspecten als efficiëntie, kosten en esthetiek.

Resultaten: Het project heeft geresulteerd in prototype ColourMax-modules die:

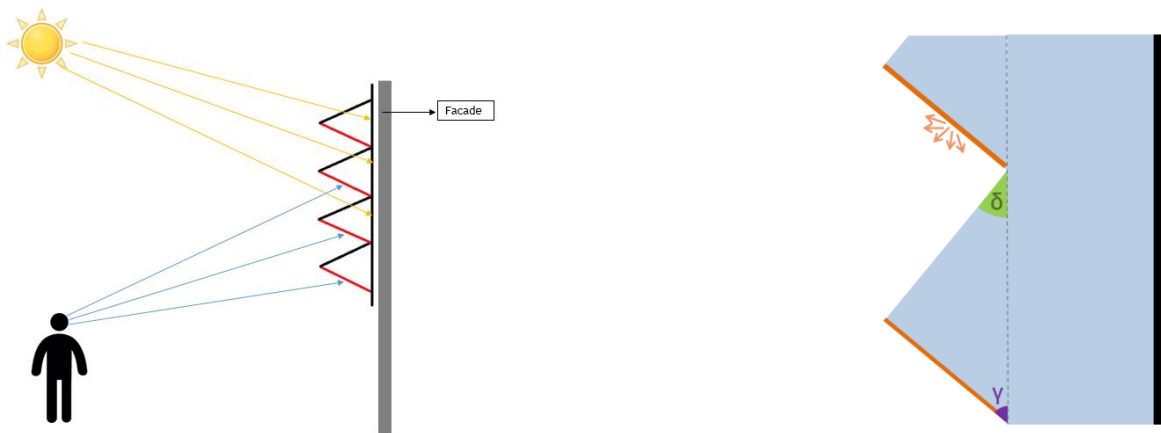
- De haalbaarheid om de vereiste lineaire prisma's te creëren tegen lage extra productiekosten (<€ 10 / m²) en een mogelijke methode om de grondgerichte facetten te coaten met een kleurlaag, waarmee wordt bewezen dat goedkope productie van gekleurd esthetisch glas-glas PV-modules mogelijk is.
- Een productlevensduur van minstens 10 jaar, met een vooruitzicht tot een betere levensduur tot 30 jaar. Speciale aandacht ging uit naar duurzame pigmenten die bestand zijn tegen UV-licht.
- Hoog resterende efficiëntie voor stroomconversie. De partners streefden naar 80-90% efficiëntie van standaard vlak zonneglas toegepast op een gevel (conversierendement van 16-18%).
- Goede esthetiek, met voldoende kleurintensiteit. Een verscheidenheid aan kleuren moet de mogelijkheden voor architecten vergroten om PV-modules op esthetische wijze te integreren in gevels van gebouwen.

Uitdagingen: Er bleven nog verschillende uitdagingen over. Voornamelijk; terwijl de prototypemodules het gewenste effect mooi onder binnenverlichting vertoonden, was de kleurverzadiging en helderheid van de kleur beperkt bij directe buitenverlichting. Ten tweede zijn printpatronen of willekeurige kleuren nog niet mogelijk, omdat voor het gebruik van een inkjetproces een op maat ontworpen, kostbare, inkjetprinter nodig zou zijn.

Werkwijze

Het doel van dit innovatieproject was onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van High Efficiency PV Façade Modules, die alle gewenste eigenschappen combineren: een conversie-efficiëntie van 14-16%, slechts marginaal hogere kosten per Wp, en vooral, het is beschikbaar in elke gewenste kleur, zelfs felle kleuren en prints.

De bovengenoemde ontwikkelingen moeten resulteren in een ColourMax-module met een esthetische look vanuit één hoek zonder verlies van efficiëntie door zonlicht.



Het project was verdeeld in zes werkpakketten. Elk werkpakket was gericht op een afzonderlijke innovatie die noodzakelijk was om het einddoel te bereiken:

WP1: Simulations and geometric optical design: Het consortium heeft een in eigen huis ontwikkeld model gebruikt dat de transmissie-efficiëntie van verschillende hoeken en facetten heeft gesimuleerd. Het optimale geometrische ontwerp werd bepaald om een esthetisch uiterlijk en optimale efficiëntie te garanderen.

WP2: Prism replication on glass: In dit werkpakket is de optimale grootte en vorm van de prismastructuur bepaald. Bovendien werd de duurzaamheid getest met betrekking tot het UV-uithardende polymeer dat werd ontwikkeld, evenals de structuur van de prisma's om ervoor te zorgen dat water- en stofdeeltjes niet op het paneel blijven liggen.

Meerdere master-molds zijn ontwikkeld op basis van de optimale grootte en hoek van de prisma's. Deze werden door Exasun gebruikt om de zachte vormen te ontwikkelen die worden gebruikt om de prisma's direct op het glas / folie te repliceren.

Na verschillende iteraties met machine-instellingen en verschillende aanpassingen aan het ontwerp van de matrix, vond Exasun wel een goede balans tussen verschillende compromissen, en kon een adequate, hoog-nauwkeurige replicatie van de prisma's op folies van 30 cm groot in verschillende lengten aantonen.

WP3: Inktjetting colours: Een haalbaarheidsstudie is uitgevoerd voor geschikte coatings die kunnen worden aangebracht met inktjetting. Dercom heeft deze test op verschillende materialen uitgevoerd. Vervolgens werd de inktjet op de prisma's gedrukt om het esthetische uiterlijk van het paneel te bereiken.

Exasun experimenteerde met verschillende methoden om de inkten en lakken op slechts één zijde van de facetten aan te brengen. Het ontwikkelen van een goed proces is erg moeilijk gebleken. Inktjetting bleek zeer moeilijk vanwege de feiten dat UV-stabiele pigmenten relatief groot zijn en sproeikoppen en andere problemen veroorzaken. Een speciale spuitmethode die werd ontwikkeld door Exasun leverde de beste resultaten, hoewel nog niet 100% perfect. Het doel was om slechts 1 facet van het prisma te bekleden en geen pigment aan de andere kant aan te brengen; in de beste experimenten was echter nog steeds $\pm 10\%$ van het transparante oppervlak bedekt met pigment. Andere methoden werden geprobeerd, maar dit leidde tot nog slechtere resultaten.

WP4: Prototyping ColourMax modules: In dit werkpakket werden meerdere BIPV-modules geproduceerd op basis van de Black Glass-technologie voor binnen- en buitentests van de ColourMax-technologie. Verschillende modules zijn vervolgens toegepast met de ColourMax-technologie voor verder testen.

In dit werkpakket werden meerdere prototype ColourMax BIPV-modules geproduceerd door Exasun. Deze prototypen maakten gebruik van de standaard PV-technologie van Exasun - back-contact zonnecellen en een op folie gebaseerde interconnectie – echter, werd de ColourMax-technologie op verschillende manieren opgenomen. In sommige monsters werden de ColourMax-prisma's op de buitenzijde van het glas gelamineerd en andere monsters aan de binnenkant van het glas. Hoewel dit misschien triviaal klinkt, moest Exasun veel problemen overwinnen (inclusief ingesloten luchtbelletjes en geplette prisma's) om monsters te maken met een goed uiterlijk en functionaliteit.

WP5: Characterization and testing: Voor testen in de klimaatkamer zijn meerdere eencellige modules ontwikkeld om een versnelde levensduurtest uit te voeren voor duurzaamheid, UV-stabiliteit etc. Bij dit

rapport (bijlage 1) zijn de metingen gevoegd die zijn uitgevoerd door Hogeschool Zuyd. Verder zijn er een paar prototypes gemaakt voor buitenmetingen in de Wijk van Morgen in Heerlen (bijlage 2). De technologie bevindt zich nog in de vroege TRL-fase. Daarom hebben de reviewboard meetings nog niet plaatsgevonden.

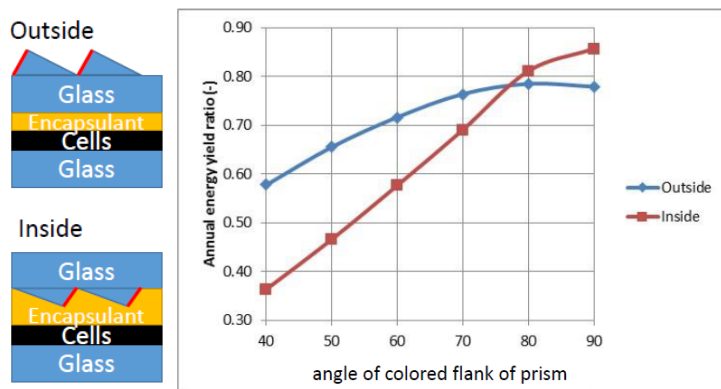
WP6: Project management: Tijdens het project zijn consortiumbijeenkomsten georganiseerd (eens per 8-12 weken) waarbij de partners de voortgang van de resultaten deelden. Daarnaast vond regelmatige coördinatie plaats via een maandelijkse telefonische vergadering. Per kwartaal werd de financiële status van de partners gevraagd. Deze activiteiten hebben geresulteerd in een uitgebreide rapportage van vergaderingen, voortgangsrapporten, etc.

Resultaten

In het project is een groot aantal resultaten bereikt. Onderstaand worden enkele belangrijke resultaten toegelicht.

WP1 – Simulations and geometric optical design

De facethoeken en de facetgrootte bepalen de transparantie voor zonlicht en dus de efficiëntie van de zonnemodules, evenals de esthetische uitstraling voor toeschouwers op straatniveau. De optimale hoeken en facetgroottes kunnen verschillen voor Zuid-, Zuidwest- of West-gerichte gevels. Met behulp van een in eigen huis ontwikkeld model met direct en indirect zonlicht, heeft Exasun de transmissie-efficiëntie gesimuleerd voor verschillende hoeken en facetten, voor 3 geveloriëntaties (Zuid, West, Zuidwest). Bovendien vergeleken ze vergelijking tussen binnen en buiten met textuur om te zien welke het beste resultaat zou geven.



Figuur: textuur op en in het laminaat

Het optimale geometrische ontwerp werd bepaald voor optimale efficiëntie van de PV-module. Bovenstaande figuur toont de prestaties (opbrengst versus een niet-gekleurde standaardmodule) als een functie van de gekleurde facet-hoek, voor twee soorten ontwerpen; één ontwerp (blauw) zou worden toegepast op de buitenkant van het glas van de modules en de rode lijn voor een ontwerp dat zou worden geïntegreerd in de binnenkant van het glas van de module.

Een ander simulatiemodel werd gecreëerd om de esthetische uitstraling van straatniveau te schatten. Er moeten verschillende afwegingen worden gemaakt om een ontwerp voor de prototypemodules te selecteren, omdat er geen ontwerp is waarvoor zowel de prestaties als de esthetiek optimaal zijn.

Exasun koos daarom niet één ontwerp maar 4 ontwerpen (2 voor binnen en 2 voor buiten), waarbij de uitvoering optimaal was voor een bepaalde 'esthetische schijnwaarde'. Een van de grote vragen was welk 'esthetisch uiterlijk' voldoende zou zijn.

Vervolgens heeft Exasun ontwerpen gemaakt voor de mallen die door Sumipro moeten worden geproduceerd.

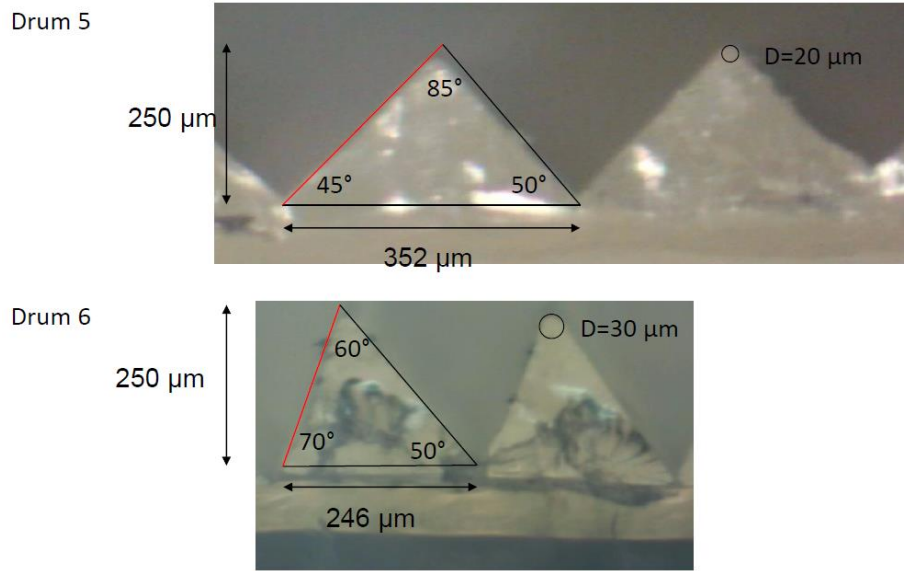


Figure: Choosing the optimal design of the prisms

WP 2: Prism replication on glass

Door activiteiten bij haar zusterbedrijf LineSolar BV heeft het team van Exasun BV expertise opgedaan in het creëren van goedkope, uiterst hoogwaardige lineaire fresnel lenzen van hoge kwaliteit. Veel technologieën zijn geëvalueerd om dergelijke lenzen te maken, waaronder: rolling/'hot embossing'-structuren in glas; slijpen van glas; extrusie van kunststoffen (PMMA, PC); hot embossing van kunststoffen. Geen van deze technologieën voldoet aan de belangrijkste criteria: kleine radius in hoeken, hoge optische oppervlaktekwaliteit, niet-vergeling onder UV, lage kosten.

De enige geschikte technologie is de afgelopen jaren ontwikkeld door het LineSolar / Exasun-team en haar partners, waaronder Sumipro: een UV-replicatieproces. Hoge kwaliteit en duurzame lenzen of prisma's kunnen worden ontwikkeld op een kostenniveau van 4-6 € / m². Met deze technologie wordt een vloeibare polymeerfilm direct in een dunne laag op gehard zonneglas aangebracht. Een mal met de negatieve structuur wordt op de glasplaat geplaatst, terwijl sterk UV-licht het polymeer binnen enkele seconden verhard. Kritieke succesfactoren voor deze technologie: een dunne polymeer laag (50-200 micron), een speciaal polymeer dat niet geel wordt, een UV-replicatieproces met een zachte mal en een speciaal malproductieproces.

Het ontwerpproces voor het maken van de prisma's bestaat uit de ontwikkeling van een hoofdmal (verschillende variaties op zoek naar optimale optische structuur) en zachte mallen (soft moulds) voor replicatie op het glas. Sumipro heeft de hoofdmallen ontwikkeld voor het creëren van lineaire prisma's.

Meerdere cilinders zijn ontworpen voor een optimale toepassing. Deze cilinders bestaan uit meerdere ringen van nikkel gecoat aluminium. De cilinders worden geplaatst op een aangepaste as voor een uiterst precieze single point diamant-draaimachine.

Om een replicatieproces van goede kwaliteit te verkrijgen, moest Exasun ook de vorm en de grootte van de prismavormen aanpassen. Verder heeft Sumipro de mogelijkheid onderzocht om minder dure materialen te gebruiken dan nikkel gecoat aluminium.

De ontwikkelde metalen hoofdmallen worden gemeten met behulp van een profilometer om te bepalen of de gewenste vorm en gladheid van het oppervlak zijn bereikt. Aanvullend onderzoek is gedaan om de toepassing van minder dure materialen te onderzoeken dan met nikkel bekleed aluminium.

Naast het ontwerpen van hoofdmallen en zachte mallen, zijn ook alternatieven onderzocht. Bijvoorbeeld 3d printen van de folie met de prismastructuren erop gedrukt.

WP 3: Inkjetting colours

In dit werkpakket is een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar geschikte coatings en een geschikt inkjettingproces om de coating selectief op het prisma aan te brengen. Dercom onderzocht de benodigde formulering voor optimale esthetiek en procesprestaties, terwijl de coating op duurzaamheidseisen werd beoordeeld. Dercom heeft haalbaarheidstests uitgevoerd op verschillende kandidaat-materialen. Voor het bepalen van de duurzaamheid werden verschillende tests uitgevoerd, zoals QUV, xenon, cupping en salt spray.

Het bleek vrij moeilijk om verffilm van maximaal 15 micron met de gesteld eisen te realiseren. De basis van coatings is in de meeste gevallen de dispersie (bindmiddel). In dit project werden in eerste instantie twee van een serie van 12 mappen gekozen op basis van de volgende eigenschappen:

- Hechting;
- Filmsterkte en;

Dit resulteerde in een bindmiddel voor de kleurlaag met een zeer goede hechting op de gebruikelijke substraten en waarbij pigmenten zeer stabiel zijn en een bindmiddel voor de blote toplaag met zeer hoge weerstand tegen weersinvloeden en chemicaliën (reinigingsmiddelen), met glans en kleurbehoud van meer dan 10 jaar.

Om een optimale oppervlaktebevochtiging van het oppervlak te verzekeren, werden verschillende additieven gebruikt om ervoor te zorgen dat de oppervlaktespanning kon worden verminderd. Toevoegingen zorgen echter ook vaak voor stabilisatie van (micro-) schuim, dat allerlei optische defecten veroorzaakt. Ontschuimers / ontluchters werden gebruikt om het resulterende schuim te elimineren. Te veel ontschuimer / ontluchter geeft echter een slechtere oppervlaktebevochtiging als resultaat.

Een juiste mix van pigmenten / kleurstoffen was moeilijk te realiseren, omdat de verflaag enerzijds ondoorzichtig moest zijn en anderzijds zonlicht zoveel mogelijk moest doorlaten. Uiteindelijk bleek een keuze van parelglanspigmenten en transparante IJeroxiden de juiste keuze. Ook zijn verschillende kleurstoffen getest, maar deze waren over het algemeen niet UV-stabiel, kleurecht of duurzaam.

Uiteindelijk is een gelaagd systeem ontwikkeld waarbij de ene laag bestaat uit een 'watervoerende, fysisch drogende, één-component kleurlaag' op basis van een acrylaatdispersie met uitstekende hechting op glas en / of verschillende kunststoffen. De andere laag is een 'water-verdunbare tweecomponenten witte

toplaag' op basis van een OH-functionele acrylaatdispersie in combinatie met een afatisch isocynaat met uitstekende eigenschappen in termen van duurzaamheid.

Ontwikkeling van een geschikt coatingproces om de coating selectief op één facet van de prisma's aan te brengen.

Hoewel de werkpakkettitel het woord 'Inkjetting' bevat, kon dit proces niet binnen het bereik en budget van het ColourMax-project worden gerealiseerd. Nadat Dercom pigmenten en potentiële bindmiddelen had geselecteerd om verschillende inkten en lakken te maken, werd vastgesteld dat geen enkele standaard inkjetmachine aan de vereiste specificaties zou voldoen: er zouden onder andere speciale spuitmonden nodig zijn die geschikt zijn voor groot (UV-stabiel) pigmenten en een manier om de positie van de prismafacetten te detecteren.

Met verschillende experts en consultants werd vastgesteld dat een speciale inkjetmachine kan worden ontwikkeld voor deze vereiste, maar een dergelijke machine zou gemakkelijk meer kosten dan het volledige budget van het ColourMax-project.

Daarom heeft Exasun verschillende andere, goedkopere methoden onderzocht om de coating selectief aan te brengen. Een methode die Exasun experimenteerde met het gebruiken van een goedkope R & D-opstelling, kan worden omschreven als het spuiten van de lak met behulp van een kleine hoekbundel en onder een lage hoek, zodat de pigmenten alleen het gewenste facet zouden 'raken'. Het nadeel van deze methode was nog steeds dat $\pm 10\%$ van het prismafacet dat transparant zou moeten blijven, nog steeds bedekt was door het pigment, terwijl dit dicht bij 0% zou moeten zijn.

Dus, hoewel inkjetting de ideale methode bleek te zijn om hoogwaardige afdrucken te leveren met een goede dekking aan de gekleurde kant en bijna 0% van de transparante kant, en gratis ontwerpen, was een geschikte machine buiten het budget.

WP 4: Pilot testing and monitoring

Exasun produceerde verschillende speciale prototypen voor Colourmax op basis van de standaard PV-module-technologie, met behulp van back-contact PV-cellen. De prototypemodules bevatten elk slechts 15 cellen. De prototypen werden gebruikt voor het testen van de ColourMax-technologie binnen en buiten. Verschillende series van zelfs kleinere prototypen werden ook ontwikkeld. Exasun ontwikkelde verschillende monsters met de 4 soorten ontwerpen die moesten worden geëvalueerd: 1) Binnenin het laminaat - Hoge kleur; 2) Binnenin het laminaat - middelmatige kleur; 3) buiten het glas - Hoge kleur 4) Buiten het glas - middelmatige kleur.

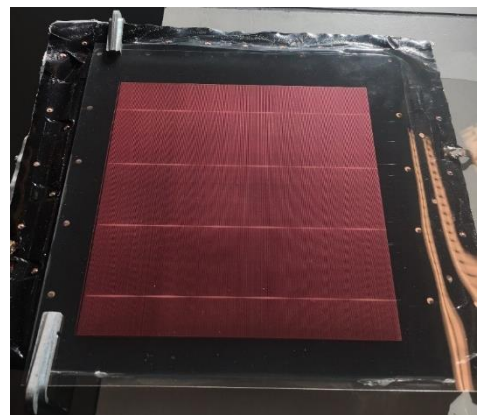
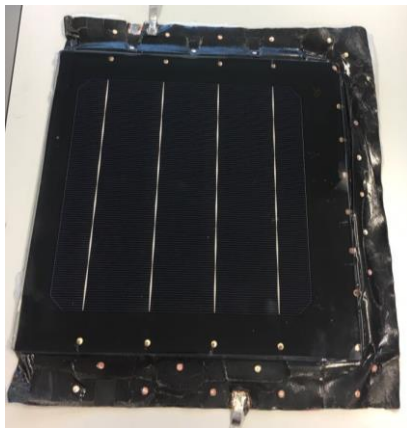
Hoewel de prestaties (of opbrengstverlies) erg goed leken, en onder verschillende hoeken van binnenverlichting was het kleureffect sterk en overtuigend, was er één belangrijke conclusie voor de esthetische effecten wanneer het prototype buiten werd gebruikt: in direct zonlicht was het moeilijk om een goede kleurweergave te krijgen met het 'ColourMax'-principe. Een fundamenteel probleem of compromis is dat geen direct zonlicht de gekleurde kant van het prisma kan raken. En daarom zijn de gekleurde prismafacetten altijd in de schaduw en lijken ze vrij donker, ondanks de aanwezigheid van een kleurpigment.

Verschillende niet-gekleurde modules waren ook beschikbaar als referentie voor latere metingen.

WP 5: Characterization and testing

Exasun produceerde kleine (eencellige) samples van de ColourMax-modules. Deze modules werden getest in een klimaatkamer met behulp van versnelde levensduurtests om de duurzaamheid, UV-stabiliteit enzovoort te bepalen. Twee ColourMax-modules zijn vergeleken met twee referentiemodules. Zuyd ontwikkelde het testprotocol voor de kleinschalige tests en heeft toezicht gehouden op de laboratoriumtestprocedure en rapportage.

Het hoofddoel van het deel metingen was om efficiëntie- en levensduurmetingen voor te bereiden op de BIPV-modules van Exasun bij CHILL (..) om de wisselwerking tussen efficiëntie en esthetisch uiterlijk te bepalen. Om dit te doen, was het noodzakelijk om een methode te ontwikkelen en een PV-module met en zonder Colour Max folies te bestuderen, zoals hierboven vermeld. Methoden zijn door Zuyd ontwikkeld, terwijl Exasun prototypes van BIPV-modules heeft geleverd.



Exasun heeft diverse prototypes vervaardigd voor gebruik in outdoor-tests in WP5. Voordat er buiten wordt getest, worden IV curve-testen en EL-testen uitgevoerd. Exasun heeft de flash- en EL-testen uitbesteed aan ECN om betrouwbare startcondities voor de prototypes te bepalen. Naast het prototype van de ColourMax-modules heeft Exasun verschillende referentiemodules van dezelfde grootte gefabriceerd, met behulp van back-contactcellen uit dezelfde batch. De referentiemodules zijn ook door ECN getest en worden gebruikt in de buitentest in het district van morgen om het relatieve rendementsverlies als gevolg van kleuring te bepalen. Na 6-12 maanden buitentesting worden de EL-, IR- en IV-curve-testen herhaald, indien nodig, afhankelijk van de meetresultaten buiten. De herhaalde test is nog niet gedaan.

Bij de Wijk van Morgen heeft Zuyd de prototypes geïnstalleerd van de ColourMax-modules. De prototypes worden gepositioneerd en getest op de gevel gericht op het zuiden en het dak. Zuyd ontwikkelde het monitoringplan (bijlage) voor outdoor-tests, inclusief testdoelen, protocollen en noodzakelijke meetapparatuur.



Zuyd heeft de prestaties van de ColourMax-modules gemonitord en zal deze blijven monitoren in vergelijking met standaard Exasun-modules en verschillende referentietechnieken. De modules worden gedurende een periode van ten minste een volledig jaar gemonitord, waarvan ten minste 6 maanden binnen het project (de daaropvolgende monitoring zal plaatsvinden als follow-up van dit project).

Een volledig en gedetailleerd verslag van de resultaten en metingen in de Wijk van Morgen te lezen in Bijlage 2.

Vanwege de vertrouwelijkheid van het project en het feit dat de technologie nog niet markt klaar is, hebben de partners besloten om evaluatieraadvergaderingen uit te stellen totdat de technologie verder is ontwikkeld. Daarna organiseert Zuyd twee openbaar toegankelijke workshops voor de verspreiding van (niet-vertrouwelijke) projectresultaten in de Wijk van Morgen ('Sustainable Café') en aan het einde van het project zal een afsluitend evenement worden georganiseerd op deze locatie.

WP 6: Project management

De partners hebben Chematronics ingehuurd om de algehele planning tussen de werkpakketten te coördineren en de organisatie van driemaandelijke consortiumvergaderingen. Continue monitoring verzekerde dat eventuele aanpassingen in overleg met de projectpartners werden gecommuniceerd naar RVO en de TKI Solar Energy. Verder zijn mogelijke activiteiten met derden centraal gecoördineerd.

In het project is de voortgang van de inhoud en de financiële voortgang op kwartaalbasis gemonitord. Chematronics heeft voortgang en afwijkingen t.o.v. het projectplan gerapporteerd aan de stuurgroep en indien nodig aan de TKI Solar Energy en RVO. Indien nodig werden projectwijzigingen doorgevoerd en formeel goedgekeurd.

Alle voortgangsrapportages, presentaties en notulen van de consortiumbijeenkomsten staan in bijlage 6.

Vervolgactiviteiten

ColourMax is erin geslaagd een groot aantal resultaten te behalen waarvan sommigen na het einde van het project een follow-up zullen hebben.

Dit project heeft unieke resultaten opgeleverd voor de kennisinstelling (Zuyd Hogeschool). De testfaciliteit in de Wijk van Morgen zal worden gemonitord om verdere relevante gegevens te produceren, zodat eventueel vervolgonderzoek kan worden gedaan.

Sumipro zal de kennis die in dit project is verworven verder voortzetten voor andere applicaties.

Discussie, conclusies en aanbevelingen

ColourMax was een ambitieus project met een groot aantal innovatieve doelstellingen. Niet alle doelstellingen zijn bereikt. Alle ervaringen en resultaten hebben echter geleid tot verdere inzichten voor de partners. Voor sommige resultaten werd een afwijking gemaakt vanwege product- en marktredenen, maar er zijn relevante aanvullende resultaten behaald.

De volgende resultaten zijn behaald:

WP 1: Simulations and geometric optical design Category: Industrial Research		
Task 1.1	Simulate optimal geometry for several façade orientations	Exasun

WP2: Prism replication on glass Category: Industrial Research		
Task 2.1	Development of prism profiles	Exasun, Sumipro
Task 2.2	Development master mould	Sumipro, Exasun
Task 2.3	Development soft mould and replication onto glass or foil	Exasun, Sumipro

WP3: Inktjetting colours Category: Industrial Research		
Task 3.1	Development of suitable coatings	Dercom, Exasun
Task 3.2	Printing process on prisms	Exasun, Dercom

WP4: Prototyping ColourMax modules Category: Experimental Development		
Task 4.1	Prototype production of BIPV modules	Exasun
Task 4.2	Prototyping of the ColourMax modules	Exasun

WP5: Characterization and testen Category: Industrial Research		
Task 5.1	Indoor testing small prototypes	Hogeschool Zuyd, Exasun
Task 5.2	Lab testing larger prototypes	Exasun, Hogeschool Zuyd
Task 5.3	Test efficiency / output power and cleanliness versus reference modules and other techniques	Hogeschool Zuyd
Task 5.4	Review Board and dissemination	Exasun, Hogeschool Zuyd

WP6: Project management Category: Industrial Research		
Task 6.1	Project organisation and work group management	Exasun, Chematronics

Task 6.2	Progress reports	Exasun, Chematronics
----------	------------------	----------------------

Het ColourMax-prototype functioneert naar behoren, maar het toepassen van de ColourMax-technologie is moeilijk en moet precies worden uitgevoerd om ervoor te zorgen dat het prototype voldoende efficiëntie en volledig afgedekte kleurlaag aan de andere kant van het prisma heeft. Bovendien hebben alternatieve technologieën vergelijkbare efficiëntie (verlies) met een eenvoudigere en goedkopere productiemethode. Daarnaast lijken deze alternatieve technologieën een verbeterd esthetisch uiterlijk te hebben in vergelijking met de ColourMax-technologie.

De complexiteit van het project heeft verschillende uitdagingen gecreëerd tijdens het uitvoeringsproces en heeft dus het project beïnvloed. Daarom worden enkele aanbevelingen gedaan voor de uitvoering van toekomstige projecten.

- Samenwerking tussen partners, elk met hun eigen ambities, ervaringen en doelstellingen, vereist een voortdurende coördinatie van strategische en operationele belangen. Door het projectmanagement van een onafhankelijke partij te laten uitvoeren, zijn alle belangen in behartigd met succesvolle resultaten voor verschillende partners. Bovendien biedt dit de mogelijkheid om deel te nemen aan een open samenwerking met elkaar, zelfs in risicovolle en zelfs potentieel concurrerende activiteiten. Het vooraf goedkeuren van commerciële exclusiviteit in projecten waar de onzekerheid nog steeds groot is, belemmert samenwerking eerder dan intensivering ervan.
- Diverse samenwerkende industrieën creëren voortdurend veranderende omstandigheden die het marktperspectief van innovaties beïnvloeden.
- Er zijn een aantal technische innovaties uitgevoerd in het project. Deze innovaties kunnen ook als afzonderlijke producten op de markt worden gebracht. Dit zorgt ervoor dat risico's met betrekking tot vertragingen in ontwikkeling geen belemmering vormen voor het voortzetten van de andere innovaties.
- De ambities waren hoog en de diversiteit aan innovaties was groot. Enerzijds genereert dit brede kennisuitwisseling en een focus op aspecten in het systeem. Aan de andere kant heeft dit enige vertraging veroorzaakt bij het bereiken van enkele resultaten. Een duidelijke fasering van het project met gezamenlijk afgesproken mijlpalen en beslistmomenten is noodzakelijk om de voortgang van het project te behouden en om de status van de verschillende ontwikkelingen met betrekking tot de afgesproken doelen bij te houden.

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