

Final report



1.1 Project details

Project title	PV-Stjernelys arkitektoniske BIPV moduler med indbyggede lysdioder
Project identification (program abbrev. and file)	64014-0190
Name of the programme which has funded the project	Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP): BIPV særpulje
Project managing company (name and address)	RACELL Sapphire Technologies ApS Roskildevej 22, 2620 Albertslund Denmark
Project partners	Solar City Denmark www.solarcity.dk MAP Architects www.maparchitects.dk PRIEDEMANN/ Facade-Lab www.priedemann.de COWI (sub-contractor) www.cowi.com
CVR	31492025
Date for submission	30.03.2020

1.2 Short description of project objective and results

1.3 Executive summary







1.4 Project objectives

1.5 Project results and dissemination of results

1.6 Utilization of project results

1.7 Project conclusion and perspective

Annex

-  BILAG 1 Komtar Tower med PV Starlight.pdf
-  BILAG 2 - PV StarLight PUBLIKATION.pdf
-  BILAG 3 - Solceller Studenterkonkurrence dommerbetænkning.pdf
-  BILAG 4 Liste over besøgende ved målrettet formidling.pdf
-  BILAG 5 - ARKITEKTEN omtale studenterkonkurrence.pdf
-  BILAG 6 - RACELL & MAP LYS DESIGN presentation.pdf

1.2 Short description of project objective and results

English

The general project aim was to increase the use of photovoltaic in urban areas by improving the architectural expression and exploit surfaces in building integrated solar PV through the use of built-in LEDs. The project aimed to develop new technologies and demonstrate the possibilities in a catalogue and demonstrate examples when setting up examples of f.ex. for large building facades, large visible roof areas and for large area screens. The building integrated modules should, as an important goal, be able to utilize the light diodes without seriously affecting the energy production from the solar cells.

In the project period it was managed successfully to develop technologies providing (1) a high density of LEDs, (2) programable & remote controlled LEDs, (3) integration of LEDs in large area PV modules, (4) that all module types could be applied, (5) that the modules could function as actual video screens.

Dansk

Projektets formål var overordnet at udbygge anvendelsen af solceller i byrummet ved at forbedre det arkitektoniske udtryk og udnytte overflader af bygningsintegrerede solceller ved anvendelse af indbyggede lysdioder. Projektet skulle fremvise mulighederne i et katalog og demonstrere eksempler ved at udvikle ny teknologi og færdige prototyper til byens flader f.eks. til store bygningsfacader, til store synlige tagarealer og til store info- og reklameskilte. De bygningsintegrerede solceller skulle, som et vigtigt mål, kunne udnytte de indbyggede lysdioder uden mærkbart at mindske energiproduktionen fra solcellerne.

Det lykkedes det i projektforsøget at udvikle teknologier så der er opnået (1) en stor tæthed af lysdioder, (2) programmérbare og fjernstyrede LED'er (3) integration af LED i meget store solcellemoduler (4) at alle modultyper kan benyttes (5) modulerne kan fungere som deciderede videoskærme.

1.3 Executive summary

Fra ideen om at nogle ganske få spredte lysende dioder "stjernelys" kunne bryde en monoton hel mørk solcelle facade i byrummets aften og nattetimer, så lykkedes det i projektforsøget at udvikle helt nye teknologier, så det nu er muligt indbygge en stor tæthed af lysdioder. Herudover er det lykkedes at indbygge fuldkommen programmérbare fjernstyrede lysdioder. Den komplette integration af LED i endog store solcellemoduler har resulteret i, at også RACELL's mere avancerede solcellemoduler med indbygget varme og kølingsproduktion også kan udnytte indbyggede LEDer med stor pixel-tæthed.

En stor udfordring har været at gøre LED teknologien kompakt, så den både kunne integreres og indkapsles i samme lag som solcellerne. Endvidere skulle produktionen af solcellemodulerne stadig kunne produceres billigt og med holdbarhed over 25 år. De 0,2mm tynde celler risikerede let at knække og dioderne at ødelægges under fabrikationen. Dertil kom at den megen styreelektronik krævede for meget plads udenfor modulet, og diodeledninger der endog stak ud foran på modulet. Som resultat var solcellemodulerne og lysdioderne i projektets første 2 år klodsede, ustabile og ligefrem uegnede til udendørs brug.

Undervejs i projektet blev der opbygget en lang række af applikationsidéer og startet referenceprojekter der kan illustrere hvorledes denne nye meget visuelle solcellemodultype kunne udnyttes. Adskillige skitser og idéer, deriblandt en skandinavisk idékonkurrence for unge arkitekter og studerende, viste helt nye applikationsmuligheder. Også flere udenlandske firmaer og kunstnere fik bidraget til at et katalog over applikationsmulighederne er blevet opbygget.

Med PV Starlight projektet er der blevet skabt helt nye anvendelser for solcelle- og PVT moduler, f. eks. som deciderede videoskærme til reklamer på store facader af indkøbscentre, til store udendørs koncerter, til højhuse, til billboards, til vejbelysning m.v.

Grundet den kompakte og sikre og meget vejrbestandig indkapsling der normalt gælder for solcellemoduler, er LED integrationen sammen med cellerne en konkurrenceparameter overfor de store udendørs LED skærme man normalt anvender. Disse har, i modsætning til PV Starlight modulerne, en meget kort levetid og kræver mange beskyttende foranstaltninger og kostbare ophæng. Derfor vil de energiproducerende solcellemoduler med indbyggede LED'er med stor lysstyrke kunne vinde markedsandele fra de nuværende strømslugende lys- og videoskærme. Der er dog en begrænsning i pixeltætheden for PV Starlight LED'erne, simpelt hen fordi de kun må skygge for en lille del af modularealet, således at der kan produceres mest mulig energi af solcellerne.

Som produkt vil PV Starlight slå igennem på markedet når et større fuldautomatisk produktionsanlæg er etableret. Produktionen vil passe fint sammen med eksisterende solcelle fabrikationsudstyr således at der ikke skal opfindes helt nye maskiner til dette formål. I projektet blev også selve lysdioderne videreudviklet, så de kunne tilpasses i produktionen af solcellemodulerne mht. både funktion og æstetik. Således er dioderne næsten usynlige, når de ikke er tændt.

1.4 Project objectives

Projektmål

Solceller er efterhånden kommet ned i et prisleje, der gør integration af solceller i bygningselementer, som ikke vender optimalt i forhold til solen, realistisk. Således bliver facader både mod øst, syd og vest også beklædt med solceller i større omfang i fremtiden.

Det betyder, at solceller rykker fra en mere usynlig placering på taget til en mere synlig del af en bygning. Dette skaber udfordringer men mange nye muligheder for anvendelse og udtryk. Dette projekt tager denne udfordring op og arbejder på hvordan man ved anvendelse af lysdioder og andet kan skabe nye arkitektoniske udtryk og nye anvendelser af solceller. Mulighed for variationen i udtryk og overflade gør det lettere at indarbejde solceller i store synlige overflader og nogle af de foreslåede anvendelser af solceller vil gøre at solceller kommer med som en ekstra bonus. Solcelleanlæg består traditionelt set af store, mørke og ensfarvede eller blåligt skinnende overflader, som der hurtigt kan blive for meget af. Dette er også ofte tilfældet på tagplacerede solceller der kan ses nedefra, dette vil vi gøre op med.

Som eksempel vil en forsigtig, men vigtig anvendelse være, hvor dioderne som små spots om aftenen bidrager til belysning på mørke pladser og områder i byen til skabelse af "tryghed" ved at gøre mørke overflader synlige og derved danne et trygt rum i gaden. Forslag til dette ses på figur 1 og 2.

Figur 1 Forslag til belysning af gårdareal via solcellemoduler m. indbyggede lysdioder



Et andet eksempel var solceller på en synlig gavl, der viser information fra kommunen om valg, trafikforhold mv. Det kan også være et aktivt kunstværk hvor skiftende kunstnere eller et "aktivt" kunstværk. På stadion og idrætsanlæg kan store informationstavler være baseret på solceller med lysdioder der giver information og måske samtidig er en storskærm der viser zoom-ind fra kampen.

En anden mulighed for anvendelse var at PV Starlight modulerne som en facade blev anvendes til skiftende små tekster/billeder eller nyheder. Fladerne kan naturligvis også anvendes til indtægtsgivende reklamer.



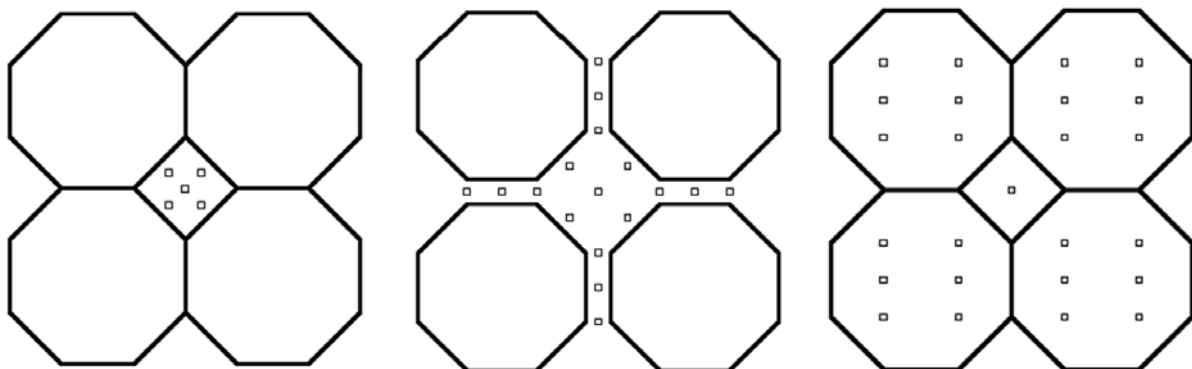
Figur 2 Forslag til solcellemoduler bygget som solskodder med indbyggede lysdioder

Kernen i projektet ligger i de teknologiske projektmål der vedrører at muliggøre at dioderne fuldt og helt kan integreres sammen med selve solcellerne inde i modulet.

Lysdioder, som bruger meget lidt energi og har en lang levetid kan anvendes til at skabe billeder/ videoer ved at ændre farve og lysstyrke. For at danne et billede eller en video er man nødt til at samle lysdioder. Den nødvendige afstand mellem dioderne er afhængig af krav til kvaliteten af billedet eller videoen, samt afstanden mellem solcelleanlæg og betragteren.

Blandt de nye applikationer som PV Starlight projektet ville realisere, var at producere solcellemoduler hvor lysdioderne kan indbygges imellem cellerne eller i huller i huller i selve cellerne. Dette kan kombineres med belysning bagfra af gennemsigtige moduler eller dele af moduler. De foreslåede anvendelser var mange, hvor man henter inspiration fra anvendelser af farverige elektriske lyskilder i store facader og skærme.

Målet er at realisere de teoretiske muligheder for at integrere flere eller færre dioder i produktionsprocessen af solcelleanlæg som illustreret i figur 3. Det skal i projektet skabes muligheder for at placere lysdioder imellem hver enkelt solcelle eller etablere huller imellem cellerne, som svarer til størrelse af lysdioden i hver solcelle. Et billede eller en video i en høj kvalitet vil kræve flere huller i hver solcelle, som resulterer i lavere el produktion og en dyrere løsning.



Figur 3 Eksempel på solceller og placering af lysdioder

Det er muligt at styre farve og lysstyrke på hver enkelt diode i facaden ved brug af intelligente lysstyringsystemer, som kan programmeres efter krav eller ønske i hvert enkelt projekt.

Et nødvendigt vigtigt mål i projektet var at finde frem til innovative produktionsteknologier for at skabe plads til de mange enkelte ledningsforbindelser for hver eneste diode uden at fordyre produktionen af solcellemodulerne væsentligt.

Mål og en stor udfordring på det tekniske plan, lå i at udvikle materialer, fremstillingsprocesser og metode til at få anbragt et stort antal dioder inde i selve solcellemodulet. Dertil at få dioderne elektronisk forbundet til en programmerbar styreenhed. Et andet vigtigt mål, som skulle drive fremstillingsteknologien i den rigtige retning, var opbygningen af idégrundlaget for det arkitektoniske og anvendelsesmæssige, hvor der er mange anvendelser som ovenfor beskrevet. Projektet havde ikke til formål at prioritere disse eller anbefale hvilke der er bedst, men blot illustrere mulighederne for anvendelser i et katalog.

Projektet havde endvidere som målsætning en udvikling og demonstration af meget store PV Starlight moduler på f.eks. 3x4 m og at anbringe disse store moduler på Byens Hegn i forbindelse med Metro-byggeriet.

Gennemførelsen frem til projektmålene

Mens idékatalog og analyser af disse blev opbygget, blev de første prototyper solcellemoduler med lysdioder i udviklet. Den elektroniske styring var simpel og begrænset, men det lod sig gøre at lade dioderne integrere i modulerne og dermed gennemgå især tre meget hårde processer som et solcellemodul udsættes for under fabrikationen, nemlig (1) en høj temperatur på 160 grader samtidig med (2) et ødelæggende lavt vakuumniveau på 0,1 mbar og endelig (3) et voldsomt fysisk pres af en hård membran. Det så ud til at modulerne med dioderne virkede fint og kunne styres. Modulerne blev gjort større og der blev placeret flere lysdioder ind mellem glasset og modulets bagside.

På trods af at lysdioderne ofte efter kort tid enten kortslyttede eller på anden vis fejlede, nåede de spændende prototyper at give megen inspiration til idékatalog og til kommende byggeprojekter med solceller. Formidlingen og demonstrationer kunne gennemføres såfremt dioderne ikke skulle aktiveres i mere end få minutter ad gangen.

En lang række forsøg og teknologisk udvikling blev igangsat og dioder og elektronik blev skridt for skridt optimeret og udviklet direkte sammen med LED producenterne. I en sen fase af projektet lykkedes det endelig at kunne producere både programmérbare og stabile lysdioder i PV Starlight modulerne. Herefter kunne man gå i gang med at øge pixeltætheden samt at producere meget store moduler med lysdioder i. I denne sidste fase af projektet var det muligt at eftervise at projektet havde nået sine mål og det var realistisk at de mange anvendelsesområder fra idé kataloget ville kunne realiseres.

Elektronikken med styringen og fjernkontrol havde medført at der måtte anbringes flere større bokse med følsom elektronik udenfor modulet. Hertil kom mange små tynde skrøbelige LED- og elektronikledninger, der måtte stikke ud på bagsiden af modulet.

Ved denne del af teknologien blev der taget nogle innovative skridt til at forbedringer således, at det til sidst lykkedes at simplificere de elektroniske styrekredse, hvorefter PV Starlight modulet endelig kunne fremstå som et stærkt velfungerende modul med den lange levetid på 25 år der typisk er normen for standard solcellemoduler.

Projektet nåede således at fremvise flere resultater end dem der var sat som mål, undtagen udstillingen på Metrohegnet, som i mellemtiden var fjernet. Via fra henvendelser fra bygherrer, entreprenører og arkitekter fra ind- og udland, er det lykkedes at opbygge en ordre pipeline, der vil kunne vise at PV Starlight målene i nær fremtid kan implementeres i stor skala med den nye innovative teknologi. I bilag 1 vises en af de avancerede anvendelser på højhus, hvor PVT solcellemoduler både skal fungere som kraftvarme-køl enheder (jf EUDP projektet Solar CHP-C og samtidig give højhuset et nyt markant udtryk via de indbyggede programmérbare lysdioder.

Overordnet forventes det at flere patenter vil kunne udtages på baggrund af den nye teknologi.

Risici ift projektet

Selvom der måtte være tale om allerede udviklede solceller og allerede udviklede lysdioder, så er det selve integrationen af disse to typer komponenter i en og samme kompakte enhed (det 6 – 10 mm tynde solcellemodul) der skaber problemer og en mængde af risici.

En første udfordring er levetiden for lysdioderne, idet solceller i de fleste sammenhænge har en meget lang levetid. Standardgarantier på solceller er 25-30 år. Det er derfor nødvendigt at anvende dioder og andre komponenter med en levetid der matcher solcellernes. Efter indkapslingen kan lysdioderne ikke fjernes uden at modulet ødelægges.

Løsningen blev, udover at vælge lysdioder med lang levetid, at lave pixelmatricer med redundans. Dvs. at fremfor en matrix hvor hvert kvadrat har én diode i hvert hjørne blev der fremstillet matricer med 4 lysdioder i hvert hjørne. Herved blev lysdiodernes levetid 4-doblet. Det første 1,5 år i projektet kunne man risikere at en enkelt fejdioder kunne medføre at f.eks. 100 andre dioder fejlede. En vigtig forudsætning for løsningen blev at anvende dioder der arbejder uafhængigt af de andre. Hvis en tilfældig diode ikke fungerer mere, så er det kun den der udgår. De andre lysdioder fortsætter uafhængigt.

En anden alvorlig risiko var varmepåvirkning af dioderne. Under fremstillingsprocessen blev de udsat for 160°C som kan være ødelæggende. Dertil kommer udsættelsen for sollyset, som bringer temperaturen på 40-60°C i lange perioder. Efter mange fejl og optimeringer viste det sig muligt at ændre teknologi og klare begge forhold.

Andre alvorlige risici som også viste sig i de første 18 måneder ind i projektet var:

- De tynde solceller og eller dioder kunne knække fra trykket under fremstillingsprocessen
- Mange lodninger til at forbinde dioderne og deres chips indbyrdes gav kortslutninger og fejl
- Ledningsnettet fra dioderne kunne kortslutte solcellernes ledningsbaner
- Det lave vakuum niveau under fremstillingsprocessen ødelagde dioderne helt eller delvis
- manglende kontrol af elektronik og styring af lysdioderne når mange tusinder skal styres samtidig
- Ingen ledninger må ligge udenfor modullaminatet, da de ellers risikere ødelæggelse fra vind & vejr
- Lysdioder med chips som løse komponenter kan forrykke sig under den hårde fremstillingsproces
- Både forside og bagside skal være sikret mod vandalisme og hårde vejrforhold
- De indbyggede LED'er må ikke kunne ødelægges af standardmontagekomponenter
- Kontrol og programmering skulle være kompatibel med kendte LED software styresystemer

Det vurderes at der i projektførelsen blev fundet brudbare og økonomisk rentable løsninger til at fjerne alle de ovennævnte risici.

Gennemførelsen ift milepælene

Taget fra Statusrapport PV-Starlight pr. 1. juli 2015:

Projektet har fulgt tidsplanen og de afgørende udfordrende teknologiske delmål er nået. Således er det verificeret at PV-starlight modulerne faktisk kan produceres og tilmed med fuldt programmerbare indbyggede lysdioder.

Mange forskelligartede arbejdsprototyper er blevet udviklet, fremstillet og afprøvet (WP1: Afklaring af de tekniske muligheder og fremstilling af første prototyper & M1: Arbejdsmoduler fremstillet).

De og teknologiske forhindringer blev afdækket, deriblandt programmerbarhed således at flere hundrede dioder inde i et modul kan kontrolleres enkeltvis og samtidigt. Illustrationer og idéoplæg til moduler blev specificeret til første katalogoplæg (WP2: Anvendelse af PV Starlight & M2: Moduler til demonstration færdige). Udvikling af montagesystem, store LED moduler, katalog illustrationer blev gennemført og realiseret (WP3: Moduler til demonstration & M3: Katalog fremstillet) og eftervist og en kunstnerisk LED pixel-film til 25m langt Metrohegn eller facade blev afprøvet. Teknologien var kompliceret og vanskelig at udvikle og gennemføre ift fremstilling af stabile holdbare LED aktive PV Starlight moduler med garantier på over 25 år.

Allerede fra de første forsøg og prototyper opstod der alvorlige problemer. Efter belastningsforsøg med høj lysintensitet i dioderne og varighed i over 10-100 timer, viste det sig at enten enkelte dioder ikke længere lyste, eller store dele af modulets dioder ikke længere kunne aktiveres. De fleste modul prototyper nåede aldrig at fungere ret længe, selvom produktionsprocessen, dioder, materialer og elektronisk

styring blev ændret og forsøgt optimeret. Ift udendørs demonstrationer af PV Starlight, så gik en stor del af projektperiodens tidsvindue tabt, fordi levetiden for dioderne var uberegnelig og alt for kort. Meget sent i projektfasen lykkedes det at have teknologien endelig på plads, så dioderne og styresystemet fungerer, formodentlig i mere end 25 år.

En stor del af prototypeproduktionen var præget af meget vanskeligt og problematisk manuelt arbejde til skræddersyede specialkomponenter tilpasset til de enkelte moduldimensioner. Især skulle der mange tusinder af minutløse lodninger til for at forbinde lysdioderne korrekt med hinanden. Det betød flere omkostninger, flere muligheder for fejl og færre muligheder for frie valg af dimensionerne for modulerne. Med nye optimerede LEDer, nye fremstillingsprocesser og nye patenter afprøvet og realiseret har man opnået mulighed for 50% højere pixel-tæthed, samt mulighed for at lave Starlight moduler i størrelser op til 3m x 4m. Med flere præfabrikerede komponenter har der været mulighed for at opnå en hurtigere produktion og mere sikker kvalitetskontrol således, at der ikke opstår "døde" pixels, kortslutninger mv.

Gennemførelsen af nogle delmål i fuld skala tog derfor længere tid end forventet, men efter mange optimerings- og analyserunder lykkedes det at kunne demonstrere velfungerende og store prototyper med succes.

En række formidlingsarrangementer i ind- og udland har skabt stor interesse og deriblandt fra kunstneren Olafur Eliasson. En stor temadag blev holdt på AAU Kbh og udstillinger i Madrid og Building Green er en del af præsentationerne. En nærmere beskrivelse af formidlingsdelen beskrives i afsnit 1.5.

1.5 Project results and dissemination of results

Med et omfattende teknologiudviklingsarbejde og adskillige prototyper og varianter nåede projektet frem til brugbare løsninger og pilotprodukter der kan indgå i en kommende kommerciel udnyttelse af PV Starlight produkterne.

Projektet fik bevist at det var muligt at udbygge anvendelsen af solceller i byrummet ved at forbedre det arkitektoniske udtryk og udnytte overflader af bygningsintegrerede solceller ved anvendelse af indbyggede lysdioder. Projektet fremviste mulighederne i et katalog og har demonstreret eksempler ved at udvikle ny teknologi og færdige prototyper til byens flader f.eks. til store bygningsfacader, til store synlige tagarealer og til store info- og reklameskilte. De bygningsintegrerede solceller kan nu, som et vigtigt mål, udnytte de indbyggede lysdioder uden mærkbart at mindske energiproduktionen fra solcellerne.

Det lykkedes det i projektførelsen at udvikle teknologier så der er opnået (1) en stor tæthed af lysdioder, (2) programmérbare og fjernstyrede LED'er (3) integration af LED i meget store solcellemoduler (4) at alle modultyper kan benyttes (5) modulerne kan fungere som deciderede videoskærme.

De nye PV Starlight produkter i forbindelse er i på alle måder særdeles relevante for mange erklærede klima- og miljømæssige mål samt FNs verdensmål. Den muliggør at al offentlig information og belysning via skærme og facader kan overgå til at være energiproducerende fremfor at være energibelastende.

Produkterne har vist at selv meget kommercielle anvendelser (lysreklamer, PR, indkøbscentre) bliver lokket til at både producere vedvarende bæredygtig energi samt reklamere for samme. Det har derved en stor formidlingsmæssig betydning at solcellemoduler pludselig fanger opmærksomheden i dagligdagen. Produktet har en "Blade Runner" eller Science Fiction agtig effekt, således at tilskueren sammen med Solar CHP-C teknologien oplever at teknologiske bæredygtige fremskridt kan komme længere end fantasien umiddelbart lader en tro.

Realisering af projektmålene

Som uventede spin-off produkter fra projektet har det vist sig at man kan konkurrere med eksisterende storskærme, som har den ulempe at de har en langt større tykkelse, vægt og er mere udsat for vind og vejr. Indkapslingen af PV Starlight modulerne kan således, såfremt man ønsker den særligt høje pixel-tæthed, medføre at produktet uden solceller vil være konkurrencedygtigt. Med den meget høj pixel-tæthed, så skygger de mange dioder for meget for cellerne.

En variant er dog PV-Starlight moduler, hvor cellerne er monteret på bagsiden, således at forsiden er dækket af de mange LED pixels, mens bagsiden om dagen kan høste energi fra lysrefleksioner fra omgivelserne. Det samme princip som benyttes hos bifaciale solcellemoduler

Øget omsætning og eksport

Projektet har i forbindelse med ordrer til kommercielle bygninger som indkøbscentre, kontorbygninger og højhuse, resulteret i en øget interesse for solcelleløsninger til facader og bygningsintegration. Til tider bliver den oprindelige ordre fokuseret mere på LED modulerne fremfor den mængde energi som PV eller PVT kan producere.

Eksportmæssigt er der et stort potentiale til lande med mange storcentre, højhuse og lysreklamer. Det gælder primært Asien og USA.

Anvendelsen til vejbelysning og belysning i store mørke byrum, forventes at blive et større eksportmarked i Skandinavien og Nordeuropa og Canada.

Produktionen vil medføre mange ansatte også på salgssiden ift mange kunder og logistik. Det overvejes om der skal dannes partnerskaber og licensaftaler med nogle internationale virksomheder som GE og Phillips, da disse beder kan løfte en hurtig vækst og stor produktionskapacitet.

Resultater og fremvisninger

Et indtryk af de resultaterne er vist i de følgende sider og i bilag 2 (Publikation), bilag 3, bilag 4. og bilag 5.

PV-Starligt solcellemodul med indbyggede lysdioder



PV-Starlight modulerne yder 200 Wp/m² men taber ca. 10 % på grund af det areal lysdioderne tager. Modulet kan integreres, eller anvendes som stand alone med et tyndt, fladt batteri bag på modulet.

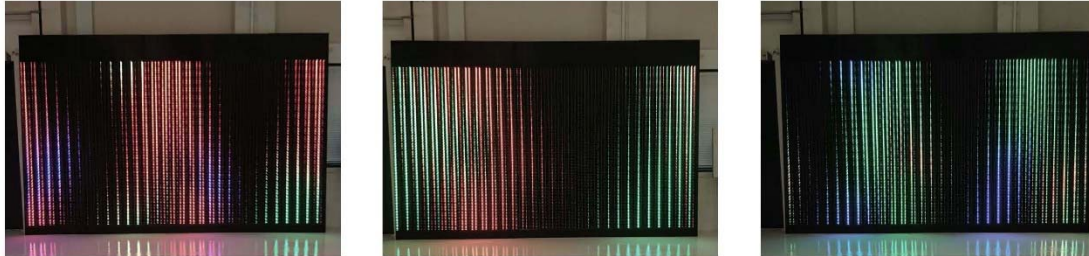


Solcellemoduler med indbyggede LED-dioder kan forvandle mørke facader til lysende rum i natten. De kan anvendes til at vise infotekst, film og kunst/video installationer. Modulerne kan tidsinstilles, så de kun lyser i afgrænsede tidstumper.



Styresystem giver mulighed for programmering af lysdioderne. Hver enkelt diode kan kontrolleres individuelt. Styresystemet anvendes på computer, tablet eller mobiltelefon.

Store moduler 6 x 2 meter med programmeret farvespil



Case: eksisterende betonfacade



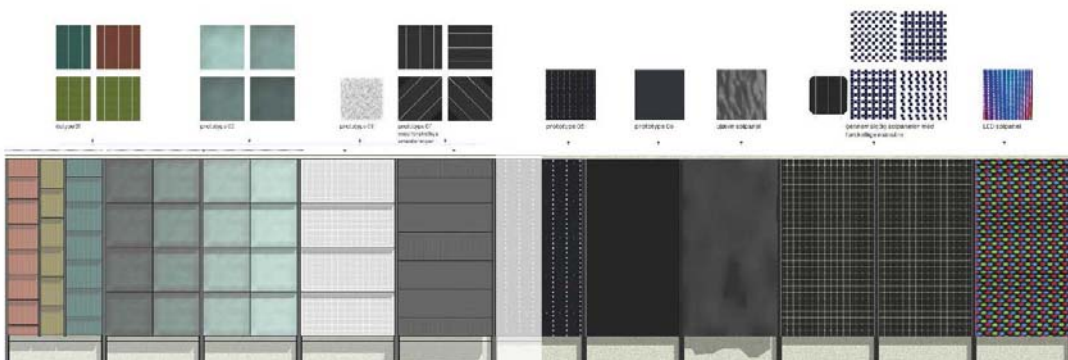
En typisk betonfacade med ensartede elementer kan forvandles til en aktiv udstilling af farvede solceller og programmerbare indbyggede PV LED.

Visualiseringer

Facade før og efter

Visualiseringer

Nederst ses facadeskitse med placering af moduler



Case: højhus



Visualisering: skiftende belysning på højhuset med PV-Starlight moduler

KOMTARTOWER fra 1986 var i flere år Malaysias højeste med sine 249 meter. De 68 etager udgør et kompleks bestående af detailforretninger, en transporthub og administrative kontorer for regeringen. Indkøbscentret nederst i bygningen har et større grundareal end resten af det runde højhus.

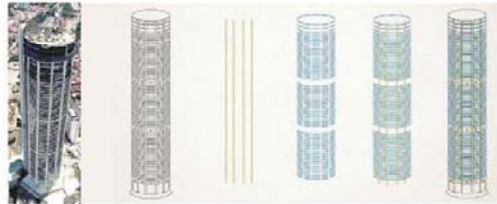
Bygningen har et facadeareal til PVT og PV på 10.000 m², omfatter 190.000 etage m² og grundareal på 2800 m².

Skitseprojekt i projekterne 'PV Stalight' og 'Solar C-CHP'

Skitserne viser hvorledes en ellers forsømt ikonisk skyskraber i Malaysia, udover energirenovering via PVT, kan vækkes til live ved at introducere LED som er indbygget i PV-Starlight moduler.

Højhuset skal være selvforsynende med energi

Bygningen kan via et skræddersyet PV anlæg til hele skyskraberen, ud over at blive selvforsynende med PVT-E kraftvarmekølig, også blive byens ikoniske bygning igen med display af farvede solceller. Med PVT-E kan man uden intern ombygning bringe ekstra strøm og kølig til bygningen og derved radikalt reducere forbruget af air-



condition og ventilationsanlæg. En metode til at optimere udbyttet af kølingen er at øge køleudbyttet for de PVT-E moduler der ligger i skygge, efterhånden som solen bevæger sig.

PVT-E modulerne placeres primært på elevatorbygningen. De kan også placeres på øvrige dele af facaden - her er kravet at modulerne skal være hvide.

Det er en ekstra udfordring at montere PVT-E uden at skæmme bygningen. Derfor blev der i visualiseringen og simuleringen introduceret indbyggede LED lys der kan løfte bygningens arkitektoniske signalværdi.

Case: metrohegn



Ved udbygning af Københavns metrosystem er de mange byggepladser omkranset af hegn og beliggende i uoplyste områder.

Solcellemoduler med indbyggede LED-dioder kan oplyse de mørke byggepladsfacader, som mange mennesker passerer til og fra metroen, og bidrage til oplevelser og tryghed i mørket.

Visualisering:

Frederiksberg metrohegn med PV-Starlight moduler programmeret til at vise skiftende videoinstallationer i bestemte tidsrum.

Case: stand alone



PV Starlight-moduler i samarbejde med kunstner Olafur Eliasson
Udstillet på PKM Gallery, Seoul 2017

Der er arbejdet med farvede moduler og LED, og installationen har et indbygget skjult batterianlæg, hvor solcellemodulerne forsyner kunstværket uden forbindelse til El-nettet.

Materialer: stainless steel, black paint, colour-effect filter glass blue and green, LED bulbs, photovoltaic unit, motor ø 192 cm.

The exploration of the Centre of the Sun 2017

© Studio Olafur Eliasson.

Foto: Jeon Byung Cheol

Studenterkonkurrence

Idékonkurrencen for studerende

Nordiske arkitekt- og designstuderende blev inviteret til at udfordre anvendelsen af solceller gennem en idékonkurrence. Formålet var at iværksætte en ny udvikling af den måde, vi anvender solcellepaneler på bygninger, i byrum og landskabet.

Baggrund

En ny generation af solcellepaneler rummer med sine nye farver, formater, strukturer og stoflighed en anden æstetik end tidligere. Solcellepaneler er nu et byggemateriale med en tydelig egenværdi, der åbner for helt nye arkitektoniske muligheder, både rumligt og formmæssigt. Det er muligt at addere kunstlys, så solcellepaneler med LED kan fungere som belysning i byrum, digital kunst eller infotekst. (se indkomne forslag som bilag)

IDEKONKURRENCE NYE SOLCELLER NY ARKITEKTUR

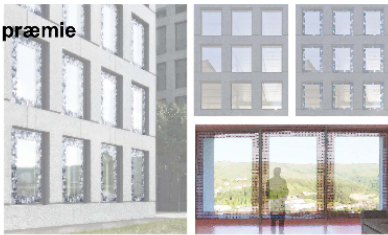
Den 1. november 2016 blev vindere i den nordiske idékonkurrence for arkitekt- og designstuderende udpeget ved et arrangement i Designmuseum Danmark, arrangeret af Solar City Denmark.

Dommerkomite

Seniorpartner 3XN, Kasper Guldager Jensen, GXN
 Associeret partner, Mette Julie Skibsholt, Arkitema Architects
 Partner, Lars Steffensen, Henning Larsen Architects
 Arkitekt Jan Christiansen, formand for dommerkomiteen



1. præmie



Vindere

1. præmie: Karl Emil Koch, KADK Institut for Kultur
2. præmie: Carl Arvidsson, KADK Transformation og Restaurering
3. præmie: Lauge Floris Larsen KADK Bygningskunst, By og Landskab

Herudover fik 3 forslag hædrende omtale:

Anja Fange, KADK Bygningskunst & Design
 Rune Wriedt og Danielle Eskildsen / Aarhus School of Architecture
 Sebastian Gatz, KADK Information, Technology and Architecture

2. præmie



3. præmie



FORMIDLING AF PROJEKTET

Direkte dialog med målgrupper: fremvisning af PV Starlight moduler på fabrikken

Fremvisning og udstilling af modulerne er sket ved besøg hos RACELLs udstillingslokaler til målgruppen i projektet: arkitekter, tegnestuer, entreprenører, rådgivervirksomheder, eksportvirksomheder, byggebranchen, bygherrer, kommuner. Typisk har hvert besøg varet 1-2 timer for hvert firma.

PV Starlight moduler udlånt til udstilling

DSB: 3m x 10 m skærm opstilles til deling mellem DSB-station og Egedal Rådhus
 DOLL i Albertslund: PV Starlight som gadebelysning
 Priedemann i Berlin: opstillet på hovedbygningens facade som to storskærme.
 Olafur Eliasson: udstilling i Studio Berlin og Seoul

CA Fästigheter i Växjö: kontorbygning opbygger 1m x 8m PV Starlight intelligent skærm
Samt: permanent udstilling hos Racell.

Udstilling på fagmesse af PV Starlight moduler

Climatizacion 2015, Madrid og Building Green 2018, København



Temamøder og seminarer

10.12.2014 / Temamøde på Aalborg Universitet i København

Introduktion af projektet med indlæg af projektdeltagerne (55 deltagere)

03.11.2016 / Seminar på Building Green i København

Præsentation af LED-solcellepaneler og resultatet fra arkitektkonkurrencen (100 deltagere).



03.11.2016 / Temamøde og prisoverrækkelse på Design Museum Danmark

Præsentation af resultatet fra arkitektkonkurrencen for studerende (70 deltagere).

På temamødet præsenteres også en række nyudviklede solcellepaneler. Tre danske tegnestuer fortæller hvordan de arbejder med solenergi, belyst gennem eksempler.



NYE SOLCELLER NY ARKITEKTUR



INVITATION/ temamøde

tirsdag 1. november
kl. 13 -16:30

**DESIGNMUSEUM
DANMARK**
Bredgade 68, Festsalen
1260 København K

TILMELDING SENEST 30/10 PÅ
www.solarcity.dk

Arrangeret af Solar City Denmark
i samarbejde med projekterne:
PV-Starlight og Cool PVT
Projekterne støttes af Energistyrelsen
EUDP-program.
Produkterne er udviklet af
www.racell.dk



NYE PRODUKTER

En ny generation af solcellepaneler rummer med sine nye farver, formater, strukturer og stofflighed en anden æstetik end tidligere. Solcellepaneler er nu et byggemateriale med en tydelig egenverdi, der åbner for helt nye arkitektoniske muligheder, både rumligt og formmæssigt. Det er herudover muligt at addere kunstlys, så solcellepaneler med LED kan fungere som belysning i byrum, digital kunst eller infotekst.

STUDENTERKONKURRENCE

Nordiske arkitekt- og designstuderende er inviteret til at udfordre anvendelsen gennem en idékonkurrence. Formålet er at iværksætte en ny udvikling af den måde, vi anvender solcellepaneler på bygninger, i byrum og landskabet. Vinderne offentliggøres på temamødet.

PROGRAM

På temamødet præsenteres en række nyudviklede solcellepaneler. Ligeledes vises eksempler på arbejde med transparens i solcellepaneler. Tre danske tegnestuer fortæller hvordan de arbejder med solenergi, belyst gennem eksempler. De tre har også været fagdommere i studenterkonkurrencen sammen med Jan Christiansen, der på dommerkomiteens vegne afslutter dagen med at fortælle om de indsendte projekter, og offentliggøre de 3 vinderprojekter. Vi byder på et glas til slut, mens vi hører om vinderprojekterne.

1.6 Udnyttelse af projektresultaterne

Projektets partnere forventer at kunne udnytte projektets resultater på forskellig vis.

RACELL kan starte en større produktion af PV Starlight modultyperne til de mange applikationer der er omtalt. Især vil virksomheden kunne booste sit salg til erhvervsbygninger og kommercielle kunder.

MAP Architects og Solar City DK har fået nye redskaber som gør det muligt at gå fra inspirations- og designløsninger til faktiske projekter, hvor firmaerne kan fungere som rådgivere og hjælpe med detailprojektering. Et eksempel på design og inspirationskatalog findes i Bilag 6. Det ses at enkelt af forslagene ikke kan realiseres med PV Starlight, så der er fremover mulighed for at tilnærme design iderne til de bæredygtige og selvforsynende PV Starlight løsninger.

RACELL og Facade-Lab/Priedemann GmbH forventer mange kommercielle ordrer. Priedemann kan levere knowhow, rådgivning og detailprojektering til deres mange kunder indenfor højhusbyggeri. Tendensen er mere selvforsyning med vedvarende energi, men de ikoniske prangende højhusbyggerier vil som regel også udnytte diverse lyseffekter. Med PV-Starlight facademoduler kan begge dele realiseres samtidigt. RACELL har forventninger til at producere til samme kunder og forventer en stor efterspørgsel på "alt-i-en" moduler, der både kan producere strøm, varme, køling og med en overflade hvor PV Starlight teknologien giver de mere opsigtsvækkende effekter.

Muligheder for kommercielle aktiviteter er mange med PV Starlight produktet idet det i sig selv er fængslende for øjet på flere måder. Produktet vil forventeligt blive så populært at det bliver nødvendigt at finde samarbejdspartnere som Phillips og GE der kan klare international distribution, logistik og salg.

RACELL har indarbejdet produktet i sin forretningsplaner og forventer at PV Starlight vil have sin egen salgsorganisation og design team. Produktionen vil i starten være adskilt fra den øvrige PV og PVT produktion og efter 2 år vil de to produktionsanlæg kunne integreres. Adskillelsen i de to år beror på at en automatisk og robotstyret produktion skal etableres.

PV Starlight teknologien vil i de fleste tilfælde fungere som en del af standardmodulerne idet teknologien er skabt til netop dette. I de skandinaviske lande vil man typisk have anlæg på f.eks. 2000 m² PV eller PVT moduler og hertil måske 200m² PV Starlight moduler som branding og PR, eller til udendørs belysning.

I Fjernøsten vil man til gengæld udnytte PV Starlight mest muligt, som reklamebannere eller som belysning. Eksempelvis vil et indkøscenter udnytte PVT moduler til køling via et facadeareal på 20.000 m² og samtidig benytte facaden som bæredygtige reklameskilte.

På markedet findes der i dag ikke nogen tilsvarende produkter pga. den problematiske fremstillingsteknik og vanskelige materialesammensætninger. Eneste konkurrence kommer fra skilte og videoskærme der ikke indeholder solceller. Men grundet den langt bedre holdbarhed, vil PV Starlight kunne klare sig bedre for permanent installation i bygninger hvor vedligehold bliver minimal og dermed forbedre økonomien og ROI. Dertil bliver der en del nichemarkeder til stand-alone lysskilte. Ved motorveje landevej trafikknudepunkter er der brug for skilte der ikke skal have gravet særskilt strømforsyningskabler og derfor med fordel kan udnytte PV Starlight som er selvforsynende.

Der er allerede udtaget patentansøgninger på vej til flere af materialesammensætningerne og opbygningen. Flere andre patentideer bør tages i samarbejde med en stor international virksomhed såsom Phillips, for at sikre royaltys og overvågning af IPR.

PV Starlight produkterne medvirker til udbredelse af vedvarende energiproduktion, dels pga "wow" effekten, men også fordi produktet kan trænge ind i byrum hvor energiforbrugende lysreklamer dominerer. PV Starlight kan ændre disse facader fra strømforbrugende til bæredygtige og CO₂ besparende energiproducerende facader.

1.7 Project conclusion and perspective

PV Starlight projektet har vist hvorledes to vidt forskellige komponenter kan forenes og skabe et helt nyt og energirigtigt produkt, der kan vinde et stort indpas i vores daglige byrum i fremtiden. Både i afdæmpet og til tider usynlig form og i en meget synlig og livgivende form. Ved at give arkitekter et nyt værktøj i design af bygningers æstetik, har projektet vist at man kan udbrede solcelle moduler af andre grunde end bæredygtighed alene.







De vanskelige teknologiske udfordringer med to skrøbelige elektroniske komponenter der skal forenes i en holdbar plade eller bygningselement er blevet løst i dette udviklingsprojekt. Især er det lykkedes at reducere mange risici ved fremstillingsprocessen og dermed gøre fabrikationen både billigere, automatiseret og kvalitetsmæssigt sikker. Den næsten umulige opgave med at opnå 25 års holdbarhed for et alt-i-en og plug-and-play bæredygtigt modul er blevet løst.

Anvendelsesmulighederne er mangfoldige og som beskrevet i projektets katalog og demonstrationer, er der plads til en stor idérigdom i fremtidens bæredygtige løsninger hvor solceller indgår. En meget afdæmpet og udbredt anvendelse forventes vil kunne være til vej- og gadebelysning.

Forventningen er at så snart der er tilstrækkelig produktionskvalitet, så vil PV Starlight internationalt få store andele af helt nye facadesegmenter. Den forventede vækst skal derfor løftes i samarbejde med store internationale producenter indenfor udendørs belysning.

Det nye produkt der tilmed kan tilpasses alle hidtidige anvendelser af solceller, forventes at kunne slå igennem internationalt og gøre anvendelsen af solceller meget mere tillokkende for byggeprojekter og åbne pladser i byrummet og i landskabet.

Annex

-  BILAG 1 Komtar Tower med PV Starlight.pdf
-  BILAG 2 - PV StarLight PUBLIKATION.pdf
-  BILAG 3 - Solceller Studenterkonkurrence dommerbetænkning.pdf
-  BILAG 4 Liste over besøgende ved målrettet formidling.pdf
-  BILAG 5 - ARKITEKTEN omtale studenterkonkurrence.pdf
-  BILAG 6 - RACELL & MAP LYS DESIGN presentation.pdf