

GROENE COMBI



September
2018

Openbaar eindrapport Groene Combi

*Groene Combi: Gebouwgeïntegreerd PVT-dak in
combinatie met een ventilatiewarmtepomp*

ProjectTopsector ZEGO:TEZG214008

Gegevens project

Projectnummer: TEZG214008
Projecttitel: Groene Combi
Projectperiode: 1 Januari 2015 - 1 Juli 2018
Penvoerder: Inventum BV
Medeaanvragers: Unilin Insulation B.V.
REBOR B.V.
TNO (SEAC)

Document revisie: 6

Datum van inzending: Juli 2018

Contactpersoon: D.Hoogvliet (Inventum)
dhoogvliet@inventum.com

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

INHOUDSOPGAVE

Gegevens project	1
Samenvatting	2
Inleiding	3
Doelstelling.....	5
Werkwijze	5
RESULTATEN VAN HET PROJECT	6
WP1. Opbrengst, haalbaarheid van een BIPV-lucht systeem in combinatie met een ventilatiewarmtepomp	6
WP2. Ontwerp PVT dak Groene Combi	10
WP3. warmtepomp ontwerp Groene Combi	12

Samenvatting

Binnen dit project is door een team van 3 commerciële partijen en 1 onderzoeksinstituut een systeem ontworpen waarmee warme lucht onder zonnepanelen nuttig gebruikt kan worden in combinatie met een ventilatiewarmtepomp. De combinatie van stroom en warmte benutten van PV-panelen wordt PVT genoemd. Eén van de onderzoeksvragen in dit project was het bepalen van de jaarlijkse nuttige opbrengst van zo'n systeem. Hiervoor zijn simulatiemodellen en prototypes van PVT-dak en warmtepomp ontwikkeld.

Conferentiepapers:

Corry de Keizer, Roland Valckenborg, David Hoogvliet, René Borro, Maarten Laureijssen, Wouter de Vries Wiep Folkerts, Using the hot air under a building integrated PV roof in combination with a ventilation heat pump to realize energy efficient dwellings, Proceedings of EUPVSEC 2018, Brussels, Belgium

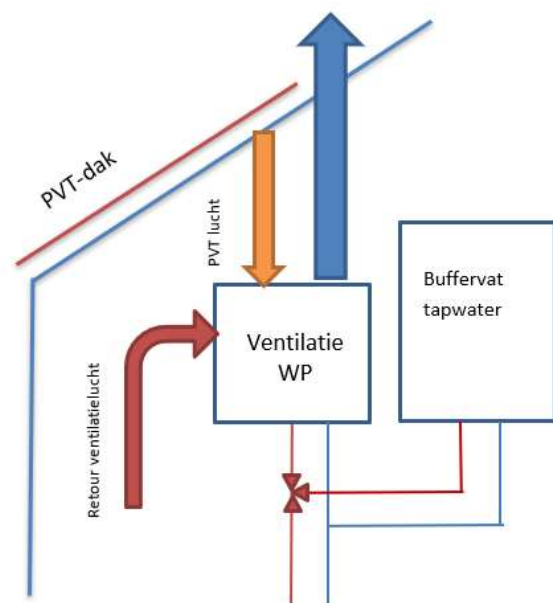
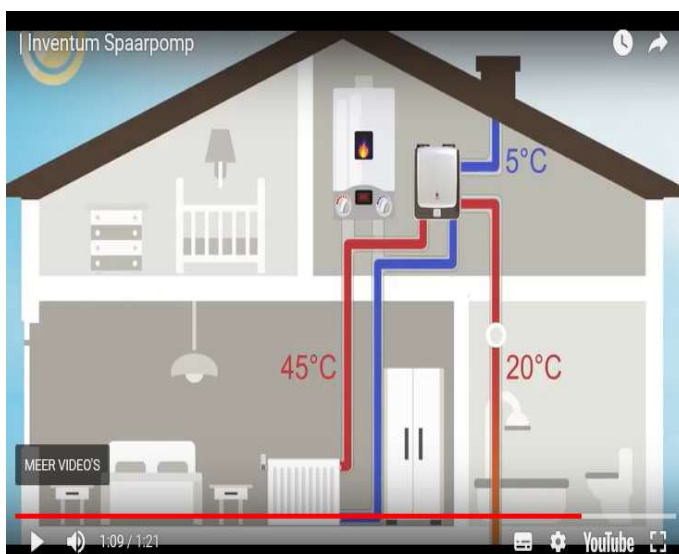
Inleiding

Wat is PVT

In het Energieakkoord wordt gestreefd naar een aandeel van hernieuwbare energieproductie van 14% in 2020. De gebouwde omgeving is verantwoordelijk voor ca. 1/3 van het primaire energiegebruik in Nederland. In huishoudens en in een deel van de overige gebouwde omgeving bestaat het energiegebruik uit elektriciteit en (vooral laagwaardige) warmte. Multifunctionele daken kunnen een belangrijke rol spelen om lokaal en decentraal zowel zonnewarmte als zonnestroom te produceren. PV-systemen zetten ca. 15 % van de zoninstraling om in elektriciteit en ca. 75 % in niet gebruikte restwarmte. In PVT-systemen wordt deze warmte gebruikt om lucht of een vloeistof te verwarmen.

Wat is een ventilatie warmtepomp

Een ventilatie warmtepomp haalt warmte uit ventilatielucht van de woningen stopt die warmte terug in het cv-systeem.



Het PVT-dak en de ventilatie warmtepomp kunnen gecombineerd worden tot een systeem waarmee meer energie wordt geleverd aan de woning.

Consortium

Het project 'De Groene Combi' brengt vier verschillende werelden bij elkaar. De vier projectpartners zijn allen in één van die verschillende werelden zeer goed geworteld. Door de expertise, kennis en ervaring bij elkaar te brengen ontstaat de kruisbestuiving en creativiteit die nodig is om van een multidisciplinair project als dit een succes te kunnen maken. De vier projectpartners en hun achtergronden staan hieronder geschetst.



De groene Combi als samensmelting van vier werelden

Doelstelling

Het productidee bestaat uit een concept waarbij PV en dakisolatie geïntegreerd op een dak gelegd kunnen worden. Door deze te koppelen aan een ventilatiewarmtepomp kan de woning voorzien worden van warmte voor ruimteverwarming en tapwater.

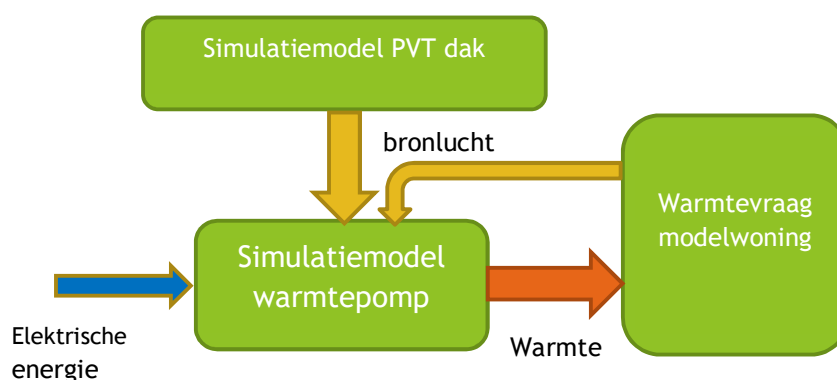
De doelstelling van dit project is om te onderzoeken of met deze combinatie een zinvol verwarmingssysteem voor ruimteverwarming en tapwater gerealiseerd kan worden. De richtlijn die daarbij gehanteerd kan worden is dat een ventilatiewarmtepomp bij een woning met 25 GJ energievraag, deze voor ongeveer 80% in kan vullen. De dekking in combinatie met PVT zou tussen 95 en 100% uit moeten komen.

Werkwijze

Het project is uitgevoerd in 3 werkpakketten.

Wp 1 bestond uit een haalbaarheidsonderzoek, waarin een simulatiemodel ontwikkeld is van het PVT-dak en de ventilatiewarmtepomp. Deze zijn op hun beurt weer gekoppeld aan een warmtevraag model van een woning.

Figuur 6. Weergave van het onderling verband tussen de bouwstenen van het simulatiemodel



In werkpakket 2, is op basis van de eerste simulatie resultaten het PVT-dak verder uitgewerkt tot een praktisch bruikbaar ontwerp.

In werkpakket 3, is op basis van de eerste simulatie resultaten een prototype ventilatiewarmtepomp gebouwd die ook gekoppeld kan worden aan de thermische output van het PVT dak.

RESULTATEN VAN HET PROJECT

WP1. Opbrengst, haalbaarheid van een BIPV-lucht systeem in combinatie met een ventilatiewarmtepomp

Het doel van werkpakket 1 is om de verwachte opbrengst van een geventileerd BIPV-dak in combinatie met een Inventum ventilatiewarmtepomp te berekenen en te optimaliseren. De opgewarmde lucht wordt gebruikt als extra warmtebron voor de nieuw te ontwikkelen ventilatiewarmtepomp. De opbrengst is berekend met een numeriek model in Python die de thermische opbrengst van het BIPV-dak berekent en combineert met een warmtepomp model en een verbruikersprofiel. De resultaten van het BIPV-dak model is gevalideerd met experimentele metingen op SEAC's outdoor meetlocatie SolarBEAT. Het warmtepompmodel is gevalideerd met metingen bij Inventum (zie WP3).

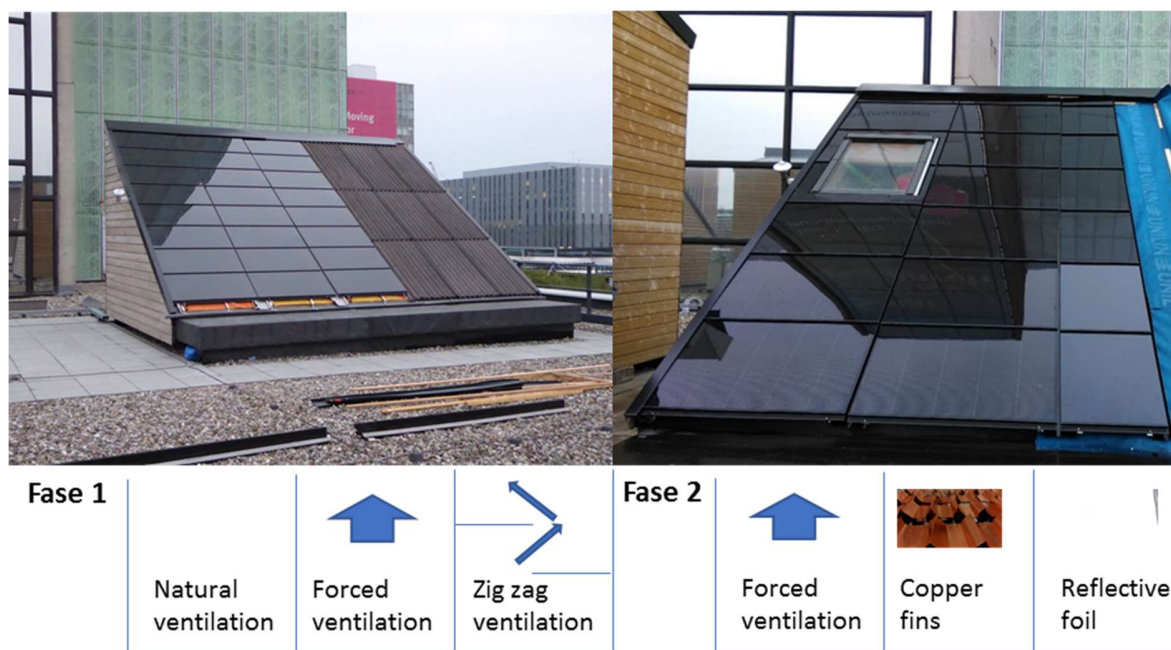
Outdoor experimenteel onderzoek op SolarBEAT

BESCHRIJVING

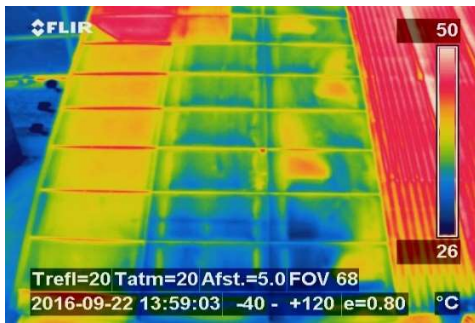
Op SEAC's outdoor onderzoek locatie SolarBEAT is eind 2015 aangevangen met de opbouw van de veldtest van het Groene Combi geventileerd BIPV-daksysteem. Het experimentele onderzoek is in 2 fasen uitgevoerd (Figuur 1).

In de eerste fase bestond de BIPV-opstelling uit drie parallelle strings van 8 UPT CdTe zonnepanelen. De verticale banen waren aan de zijkant en bovenkant afgesloten. Bovenin de baan is een opening gemaakt waardoor met natuurlijke ventilatie (linkerbaan) of met geforceerde ventilatie (middelste en rechterbaan) lucht afgevoerd werd. De geforceerde luchtstroom in de rechterbaan volgde een zigzagstroming om te onderzoeken of dit de warmteoverdracht van de PV-panelen naar lucht verbeterd.

In de tweede fase van december 2017 tot en met juni 2018 zijn drie secties van drie Solibro CIGS panelen met elkaar vergeleken. De linker baan van drie panelen was de referentiebaan. Onder de onderste drie panelen in de rechterbaan waren koperen vinnen geplakt voor toegevoegde warmteoverdracht. De bovenste drie panelen in de rechterbaan bevatte een reflectieve folie op het dakbeschot.



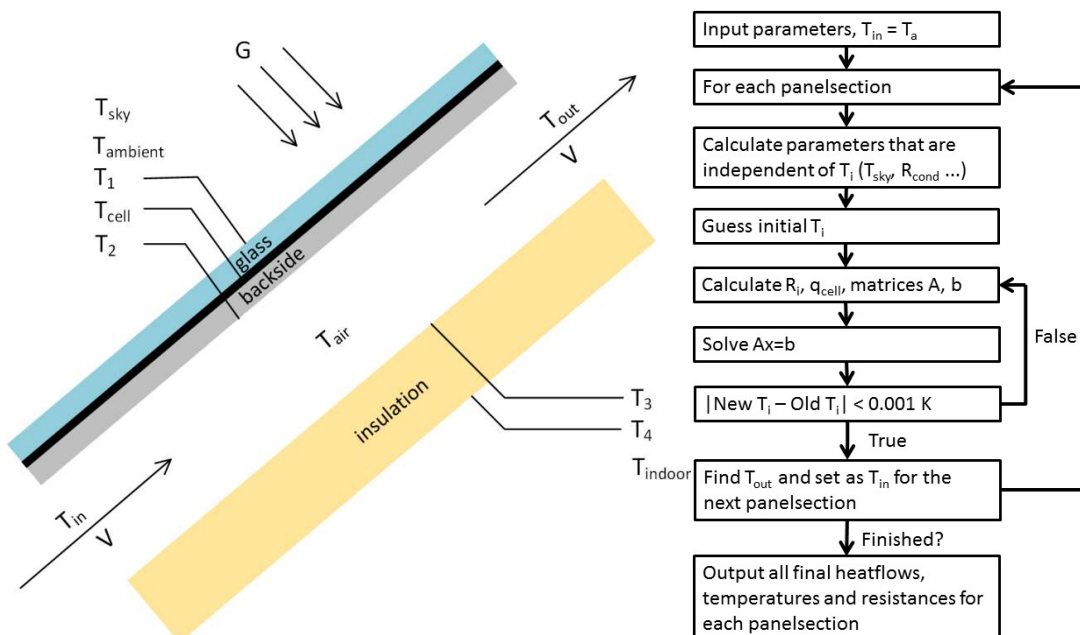
Figuur 1 Opzet veldtest in Fase 1 en Fase 2



Figuur 2 IR beelden van veldtest fase 1, de linkerbaan heeft natuurlijke ventilatie, de middelste en rechter geforceerde ventilatie.

Thermisch model geventileerd BIPV dak

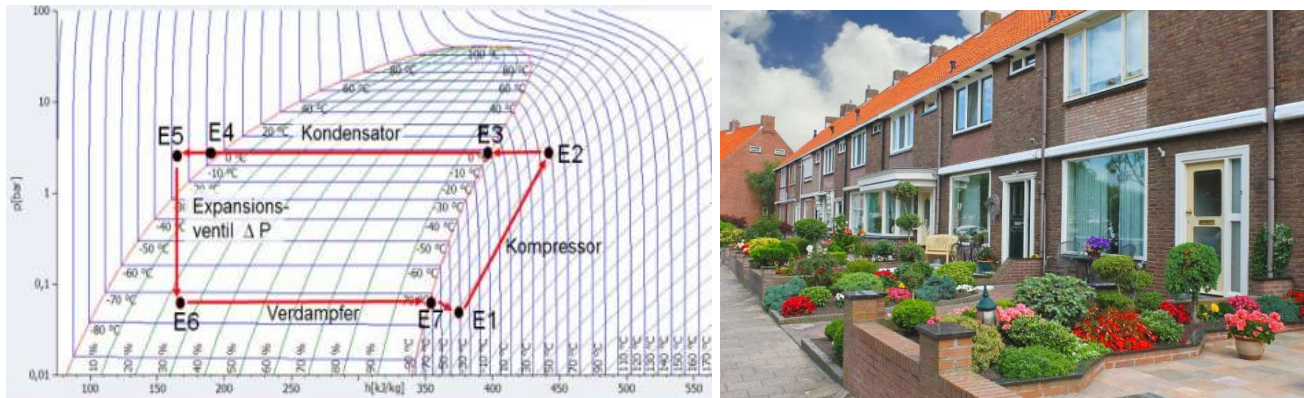
Met de informatie uit deze veldtest opstelling is een simulatiemodel gebouwd van een PVT dak. Dit model doet een voorspelling over een heel jaar, op uurbasis, van de uittredende luchttemperatuur op basis van diverse ontwerpparameters en omgevingscondities



Figuur 3 links) Opbouw geventileerd BIPV dakelement, rechts) oplossingsstrategie van model

Systeemmodel BIPV-dak met ventilatiewarmtepomp

Om een systeemopbrengst te berekenen zijn de eigenschappen van de warmtepomp concepten en de warmtevraag in de woning toevoegen aan het simulatiemodel.



Samenvatting van de simulatie resultaten

Vervolgens is er een parameterstudie uitgevoerd op basis van de twee geverifieerde simulatiemodellen voor het PVT-dak en de warmtepomp. De gekozen aanpak bestaat uit het definiëren van een basishuis en daarin de impact van verschillende configuraties van het dak en de warmtepomp te onderzoeken. Voor het basishuis is een woning met 40GJ totale warmtebehoefte op jaarbasis gekozen, waarbij dagelijks tappatroon 3 uit NEN7120 aan warm water wordt gevraagd. Diverse variaties zijn doorgevoerd met o.a. andere warmtevraag van 20, 30 en 50 GJ. Om het simulatiemodel van het PVT dak optimaal te laten werken moesten er een bypass mogelijkheid inbouwen omdat het dak in heldere nachten juist een negatief effect heeft op de luchttemperatuur vanwege afstraling naar de hemel.

Deze studie heeft o.a. tot de onderstaande conclusies geleid.

1. De bijdrage van een PVT-dak en van buitenlucht bij direct gebruik van de warme lucht in een warmtepomp zijn ongeveer even groot en leiden tot een verbetering van de dekkingsgraad en een hogere COP van de warmtepomp.
2. Als we PVT als directe toevoerlucht in het WTW-D systeem gebruiken, is de toegevoegde waarde van het PVT-dak wel aanzienlijk, maar niet voldoende om de hele warmtevraag te dekken. Bij dit concept is de warmtepomp niet direct aan het PVT-dak gekoppeld, maar wordt de lucht die de woning binnenkomt rechtstreeks voorverwarmt door het PVT dak.
3. Het aanbrengen van koperen vinnen of reflecterende folie om de warmte opbrengst van het PVT-dak te verbeteren heeft tegen de verwachting in niet tot betere resultaten geleid.
4. Het aanbrengen van een zigzag baan onder de PV-panelen veroorzaakt grote temperatuurverschillen in één PV-module. Vanuit een PV oogpunt is het goed om grote temperatuurverschillen binnen een paneel te vermijden, daarom is de zigzag doorstroming geen optie voor het eindproductontwerp van het consortium. Zie ook fig.2.

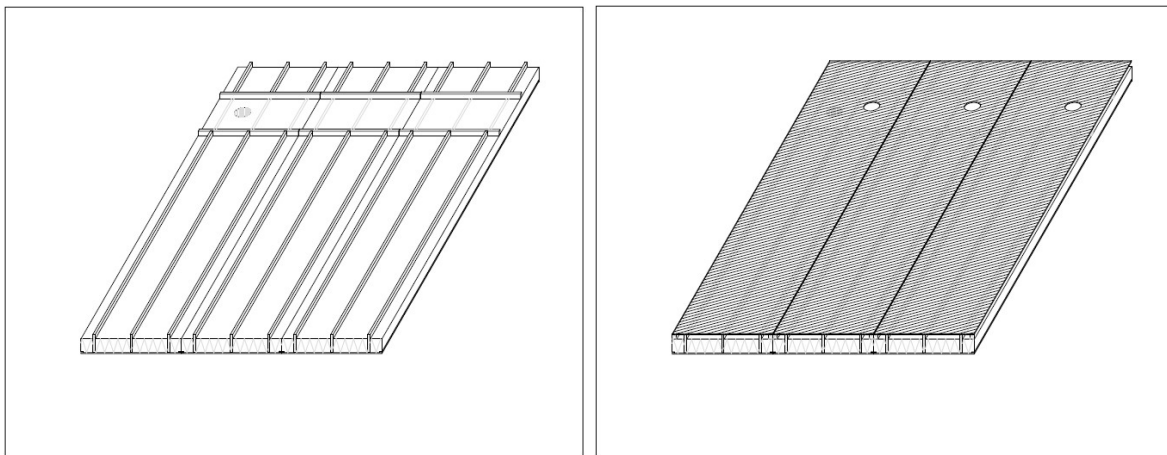
WP2. Ontwerp PVT-dak Groene Combi

Vanuit de haalbaarheidsstudie zijn randvoorwaarden gekomen voor het ontwikkelen van de dak module. Voor het dak ontwerp zijn bepalend:

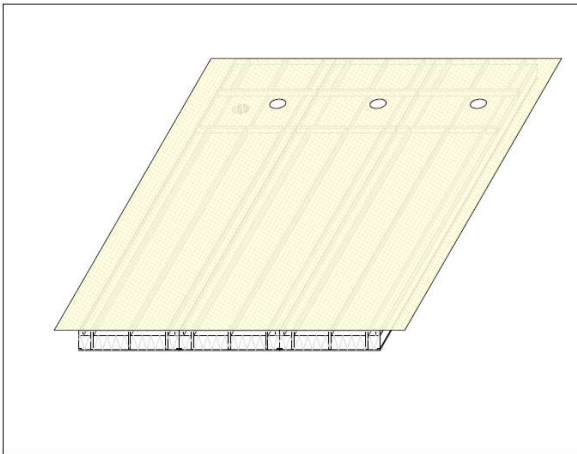
- Grootte van de luchtpouw onder de PV-panelen
- Aantal PV-panelen achter elkaar
- Luchtdebiet
- Vanuit praktisch oogpunt is er als randvoorwaarde bij gekomen dat er één centraal afvoerpunt in het dak moet zitten.

Het dak ontwerp is uitgevoerd door Unilin en ReBor B.V. Het principe is dat de daken in kant en klare modules aangeleverd kunnen worden die alleen nog maar aan elkaar gemonteerd hoeven te worden.

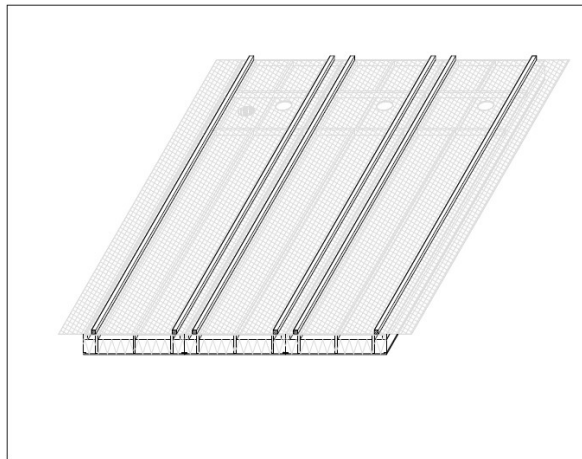
De dakopbouw van het concept dakontwerp is hieronder in tekeningen laag voor laag uitgewerkt:



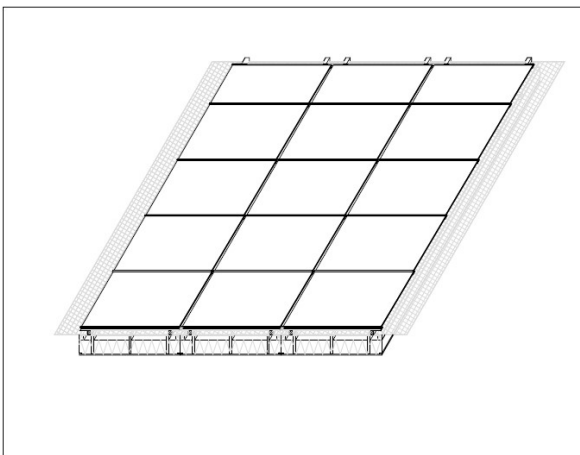
Dwarsslatten t.b.v. verzamelkanaal en 1 dakdoorvoer Bovenplaat met opening naar verzamelkanaal



Waterkerende dampdoorlatende folie



Tengellatten



PV-panelen, montageprofielen, verholen goten, etc.

WP3. Warmtepomp ontwerp Groene Combi

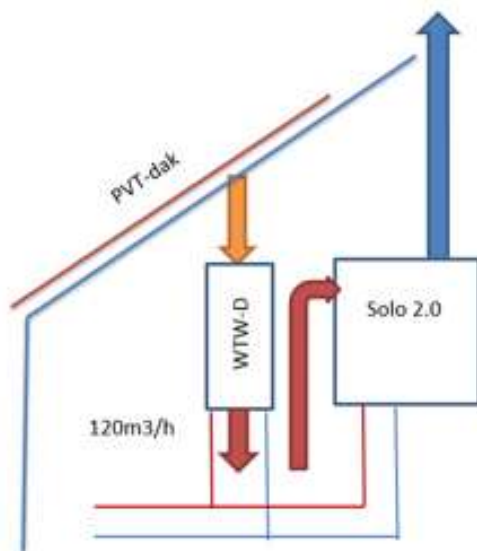
Vanuit de haalbaarheidsstudie zijn 2 concepten naar voren gekomen waarmee thermische energie van het PVT-dak nuttig gebruikt kan worden.

A: rechtstreeks gebruiken in een ventilatie warmtepomp

B: in de woning binnenkomende lucht voorverwarmen met het PVT dak.

Van beide is door Inventum ook een prototype gebouwd. Daarvan bleek het hieronder getoonde WTW-D ontwerp in combinatie met PVT, de meest effectieve. Zoals ook onder het kopje simulatieresultaten besproken.

Figuur 3. Schema WTW-D



Bij de ontwikkeling van de warmtepomp en bijbehorend simulatiemodel bleek de thermische opbrengst van het PVT-dak relatief klein te zijn in combinatie met deze warmtepomp. Naar aanleiding hiervan is een wijziging in planning en budget aangevraagd bij RVO. Deze is goedgekeurd en het project is uiteindelijk in aangepaste vorm verder gegaan. Waarbij de focus meer is komen te liggen op verbeteringen aan het simulatiemodel en verbeteringen aan het PVT-dak.

Omdat we niet beide concepten een jaar lang wilde testen in een veldtest hebben we beide concepten getest op verschillende condities in een klimaatkamer. Deze is gedurende dit project aangeschaft. De resultaten daarvan zijn verwerkt in de simulaties.