

Eindrapportage



Projectgegevens

Projectnummer: TEHE116358
Project titel: Comfortable Climate Concepts (C3)
Penvoerder: Navetto
Partners: DSP Innovation (SWYCS)
HRsolar
Zehnder
DSP Innovation
Unilin Insulation
Hoffman Elektro
Project periode: 11 maart 2017 - 30 juni 2020

Contactgegevens

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

Navetto
dhr. Bart Walraven
+31 6 53 39 98 59
bart@navetto.nl

Subsidie

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

Samenvatting

Inhoudelijk eindrapport

Er ligt een grote uitdaging in de wereldwijde verduurzaming van de energievoorziening. De producten die nu voorhanden zijn, komen voort vanuit een component gedachte. De impact van een duurzaam energiesysteem op het binnenklimaat van de woning is significant. Projecten uit het verleden hebben aangetoond dat met name comfort, welzijn, gezondheid en een goed binnen- (en buiten-)klimaat te weinig aandacht hebben gehad.

Het doel van dit project was het ontwikkelen van een competitief geprijsd, multifunctioneel klimaatconcept dat naast een duurzame warmte- en energievoorziening zorgt voor comfort, welzijn, gezondheid met behulp van klimaatfuncties vanuit één gebruiksvriendelijke interface. Het systeem moest zorgen voor een betere toepasbaarheid van gecombineerde elektrische en thermische energie opwek. Daarmee draagt het project bij aan het halen van de duurzame energiedoelstellingen in 2023, en leidt dit tot een besparing op de SDE+ uitgaven.

In werkpakket 1 zijn de verschillende componenten gekarakteriseerd. Daarnaast zijn de eisen vastgesteld waaraan de componenten dienen te voldoen. vervolgens hebben er ontwikkelingen plaatsgevonden om aan deze gestelde eisen te voldoen. In werkpakket 2 zijn de diverse componenten geïntegreerd in een prefab bouwelement van Unilin. Daarnaast zijn de communicatieprotocollen voor de diverse componenten ontwikkeld en gekoppeld middels de Internet of Things interface. In werkpakket 3 is de weg naar de markt geanalyseerd en voorbereid. De monitoring van het systeem heeft in werkpakket 4 plaatsgevonden. Daarnaast is de businesscase verder uitgewerkt voor het klimaatconcept alsook het businessmodel van SWYCS. Disseminatie van het klimaatconcept heeft ook plaatsgevonden in werkpakket 4.

Inleiding

Er ligt een grote uitdaging in de wereldwijde verduurzaming van de energievoorziening. Projectontwikkelaars en aannemers worden steeds meer gedreven om energieneutrale gebouwen te realiseren, vanwege zowel commerciële redenen (lagere rekeningen, fiscale voordelen) als ook veranderende regelgeving (BENG norm, EPC norm, 0-op-de-meter richtlijnen, CO2 reductie). De waarde van elektrische energie en thermische energie als duurzame bijdragen in de energiemix neemt de komende decennia daarbij sterk toe, alsook de toepassing hiervan in de gebouwde omgeving. Momenteel gaat de aandacht vooral uit naar integratie van eigen opgewekte elektrische energie (PV) in de gebouwde omgeving. De thermische component is echter minstens zo belangrijk voor de transitie naar een volledig duurzame gebouwde omgeving.

De producten die nu voorhanden zijn, komen voort vanuit een component gedachte. Installateurs of eindgebruikers dienen nu nog vaak losse componenten te kiezen ter verduurzaming van het gebouw. Aanbieders van totaaloplossingen bieden één systeem zonder keuzevrijheid van componenten. Daarnaast is met deze totaaloplossingen de energiehuishouding maar beperkt op de specifieke situatie afgestemd. Hoewel de investering in dit soort oplossingen rendabel is op de lange termijn, is de financieringsruimte voor veel kopers beperkt en kiest men er eerder voor om te investeren in een uitbouw, dure keukens of luxe badkamer.

Maar duurzaamheid is meer dan alleen de energiehuishouding. De impact van een duurzaam energiesysteem op het binnenklimaat van de woning is significant. Projecten uit het verleden hebben aangetoond dat met name comfort, welzijn, gezondheid en een goed binnen- (en buiten-)klimaat te weinig aandacht hebben gehad (bijvoorbeeld bij volledig gesloten 'passief' gebouwde woningen of te veel geluidsoverlast van een warmtepomp). Deze elementen spelen een steeds belangrijkere rol in de verduurzaming van gebouwen. Een duurzaam gebouw voldoet idealiter volgens de Nederlandse Rijksoverheid aan: energiebesparing, materiaalbesparing of hergebruik van materiaal, waterbesparing, een gezond binnen(en buiten-) klimaat, CO2-uitstoot reductie, etc. Eindgebruikers zijn bij totaaloplossingen op zoek naar een combinatie van deze elementen.

Met name het bouw- en installatieproces zorgt ervoor dat de adoptie in de markt van multifunctionele bouwdelen moeizaam verloopt. De kosten voor een (duurzaam) energieneutraal gebouw lopen al gauw op tot vijftien- tot twintigduizend euro. Conceptueel (prefab) bouwen wordt al veelvuldig gedaan, echter de beschikbare producten nemen op dit moment nog veel ruimte in beslag en de keuzevrijheid van componenten is nog beperkt. Het thermische aspect van de energiehuishouding wordt hierin veelal vergeten en de losse componenten zijn niet met elkaar gekoppeld.

Er zijn een aantal uitdagingen bij het bouwen van energieneutrale gebouwen:

- De kostprijs ligt vaak hoger waardoor de businesscase moeilijk rond te krijgen is;
- Naast de energiebehoefte dient er aandacht te worden gegeven aan comfort, welzijn, gezondheid en een goed binnen(en buiten-)klimaat; en
- alle componenten (zowel elektrisch als thermisch) dienen realtime ontsloten te worden om, door middel van modelontwikkeling, gecombineerd te worden tot één gebruiksvriendelijke fysieke en virtuele gebruikersinterface en aansturing.

Doelstelling

Dit project heeft als doel gehad; het ontwikkelen van een competitief geprijsd, multifunctioneel klimaatconcept dat naast een duurzame warmte- en energievoorziening zorgt voor comfort, welzijn,

gezondheid met behulp van klimaatfuncties vanuit één gebruiksvriendelijke interface.

Het beoogde resultaat van het project was een competitief geprijsd klimaatconcept dat via de kanalen van Unilin en Hoffman Elektro binnen twee jaar op de markt zou worden gebracht, voorzien van de volgende elementen:

1. Innovatieve IoT-interface: Fysieke en virtuele interface waarmee alle componenten (draadloos) worden ontsloten en real-time, door middel van modelvorming, met elkaar laat communiceren waarbij het essentieel is om het klimaat, comfort en welzijn te waarborgen.
2. Prefab dakelement: Luchtdicht bouwsysteem dat isolatie, kepers en binnenafwerking in één concept bundelt.
3. Air-Volt systeem: Een innovatieve manier van energieopwekking en -besparing in één systeem. De opwek van van elektriciteit, verwarming van de woning, nachtelijke koeling in de zomer en zuivering van het binnenklimaat, in één systeem.
4. Liggend zonneboilervat: Een hoog rendement, ruimtebesparend, liggend zonneboilervat dat verwerkt kan worden in het knieschot of de wand van het dakelement.
5. Ventilatie met warmteterugwinning (WTW): Warmteterugwinnings-unit voor goede luchtkwaliteit en belangrijke bijdrage aan een gezonde en prettige leefomgeving voor de bewoners.

Werkwijze

Het project kende een vijftal werkpakketten:

- WP1 – Onderzoek en ontwikkeling deel-componenten. In dit werkpakket is onderzoek gedaan naar de systeemeisen en worden de deel-componenten ontwikkeld.
- WP2 – Systeemintegratie en testen systeemoplossing. In dit werkpakket zijn de diverse componenten geïntegreerd in een testopstelling. Daarnaast zijn de communicatieprotocollen voor de diverse componenten ontwikkeld en gekoppeld middels de Internet of Things interface van SWYCS.
- WP3 – Pilotwoning. In werkpakket 3 is de weg naar de markt voorbereid en een testopstelling opgeleverd.
- WP4 – Monitoring, businesscase ontwikkeling en disseminatie. In werkpakket 4 stond monitoring, disseminatie en de ontwikkeling van de business case centraal.
- WP5 – Projectmanagement. Vanuit dit werkpakket heeft Navetto en de project stuurgroep (bestaande uit vertegenwoordigers van alle partners) het projectmanagement uitgevoerd. Gedurende het project zijn consortiumbijeenkomsten georganiseerd waarbij de partners de voortgang van resultaten met elkaar hebben gedeeld.

Resultaten

WP 1: Onderzoek en ontwikkeling deel-componenten		
Resultaat 1.1	Systeemeisen	Navetto
Resultaat 1.2	Autonoom intelligent systeem en voorspellende modellen	SWYCS
Resultaat 1.3	Deel-componenten	Navetto

WP2: Systeemintegratie en testen systeemoplossing		
Resultaat 2.1	Conceptontwerp inclusief geïntegreerde componenten en waterdichtheid/afvoer water	Unilin
Resultaat 2.2	Ontwikkelplan componentontwikkelingen	Navetto
Resultaat 2.3	IoT-interface applicatie	SWYCS
Resultaat 2.4	Experimentele testopstelling	Navetto
Resultaat 2.5	Installatieprotocollen	Navetto

WP3: Pilotwoning		
Resultaat 3.1	Pilotlocatie	Hoffman Elektro
Resultaat 3.2	Onderzoeksplan pilotwoning	Navetto
Resultaat 3.3	Oplevering pilotwoning	Hoffman Elektro

WP4: Monitoring, businesscase-ontwikkeling en disseminatie		
Resultaat 4.1	Monitoringsdata	Navetto
Resultaat 4.2	Disseminatie van resultaten testopstelling en pilotwoning	Navetto
Resultaat 4.3	Onderzoeksplan keteninrichting	Navetto
Resultaat 4.4	Definitieve businesscase(s) voor commercialisatie	Navetto

WP5: Projectmanagement en disseminatie		
Resultaat 5.1	Notulen en presentaties van consortiumbijeenkomsten	Navetto
Resultaat 5.2	Voortgangsverslagen, tussenrapportages	Navetto
Resultaat 5.3	Disseminatieresultaten	Navetto

WP1 Onderzoek en ontwikkeling deel-componenten

Onderzoek systeemeisen

Om de verschillende componenten van de partners te kunnen koppelen, hebben de partners onderzocht welke componenten beschikbaar zijn tegen welke specificaties. De verschillende componenten waar naar gekeken is waren; PVT systeem, balansventilatie, WTW, warmtepomp, zonnecollector en zonneboilervat. Met name inzicht in de energetische prestaties en de beschikbare communicatieprotocollen zijn van belang voor de karakterisatie.

Tevens zijn de eisen van de oplossingsrichting gedefinieerd waaraan de deel-componenten dienen te voldoen ter invulling van het complete klimaatconcept. O.a. is onderzoek gedaan naar elektrische energiebehoefte, verwarming/koeling van de woning (thermische energiebehoefte), zuivering van het binnen- (en buiten-)klimaat en vereisten aan de aansturing en gebruikersinterface.

Ontwikkeling deel-componenten

Op basis van taak 1.1 is een overzicht van oplossingsrichtingen, systeemeisen en beschikbare technologie gemaakt die kunnen worden ingezet om aan deze eisen te voldoen. Dit heeft geresulteerd in een analyse

van ontbrekende eigenschappen of gewenste eigenschappen waaraan de deel-componenten moeten voldoen. Vervolgens zijn de deel-componenten ontwikkeld en samengebracht om aan de vereisten te voldoen. Hierbij is een innovatieslag gemaakt m.b.t. de aansturing/communicatieprotocollen (autonome intelligentie) en is deze dusdanig ingericht dat de componenten als een geheel functioneren en aangestuurd kunnen worden binnen een IoT systeem (voorspellende modellen).

We de volgende componenten zijn opgeleverd:

- PVT (stroom)/watermodule;
 - Nero collector;
 - HRsolar heeft de Nero collector toegepast in de testopstelling op het dak toegepast in lijn met de systovi panelen. Er is hierbij onderzoek gedaan naar hoe de twee separate indak constructies van de Nero en de Systovi panelen op elkaar kunnen aansluiten. Dit komt terug bij WP2.
 - Horizontaal zonneboilervat;
 - HRsolar heeft gewerkt aan een horizontaal RVS boilervat wat lichtgewicht en meer vormvrijheid biedt voor het toepassen in woningen met schuine kappen. Er is onderzocht of de tank zonder isolatie als prefab element in het Unilin dak kan worden geïntegreerd. Conclusie is dat dit mogelijk is maar dat het forse nadelen heeft wat betreft transport, plaatsing en bereikbaarheid voor service. Uiteindelijk heeft HRsolar een losse horizontale module ontwikkeld welke in het knieshot past. De boiler is toegepast in de demo opstelling en er is data over temperaturen, tappatronen en gelaagdheid ontsloten via eigen monitoring en via het SWYCS platform.
-
- Slimme koppeling Air-Volt systeem en WTW-unit;
 - Communicatieprotocollen, modelontwikkeling en intelligente besturing van componenten;
 - Concept dakelement voor integratie van alle componenten.

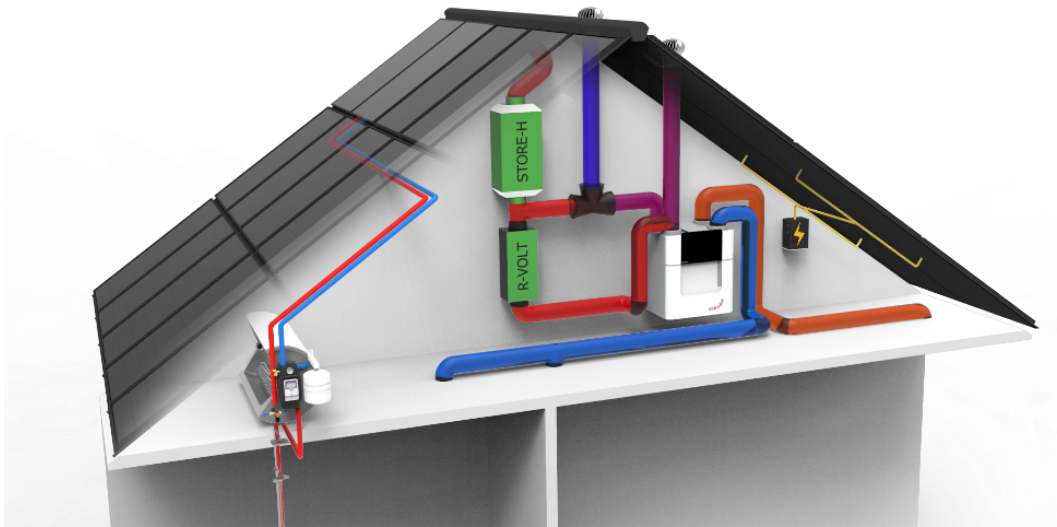
WP2 Systeemintegratie en testen systeemoplossing

Systeemintegratie deel-componenten

Nadat de componenten waren geïnventariseerd en gespecificeerd is het conceptontwerp van het klimaatconcept inclusief alle componenten verder uitgewerkt. De huidige prefab (energie-)concepten bestaan voornamelijk uit een opbouw van diverse componenten. Deze componenten nemen vaak een

gedeelte van het bewoonbare woonoppervlak in beslag. Om het woonoppervlak zoveel mogelijk in stand te houden dienen alle elementen, waar mogelijk, weggewerkt te worden.

HRsolar heeft om gevoel te krijgen van de plaatsing van componenten, opzet werktekening en om een commerciële plaatje te maken voor de pilotwoning een 3D render tekening gemaakt van alle componenten bij elkaar. Hierbij konden we voor het consortium vooraf de ideale positie van de behuizingen bepalen in combinatie met de relatief grote luchtbuizen vanuit het Systovi en Zehnder systeem.



HRsolar heeft met Navetto onderzoek gedaan naar de Indak integratie met de Systovi panelen. Het systovi indak systeem is een eigen ontwikkeld systeem en past niet met standaard PV maten. Navetto en HRsolar hebben hiervoor een aangepast systeem bedacht en toegepast op het demodak.

Het eerste onderzoek was gericht op de integratie van componenten in de dakelementen. Na de inventarisatie van mogelijke integratie van componenten is vastgesteld dat het opnemen van installaties als bijvoorbeeld een boiler of een ventilatie-unit in de dakelementen geen goede optie is. Hiervoor zijn verschillende redenen aan te voeren:

- De discrepantie in levensduur speelt een belangrijke rol. Dakelementen worden geplaatst met het doel om voor een periode van minimaal 50 jaar dienst te doen als bouwkundige gebouwschil met een isolerende, dragende en waterkerende functie (in combinatie met een dakbedekking). De levensduur van de verschillende installaties is lager dan die van de dakelementen. Met andere woorden: een vervanging van installatietechnische componenten zal noodzakelijk zijn binnen de periode waarin een dakelement dienst doet.
- Componenten dienen bereikbaar te blijven voor onderhoud op elk gewenst moment. Het integreren van deze componenten in een dakelement stuit dus op praktische bezwaren.

- Een ander praktisch bezwaar is de afmeting van een installatie t.o.v. de dikte van een dakelement. In de meeste gevallen past een installatie simpelweg niet in de beschikbare hoogte van een dakpakket.

Daarom is gekeken of de componenten zouden kunnen worden opgenomen in daarvoor gecreëerde ruimten nabij het dak. Dit heeft geresulteerd in de volgende oplossingsrichtingen. Er kan worden gedacht aan de ruimte achter een al dan niet dragend knieschot, achter een extra te plaatsen wand ter plaatse van een kopgevel of op een in de nok gecreëerde vliering.

Vervolgens is er een beoordelingsmatrix opgesteld, om de meest gunstige optie te kunnen selecteren. Daarvoor zijn verschillende beoordelingscriteria gesteld, zoals bijvoorbeeld bereikbaarheid en ruimtegebruik. Zie onder.

Beoordelingscriterium	Knieschot		Wand		Nok	
Bereikbaarheid voor onderhoud / vervanging	7	Via een of meerdere luiken in knieschot is de ruimte bereikbaar te maken. Begaanbaarheid: kruipend te werken, weinig bewegingsruimte achter knieschot. Er kan eventueel ook door luiken vanuit de zolderruimte worden gewerkt.	8	Via een of meerdere deuren en/of luiken in wand is de ruimte bereikbaar te maken. Begaanbaarheid: veelal staand te werken, voldoende bewegingsruimte, eventueel ook vanuit de zolderruimte.	3	Via een vlizo-trap is de ruimte bereikbaar te maken. De ruimte zelf is lastig bereikbaar. Begaanbaarheid: kruipend te werken, zeer weinig bewegingsruimte.
Ruimtegebruik / verlies van beschikbare ruimte onder de kap	8	Knieschotten worden vaak toegepast, zeker bij scharnierende kapsystemen. Minimaal extra verlies van (zolder-)ruimte.	3	Er wordt een aparte ruimte gecreëerd door plaatsing van tussenwand. Niet vaak algemeen toegepast, dus veel extra verlies van (zolder-)ruimte.	6	Er wordt geen beloopbare ruimte ingenomen. Wel is altijd een vliering nodig, dus geen “vrije” nok. Niet vaak algemeen toegepast, dus veel extra verlies van (zolder-)ruimte.
Leidingen / kanalen / koppelingen	8	Leidingen van componenten zijn eenvoudig rechtstreeks te koppelen naar leidingen in de (verdiepings-)vloer voor verdere distributie in de woning.	8	Leidingen van componenten zijn eenvoudig rechtstreeks te koppelen naar leidingen in de (verdiepings-)vloer voor verdere distributie in de woning.	4	Leidingen van componenten zijn niet rechtstreeks door te koppelen naar de vloer voor verdere distributie in de woning. Er zijn meer overbruggingen naar de vloer noodzakelijk, die extra ruimte zullen innemen.
Geluid / trillingen / constructie	7	De componenten kunnen op de (beton-)vloer worden verankerd. Het knieschot kan geïsoleerd worden t.b.v.	8	De componenten kunnen op de (beton-)vloer en op de gevelwand worden verankerd. De tussenwand kan worden geïsoleerd	3	De componenten staan op de (vaak) houten vlieringvloer, die gekoppeld is aan de

		geluidsisolatie. Minder gevoelig voor trillingen.		t.b.v. geluidsisolatie. Minder gevoelig voor trillingen.		kap. Gevoelig voor trillingen.
Beoordeling	30		27		1 6	

Het opstellen van de installaties achter het knieschot komt van de drie beschouwde opties dus als beste optie naar voren. Dit zal het uitgangspunt zijn bij de verdere uitwerking.

Leidingen / kanalen

In alle drie de bovenstaande gevallen zijn er leidingen / kanalen noodzakelijk (lucht, elektra en vloeistof) voor de zonnepanelen (elektra en ventilatielucht) en de zonnecollectoren (vloeistof), die vanaf de verschillende panelen op het dak leiden naar de installaties.

Voor deze leidingen zijn er in principe wél mogelijkheden om een integratie in de dakelementen te bewerkstelligen. De levensduur van deze leidingen sluit beter aan bij de levensduur van de dakelementen. Het integreren van leidingen in de dakelementen is daarom voor Unilin de focus in dit project. Door deze integratie is het mogelijk om leidingen binnen de elementen te verslepen.

Door het verslepen van kanalen en leidingen door de elementen heen, hoeven de leidingen niet meer in de gebruiksruimte uit te komen, maar kunnen ze tot achter de knieschotten worden “verborgen” in de elementen.

Dit komt de ruimte onder de kap zeker ten goede. Situaties zoals op onderstaande voorbeelden kunnen dan (grotendeels) worden voorkomen:



Er wordt uitgegaan van het verslepen van leidingen in de lengterichting van de elementen. De leidingen gaan onder de PV-panelen en de zonnecollectoren de elementen binnen en komen de elementen uit achter het knieschot.

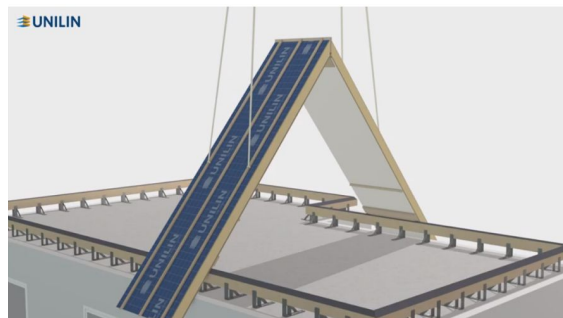
Aandachtspunten integratie leidingen en kanalen:

- M.b.t. element: minimaal verlies isolatiewaarde:
De kanalen in de elementen zullen de plaats innemen van het isolatiemateriaal, waardoor er een onderbreking in de isolatielaag aanwezig zal zijn. Dit gaat ten koste van de totale Rc-waarde.
- M.b.t. element: Minimaal verlies constructieve eigenschappen:
De constructieve ribben in de elementen mogen niet (of zo min mogelijk) worden onderbroken door kanalen in de elementen.
- M.b.t. productie: Minimale toename productietijd:
De geïntegreerde kanalen in de elementen dienen zo efficiënt mogelijk te worden geproduceerd met zo min mogelijk extra productietijd.
- M.b.t. productie: Flexibiliteit in productie m.b.t. maatvoeringen:
De kanalen kunnen op verschillende plaatsen door een element heen lopen, dus moet er een zekere flexibiliteit in de productiemogelijkheden aanwezig zijn om dit zonder problemen te kunnen maken.

Dakelement

Het geselecteerde type dakelement is type DS D. Dit type wordt vaker voor scharnierende kappen toegepast (UNIFAS-systeem) en voor daken waarbij er grotere overspanningen gemaakt moeten worden. Ook zijn er met dit type element de meeste mogelijkheden voor wat betreft het maken van aanpassingen qua maatvoering, het aanbrengen extra ribben, springen etc. Hiervoor wordt een CNC machine ingezet, die een groot aantal bewerkingen met diverse gereedschappen kan uitvoeren.

Het element bestaat uit een 12 mm onderplaat waarop 3 vurenhouten ribben constructief zijn verlijmd. Deze ribben zijn in verschillende hoogten leverbaar. De ribben bevinden zich in de isolatielaag die, afhankelijk van de Rc-waarde, kan variëren in dikte. De hart-op-hartafstand van de ribben is 450 mm. Op de ribben wordt een 12 mm dikke bovenplaat gelijmd en genageld. De DS D elementen zijn leverbaar t/m Rc 10,0 m²K/W. Met het element kan een scharnierende kap worden gemaakt, die op muurplaten wordt geplaatst en eventueel extra wordt ondersteund (afhankelijk van de specifieke situatie) door muurplaten op een tussenvloer of dragende knieschotten. Zie onderstaande impressie van het UNIFAS-principe:



Proefelement met geïntegreerd ventilatiekanaal

Er is een proefelement met een lengte van ca. 4,0 meter gemaakt waardoor een ventilatiekanaal met een diameter van 160 mm is verwerkt. Dit kanaal heeft een “ingang” aan de buitenzijde van het element (nokzijde) en een uitgang aan de onderzijde (gootzijde). De afstand tussen deze in- en uitgang bedraagt ca. 2,5 meter. Ter plaatse van de “ingang” van het kanaal kan de koppeling worden gemaakt met het PV-systeem, waar lucht van achter het paneel wordt afgezogen.

Er is gekozen om een element met Rc 10,0 te gebruiken, omdat dit element voldoende dikte heeft om het ventilatiekanaal goed in op te kunnen nemen. Ook kan er voldoende isolatie aan de bovenzijde van het kanaal aangebracht worden. Doordat er dus ook isolatie over het kanaal kan doorlopen, zal relatief gezien het verlies van isolatiewaarde lager zijn dan wanneer de gehele isolatielaag onderbroken zou zijn en zal er ook geen koudebrug ontstaan. Bovendien bevindt de getransporteerde lucht zich ook meteen in de “warme zone” van het element, waardoor de lucht ook minimaal energieverlies zal ondervinden.

De Rc-waarde van het standaard element (zonder het kanaal) bedraagt 10,0 m²K/W. De Rc-waarde van het element, waarin een kanaal is opgenomen, bedraagt 7,85 m²K/W. Zie de berekening in de bijlage. Gezien de huidige eisen in het Bouwbesluit m.b.t. isolatiewaarde voldoet deze Rc-waarde dus nog steeds ruimschoots. Daarnaast is het zo, dat de Rc-waarde voor het gehele dak nog hoger zal uitvallen, omdat er niet in elk dakelement een kanaal nodig zal zijn. Bovendien is er bij de leidingen t.b.v. de zonnecollectoren minder ruimte nodig, dus nog minder “verstoring” van de isolatiewaarde.

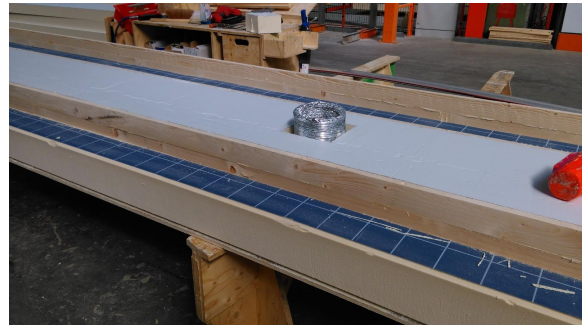
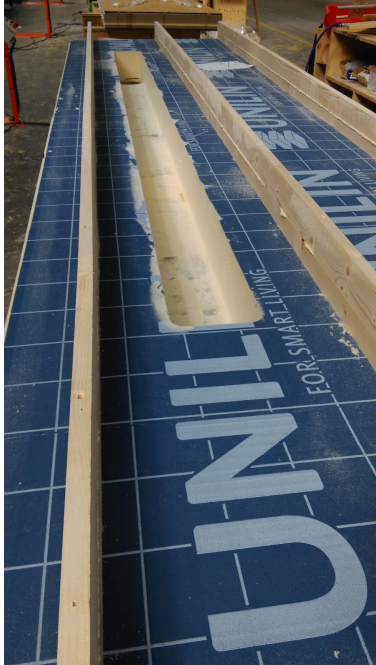
Bij de berekening van de Rc-waarde is uitgegaan van een vierkant kanaal 170x170 mm. Bij productie kunnen de overgebleven ruimtes bij het inleggen van het ventilatiekanaal ook nog met isolatiemateriaal (PU) worden gevuld. De uiteindelijke Rc-waarde van het element van 8,80 m²K/W zal daardoor nog wat stijgen.

Bij het uitwerken van de kap (en het positioneren van de elementen) dient er rekening te worden gehouden met het verloop van de verschillende kanalen. Deze mogen in principe niet op de plaats van een van de houten ribben lopen, omdat daardoor de constructieve eigenschappen worden beïnvloed. Als het zo uitkomt dat een kanaal niet anders dan op de plaats van een houten rib zal moeten lopen, kunnen er ook nog vervangende extra houten ribben in het element worden bijgezet.

In het element is het dus altijd goed op te lossen, alleen zal het aanbrengen van een of meerdere extra ribben natuurlijk wel meer materiaal- en arbeidskosten met zich meebrengen.

Productie

De isolatie van het element met Rc 10,0 wordt in 2 lagen opgebouwd. In de onderste laag is een 170 mm brede sleuf uitgefreesd t.b.v. het inleggen van het ventilatiekanaal. Daar overheen is de 2^e laag isolatie aangebracht. De freeswerkzaamheden zijn door de CNC-machine uitgevoerd. Zie onderstaande principetekening en fotoreportage.



Het ventilatiekanaal kan in principe op elke willekeurige plaats en met elke maatvoering in de elementen worden aangebracht, afhankelijk van de situatie in het specifieke project. Indien er extra houten ribben nodig zijn, omdat een kanaal over de lijn van een standaardrib loopt, worden deze ribben eerst in het element aangebracht. Daarna zullen de freesbewerkingen plaatsvinden in de CNC machine.

Voorafgaand aan de productie van de elementen is het altijd eerst noodzakelijk om een ontwerpset te maken, gevolgd door productietekeningen voor de machine en voor de afbouwstations.

Procesoptimalisering

Productie en productievoorbereiding zijn nog bezig geweest met het onderzoek naar mogelijkheden voor het maken van basiselementen met de volledige isolatiedikte, waarin dan na het frezen slechts plaatselijk een aanvulling van isolatie nodig is (alleen op de kanalen). Dit zal in het proces een aanzienlijke tijdswinst kunnen opleveren. Het onderzoek is echter niet afgerond omdat het nog gaande was op het moment dat het C3-project een wijziging heeft doorgevoerd. De werkzaamheden voor dit onderzoek zijn vanaf dat moment stopgezet.

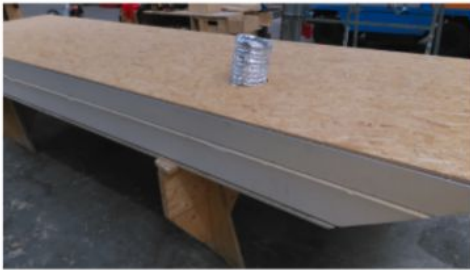
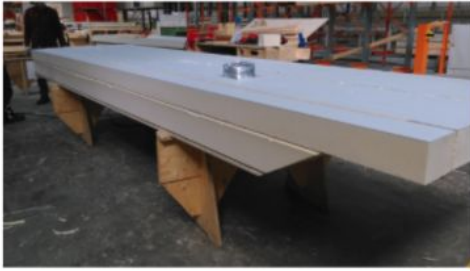
Inmiddels is het productieproces van dit soort elementen aangepast, waardoor er ook elementen kunnen worden gemaakt die vlakker en maatvaster zijn. Dit resulteert ook in een betere nauwkeurigheid in de bewerkingen aan de elementen in de CNC-machine.

Daarnaast was er nog een aantal kleine zijdelingse activiteiten opgestart met het doel om het productieproces te kunnen optimaliseren:

- Proeven met andere gereedschappen in de CNC-machine voor het maken van de sleuven en doorvoeren
- Het uitwerken van standaarddetails in het tekenwerk
- Onderzoek naar snellere doorloop op werkstations

Resultaten uit deze activiteiten:

- Meer inzicht in het gebruik van verschillende gereedschappen in de CNC-machine en in het op efficiënte manier indelen van de volgorde van bewerkingen
- Minder tijdverlies in productie door vlakkere elementen
- Meer nauwkeurigheid in de bewerkingen door vlakkere elementen
- Snellere verwerking van tekeningen door keuzemogelijkheid standaarddetails
- Verbetering materiaalvoorziening op werkstations
- Minder onderlinge wachttijden op werkstations door verbeterde werkinstructies



Integratie autonome intelligentie en voorspellende modellen

In deze taak zijn de autonoom intelligente deel-componenten gekoppeld aan voorspellende modellen m.b.v. een IoT-interface. Het systeem moet leiden tot betere monitoring van energie-intensieve systemen, en zorgen voor optimale prestatie en voorspelbare onderhoudsbehoefte.

Omdat comfort, welzijn en gezondheid in relatie tot het binnenklimaat belangrijke factoren zijn in de ontwikkelingen binnen dit project dienen alle componenten real-time te worden ontsloten voor monitoring en sturing. Dit levert een aantal voordelen op:

- Verbetering van operationele efficiëntie van de verwarming en ventilatiecomponenten van de woning.
- Lager energieverbruik.
- Geen modificaties nodig aan gebouwen i.v.m. draadloze communicatie.
- Meten van het binnenklimaat en real-time comfort voor bewoners en kwaliteit van lucht regelen.

Door middel van sensoren, die zijn gekoppeld aan de Smart Building IoT-infrastructuur van SWYCS kan de data van de diverse componenten worden uitgelezen. De data van het ene component wordt aan de hand van modelvorming geaggregeerd naar relevante informatie voor de andere componenten. Door middel van een gezamenlijke fysieke en virtuele interface worden componenten aangestuurd. De softwarematige koppeling waardoor de systemen met elkaar kunnen communiceren en zelfstandig beslissingen kunnen maken is hiervoor ontwikkeld.

Doordat alle partners eigen componenten inbrengen, en daarmee verschillende merken en interfaces,

heeft SWYCS zowel de fysieke interface als de gebruikersinterface ontwikkeld zodat de componenten middels deze interfaces met elkaar kunnen communiceren.

Testen systeemoplossing

In deze deeltaak is de systeemintegratie getest met behulp van een experimentele testopstelling.. Projectpartner Navetto zou oorspronkelijk haar bedrijfslocatie ter beschikking stellen voor het realiseren van een eerste testopstelling. Uiteindelijk is de testopstelling geplaatst bij Hoffman Elektro in Vlist. De testopstelling is een prefab dak geworden met daarbij een container waarin alle componenten zijn geïntegreerd voor testdoeleinden.



Aangezien het een uniek product betreft, voor zowel de projectpartners als de rest van de markt, zijn er installatieprotocollen opgesteld. Deze protocollen ondersteunen bouwers/installateurs op locatie bij het plaatsen/aansluiten van het systeem en de betrokkenen tijdens de prefab voorbereiding voorzien van de juiste informatie/wijzigingen.

WP3 Pilotwoning

Selectie pilotlocatie

In deze deeltaak is onderzocht aan welke vereisten het pilotproject dient te voldoen. Voor het vastleggen van de definitieve pilotlocatie stelde Hoffman Elektro haar netwerk ter beschikking. Vanuit de markt waren woningcorporaties echter moeilijk te overtuigen om een pilotlocatie beschikbaar te stellen. Er was onvoldoende inzicht in de beoogde claims waardoor woningcorporaties terughoudend zijn gebleken.

De woningcorporaties Quawonen en Mozaiekwonen zijn benaderd voor een pilot woning maar konden geen pilot woning beschikbaar stellen omdat:

- De aanpassingen aan de woningen dusdanig ingrijpend waren dat deze later met heel veel kosten weer ongedaan gemaakt moeten worden. Dit betekende o.a.:
 - vervangen van de dakplaten met boiler onder de schuine kap.
 - aanpassen waterhuishouding
 - aanleg ventilatievoorzieningen in de woning die afwijken van de huidige installatie
 - Het een tijdelijke oplossing zou zijn omdat de apparatuur van o.a. systovi die wij zouden gaan plaatsen niet meer leverbaar zou zijn.
 - Met de demo opstelling konden zij niet echt bevatten wat de installatie ging inhouden en vonden ze het allemaal maar eng.

Ook merkte we dat de interesse, betrokkenheid en prioritering van een woningcorporatie als ze geen lid zijn van het consortium niet erg groot is. Advies om bij dit soort trajecten altijd een corporatie op te nemen in het consortium.

User cases en data monitoringsplan

In deze taak zijn diverse theoretische user cases ontwikkeld, en is een onderzoeksplan opgesteld voor de monitoring van de pilotwoning. Onderdeel van het onderzoeksplan waren:

- Verwachte usercases.
- Aansluiting van de installatie bij de specifieke vereisten van de pilotlocatie.
- Selectie van de monitoren data en aansluiting bij de onderzoeksvragen.
- Onderzoekperiode monitoringsinterval.
- Gewenste performance karakterisatie.
- Betrouwbaarheid van de regeling.

Realisatie van de pilotwoning

Deze deeltaak is niet uitgevoerd binnen het project. Hiervoor is een wijzigingsverzoek ingediend door de projectpartners en goedgekeurd door RVO.

WP4 Monitoring, businesscase ontwikkeling en disseminatie

Monitoring

Deze deeltaak is niet uitgevoerd binnen het project. Hiervoor is een wijzigingsverzoek ingediend door de projectpartners en goedgekeurd door RVO.

Disseminatie

Tijdens het project hebben Navetto en Hoffman Elektro zich actief gericht op de disseminatie van kennis in de industrie. De gegevens die zijn verkregen uit de monitoring van de testopstelling zijn gebruikt om de voordelen van het klimaatconcept voor een breed publiek (waaronder woningcorporaties) inzichtelijk te maken. Daarnaast is doorlopend ingezet op de disseminatie van de ontwikkelde kennis en innovaties. Daarnaast heeft de gerealiseerde testopstelling bijgedragen aan de disseminatiedoelinden.

Businesscase ontwikkeling

De businesscase is geanalyseerd en verder gedetailleerd op basis van resultaten uit de testopstelling. De marktkanalen en de keten zijn onderzocht. Daarnaast is er een concurrentieanalyse gemaakt zodat inzichtelijk is geworden op welke aspecten dit klimaatconcept zich onderscheid.

Doordat Systovi verkocht is aan een andere aandeelhouder was het niet zeker of deze nieuwe aandeelhouder door zou gaan met de productie van het Systovi Airvolt BIPV-T systeem. Tevens was het zeer lastig om de benodigde informatie en data te verkrijgen vanuit de fabrikant Systovi. In veel gevallen werd zelfs de gevraagde data en informatie niet gedeeld.

Daarnaast is de businesscase van SWYCS verder onderzocht. SWYCS wilde een abonnementsmodel ontwikkelen voor de monitoring en sturing van de componenten via de IoT-infrastructuur. Middels deze slimme koppeling kan het klimaat van het klimaatconcept optimaal worden gestuurd.

WP5 Projectmanagement en disseminatie

Projectmanagement

Navetto heeft de rol van penvoerder voor dit project op zich genomen en heeft de feitelijke projectmanagement taken uitgevoerd. Naast het werkpakketoverleg zijn consortium bijeenkomsten georganiseerd waarin de werkpakket resultaten worden besproken en de voortgang is gemonitord. Eventuele benodigde wijzigingen zijn vanuit hier geïnitieerd en indien nodig voorgelegd aan het projectteam.

Vervolgactiviteiten

C3 heeft, mede door externe omstandigheden, niet alle resultaten opgeleverd die in het projectplan stonden beschreven. Projectpartners hebben besloten niet in te zetten op vervolgactiviteiten.

Discussie, conclusie en aanbevelingen

C3 was een ambitieus project met een groot aantal innovatieve doelstellingen. Niet alle doelstellingen zijn behaald. Onderstaand tabel geeft een overzicht van behaalde resultaten.

WP 1: Onderzoek en ontwikkeling deel-componenten		
Resultaat 1.1	Systeemeisen	Behaald
Resultaat 1.2	Autonoom intelligent systeem en voorspellende modellen	Behaald
Resultaat 1.3	Deel-componenten	Behaald

WP2: Systeemintegratie en testen systeemoplossing		
Resultaat 2.1	Conceptontwerp inclusief geïntegreerde componenten en waterdichtheid/afvoer water	Behaald
Resultaat 2.2	Ontwikkelplan componentontwikkelingen	Behaald
Resultaat 2.3	IoT-interface applicatie	Behaald
Resultaat 2.4	Experimentele testopstelling	Behaald
Resultaat 2.5	Installatieprotocollen	Behaald

WP3: Pilotwoning		
Resultaat 3.1	Pilotlocatie	Gedeeltelijk behaald
Resultaat 3.2	Onderzoeksplan pilotwoning	Behaald
Resultaat 3.3	Oplevering pilotwoning	Niet behaald

WP4: Monitoring, businesscase-ontwikkeling en disseminatie		
Resultaat 4.1	Monitoringsdata	Niet behaald
Resultaat 4.2	Disseminatie van resultaten testopstelling en pilotwoning	gedeeltelijk behaald
Resultaat 4.3	Onderzoeksplan keteninrichting	Behaald
Resultaat 4.4	Definitieve businesscase(s) voor commercialisatie	Behaald

WP5: Projectmanagement en disseminatie		
Resultaat 5.1	Notulen en presentaties van consortiumbijeenkomsten	Behaald
Resultaat 5.2	Voortgangsverslagen, tussenrapportages	Behaald
Resultaat 5.3	Disseminatieresultaten	Behaald

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.

- De ambities waren, met oog op de doorlooptijd, hoog. 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 beslismomenten is noodzakelijk om de projectvoortgang te behouden en inzicht te houden in de status van de diverse ontwikkelingen ten opzichte van de afgesproken doelen.
- Het is gebleken dat het zeer lastig is om drie installatie componenten met elkaar te koppelen. De hydraulische koppeling was een uitdaging maar hier is een oplossing voor gevonden. De communicatie tussen de componenten blijkt wel een groot probleem. Iedere fabrikant gebruikt zijn eigen protocol. Het openstellen van dit protocol is voor de fabrikanten een groot probleem.

Uitvoering van het project

Het project heeft gedurende de looptijd uitdagingen gekend. Deze hebben onder andere tot gevolg gehad dat er inhoudelijke wijzigingen zijn doorgevoerd. Deze worden hieronder verder toegelicht.

Inhoudelijke wijziging

Er zijn diverse technische uitdagingen geweest waardoor de uitvoer van activiteiten moesten worden verlengd:

- Doordat Systovi verkocht is aan een andere aandeelhouder was het niet zeker of deze nieuwe aandeelhouder door zou gaan met de productie van het Systovi Airvolt BIPV-T systeem. Tevens was het zeer lastig om de benodigde informatie en data te verkrijgen vanuit de fabrikant Systovi. In veel gevallen werd zelf de gevraagde data en informatie niet gedeeld.
- Uitdaging vinden pilotlocatie:
 - o Voor het vinden van een pilot locatie was het heel lastig om potentiële corporaties er warm voor te maken omdat:
 - vervangen van de dakplaten met boiler onder de schuine kap.
 - aanpassen waterhuishouding
 - aanleg ventilatievoorzieningen in de woning die afwijken van de huidige installatie
 - Het een tijdelijke oplossing zou zijn omdat de apparatuur van o.a. systovi die wij zouden gaan plaatsen niet meer leverbaar zou zijn.
 - Met de demo opstelling konden zij niet echt bevatten wat de installatie ging inhouden en vonden ze het allemaal maar eng

Alle significante wijzigingen zijn gedurende het project aan RVO gerapporteerd en waar nodig goedgekeurd.

Kennisverspreiding

Gedurende de looptijd van C3 is kennis gedeeld met woningcorporaties. De testopstelling in Vlist fungeerde als showcase model waarbij het idee was om meerdere keren per jaar geïnteresseerden de

testopstelling te laten zien. Omdat er nog onvoldoende onderbouwde data beschikbaar is gekomen gedurende het project zijn geen persberichten verspreid.

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.