



EMIB

Energy & Materials in Infrastructure & Buildings
University of Antwerp

Infofiche: Resultaten in-situ meetcampagnes – Deel 1

TETRA: kwalitatieve warmtenetten



Auteur(s)

Van Minnebruggen Senne
Baetens Robin
Verhaert Ivan

Contact

Campus Groenenborger - Lokaal Z.342
Groenenborgerlaan 171 - 2020 Antwerpen
senne.vanminnebruggen@uantwerpen.be
T +32 3 265 8737
S +32 3 265 8737
<http://www.uantwerpen.be/en/rg/emib/>

9 december, 2021

EMIB - HVAC Engineering

1 Inleiding

In kader van het VLAIO-TETRA-project ‘Kwalitatieve Warmtenetten’ werden negen casestudies opgevolgd voor het evalueren van enkele reële combilus-systemen. Onder de casestudies bevonden zich zowel cases met een combilus-systeem uitgerust met mechanische en elektronische afleversets en cases met een satelliet boiler als afleverset. Meer informatie over de verscheidene types afleverset kan de lezer terugvinden op <https://www.warmtenet.info/faq-wasda.html>.

De in-situ meetcampagnes zijn gefocust op:

- **Evaluatie van de energetische prestatie van het combilus-systeem + identificatie van belangrijke aandachtspunten**
- **Evaluatie van een combilus-systeem met hybride warmteopwekking (gasketels in combinatie met zonthermie)**

Voor de analyse werd gebruik gemaakt van de aanwezige data uit de residentiële warmtemeters welke volgende grootheden meten:

- Het cumulatieve warmteverbruik [kWh]
- Het cumulatief verbruik volume warmwater [m³]
- Het actuele primaire debiet ter hoogte van de afleverset [m³/h]
- De actuele aanvoertemperatuur (primair) [°C]
- De actuele retourtemperatuur (primair) [°C]
- De actuele boilertemperatuur (in het geval van satellietboilers) [°C]

Uit deze grootheden werd het actuele vermogen [kW] afgeleid volgens de methode gedefinieerd in de norm NBN EN 1434 – 1:2015.

Waar nodig werden bijkomende metingen geplaatst waarbij gebruik werd gemaakt van een ultrasone debietmeter¹, temperatuurmetingen met thermokoppels² en een TA-scope³.

Een overzicht van de casestudies met de algemene karakteristieken is weergegeven in onderstaande tabel.

	grootte	bouw- jaar	E-peil	K-peil	type afleverset	afgifte	warmteopwekking
Case 1	58 wooneenheden 1 polyvalente zaal	2018	± 45	± 32	mechanisch	vloerverwarming	gascondensatieketels
Case 2	47 wooneenheden 2 commerciële ruimtes	2016	60	40	elektronisch	vloerverwarming radiatoren	warmtenet
Case 3	29 wooneenheden 1 commerciële ruimte	2016	60	40	elektronisch	vloerverwarming radiatoren	warmtenet
Case 4	16 wooneenheden	2018	54	40	mechanisch	radiatoren	warmtenet
Case 5	25 wooneenheden	2018	-	40	elektronisch	radiatoren	warmtenet
Case 6	30 wooneenheden	2018	-	40	elektronisch	radiatoren	warmtenet
Case 7	18 wooneenheden	2018	± 58	32	satelliet boiler	radiatoren	gascondensatieketels zonthermie
Case 8	30 wooneenheden	2018	± 58	32	satelliet boiler	radiatoren	gascondensatieketels zonthermie
Case 9	8 wooneenheden	2018	± 58	32	satelliet boiler	radiatoren	gascondensatieketels zonthermie

¹ <https://www.flexim.com/us/product/fluxus-f601>

² Testo T176T4 – thermokoppels type K (nauwkeurigheidsklasse 2 volgens EN 60584)

³ <https://www.imi-hydronic.com/product/ta-scope>

2 Evaluatie van een combilus systeem met hybride warmteopwekking: gasketels en zonthermie

Gedurende een periode van 07/05/2021 tot 12/07/2021 werd van case 8 de hybride warmteopwekking opgevolgd met oog op volgende aspecten:

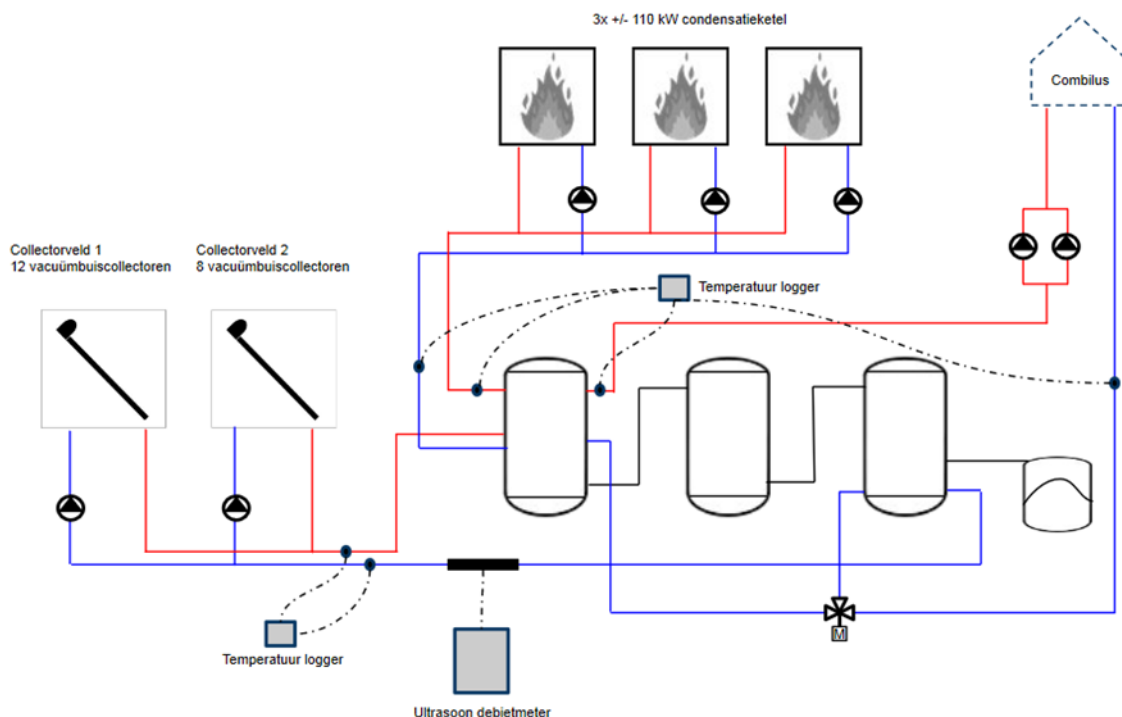
- Welke dekkingsgraad kan worden verwacht van een hybride installatie bestaande uit gascondensatieketels in combinatie met een zonthermische warmteopwekking?
- Zijn er bij dergelijke hybride installaties belangrijke aandachtspunten en optimalisatie mogelijkheden inzake comfort en energetische efficiëntie?

2.1 Beschrijving van de casestudie

Casestudie 8 omvat een collectieve woonbouw met 30 individuele appartementen (wooneenheden), gelegen in de Antwerpse Kempen, met een collectieve warmtevoorziening volgens het combilus principe. De centrale warmteopwekking bestaat uit een cascadeopstelling van drie gascondensatieketels (met elk een vermogen van ± 110 kW) aangevuld met zonnecollectoren van het type vacuümbuis. De zonthermische installatie bestaat uit twee collectorvelden:

- Collectorveld 1: 12 vacuümbuiscollectoren (netto oppervlakte 54m^2)
- Collectorveld 2: 8 vacuümbuiscollectoren (netto oppervlakte 36m^2)

Verder zijn de ketels en de zonthermische installatie aangesloten op drie buffervolumes (elk 1500 liter) zoals weergegeven in Figuur 1. De figuur toont tevens de meetopstelling van de uitgevoerde metingen.

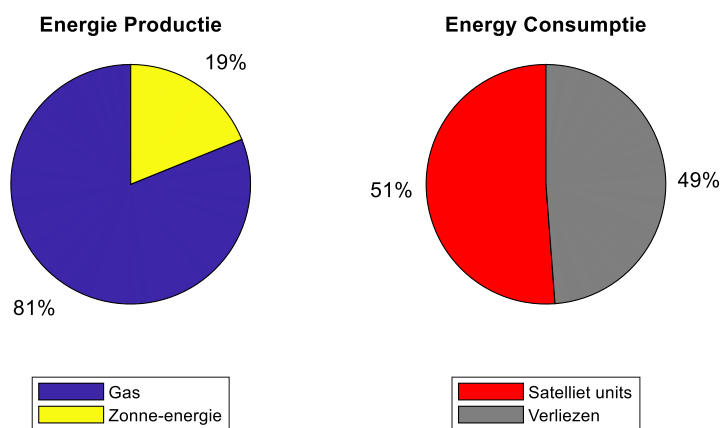


Figuur 1: Schematische voorstelling van de centrale stookplaats en de meetopstelling

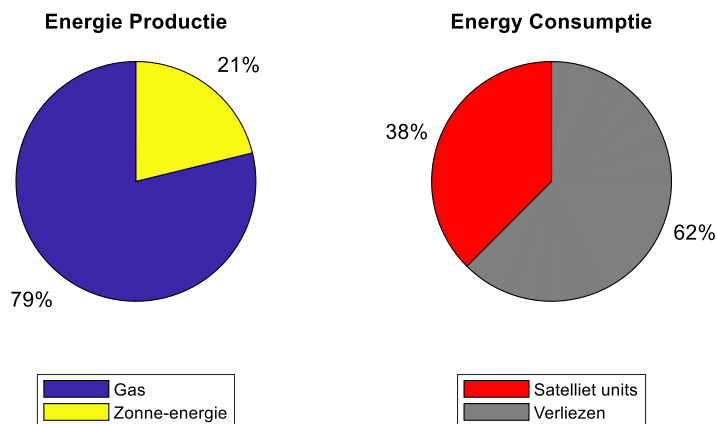
2.2 Aandeel zonthermie in de warmtevoorziening

In Figuur 2 en Figuur 3 is de totale warmtebalans van de collectieve warmtevoorziening weergegeven. Omwille van de geheugencapaciteit van de meettoestellen is deze opgesplitst in twee delen. De warmtebalans toont aan dat het aandeel van de zonthermie in de warmtevoorziening eerder beperkt is. Zeker wanneer men in gedachte houdt dat in de periode waarin de meetcampagne werd uitgevoerd (maanden mei-juni-juli) er veel zoninstraling is en er een beperkte warmtevraag is vanuit de wooneenheden (voornamelijk enkel SWW-vraag). Wanneer er naar de uitdrukkelijke kWh-waardes wordt gekeken (zie Figuur 4 en Figuur 5), komt zelfs naar voor dat de warmte uit de zonthermische installatie niet voldoende is om de warmteverliezen te dekken.

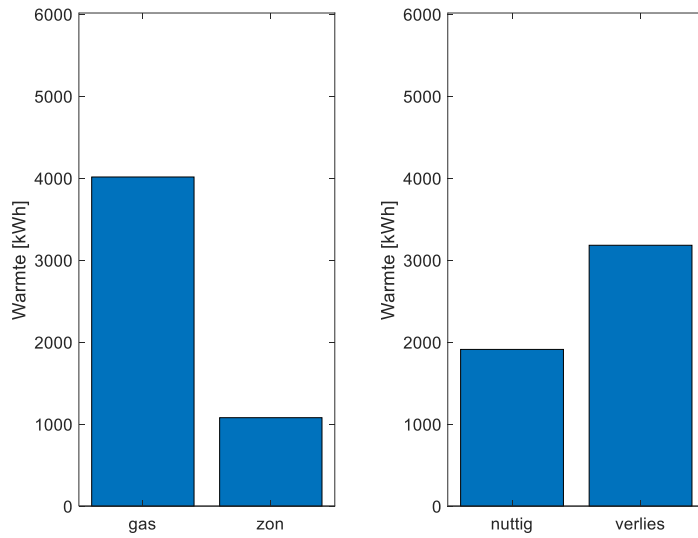
Meerdere oorzaken liggen aan de basis van de beperkte bijdrage van de zonthermische installatie in de warmtevoorziening. Deze worden toegelicht in paragraaf 2.3.



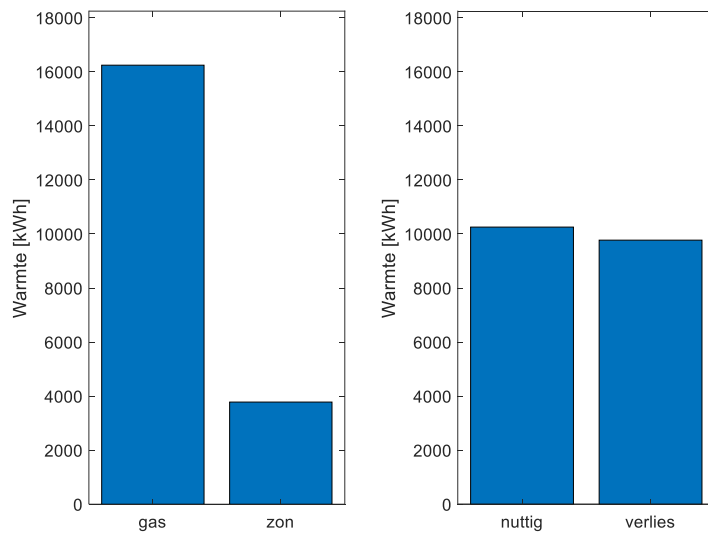
Figuur 2: Warmtebalans productie (links) en verbruik (rechts) tijdens het eerste deel van de meetcampagne (7 mei 2021 - 25 juni 2021)



Figuur 3: Warmtebalans productie (links) en verbruik (rechts) tijdens het tweede deel van de meetcampagne (25 juni 2021 - 12 juli 2021)



Figuur 4: Warmtebalans productie (links) en verbruik (rechts) uitgedrukt in kWh voor het eerste deel van de meetcampagne

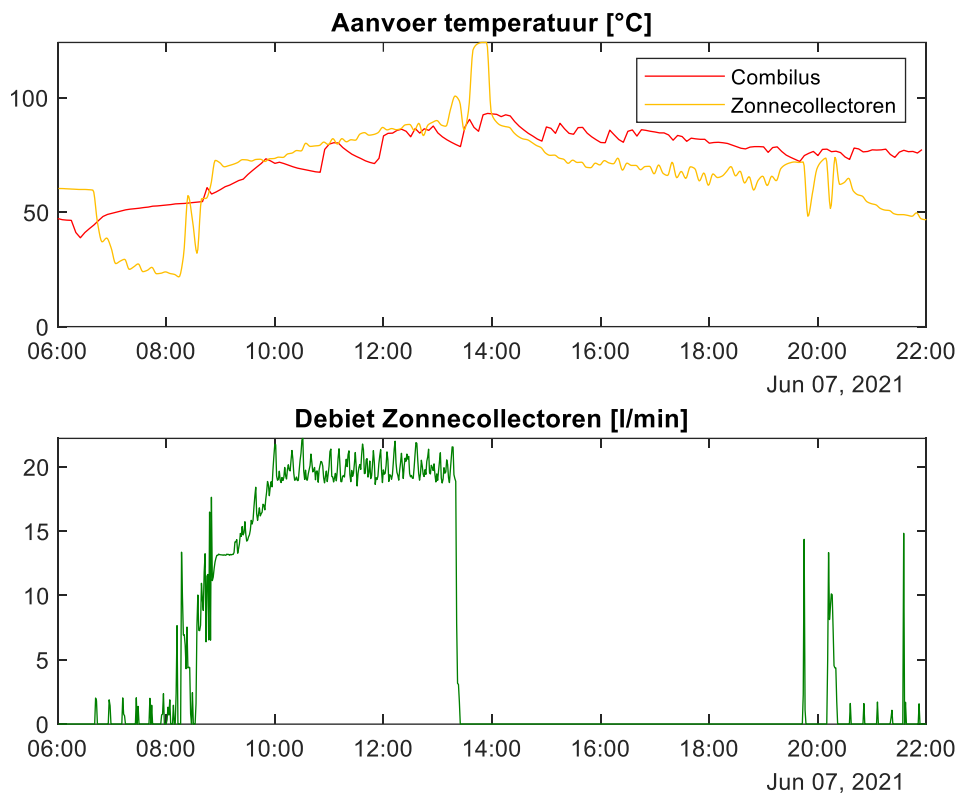


Figuur 5: Warmtebalans productie (links) en verbruik (rechts) uitgedrukt in kWh voor het tweede deel van de meetcampagne

2.3 Oorzaken van het beperkt bijdrage van de zonthermische installatie

2.3.1 Vermijden van oververhittingsgevaar

Op sommige dagen tijdens de meetcampagne kon door de hoge zonstraling de temperatuur in de vacuümbuiscollectoren oplopen tot wel 140 °C (zie Figuur 6). Wanneer hierdoor de temperatuur in de buffervaten stijgt boven 95 °C, wordt om stoomvorming te vermijden de circulatiepomp van de zonnecollectoren stilgelegd. Het gevolg is dat de een deel van de invallende zonne-energie niet kan worden gecapteerd. Deze veiligheid is echter een must en kan niet worden aangepast.



Figuur 6: Aanvoertemperatuur vanuit de zonnecollectoren (geel), aanvoertemperatuur van de combilus (rood) die representatief is voor de temperatuur in het buffervat en het debiet in het zonnecollectorcircuit (groen)

2.3.2 Een foutief geïmplementeerde regeling en hydronische configuratie van de hybride warmteopwekking

Wellicht de voornaamste oorzaak van de beperkte dekkingsgraad van de zonthermische installatie is de implementatie van een suboptimale regeling en hydronische configuratie (de wijze waarop de verschillende componenten zijn verbonden).

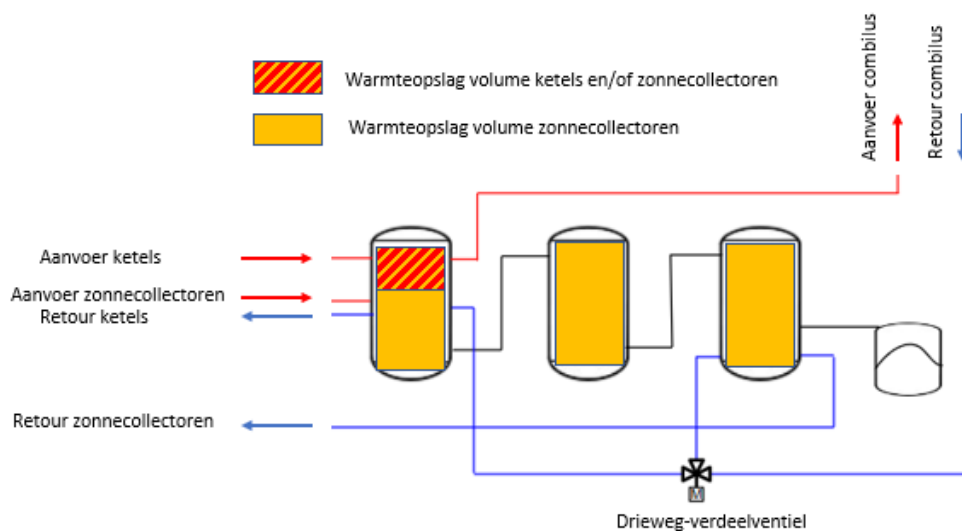
Foutieve regeling door beide warmteopwekkers aan te sturen op basis van dezelfde temperatuur

Zowel de gascondensatieketels als zonthermische worden aangestuurd op basis van een temperatuursensor in de bovenste lagen van het eerste buffervat. De gascondensatieketels zijn ingesteld om het bovenste deel van het eerste buffervat op 75 °C te houden. Doordat beide warmteopwekkers op basis van dezelfde temperatuursensor worden aangestuurd, gaan de zonnecollectoren pas warmte leveren wanneer in de collectoren een temperatuur boven 75 °C wordt bereikt. Hierdoor wordt de kans gemist om het water in de buffervaten reeds voor te verwarmen en zo de bijdrage van de zonthermische installatie te vergroten.

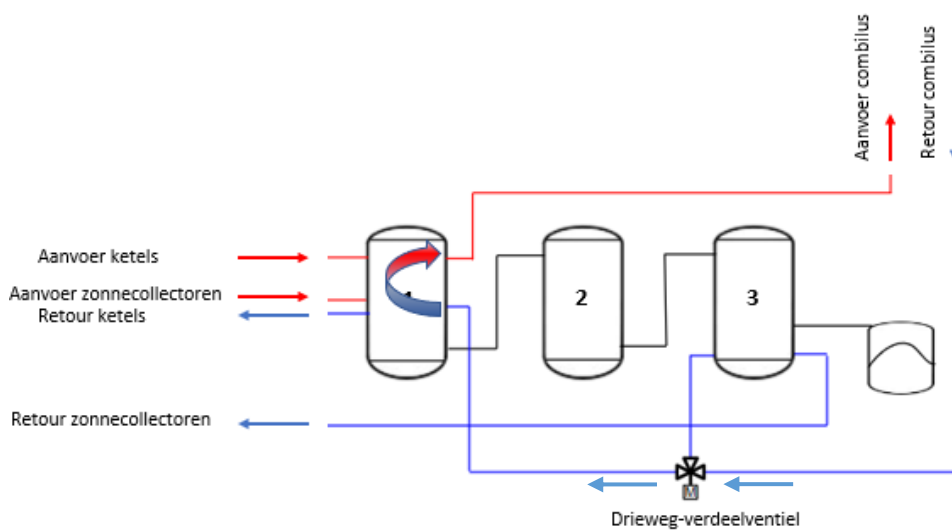
Suboptimale hydronische configuratie en regeling van het drieweg-verdeelventiel

In Figuur 7 is weergegeven waarom de warmte van elke warmteopwekker wordt opgeslagen in de buffervaten. Op dezelfde figuur is te zien dat in de retourleiding van de combilus een drieweg-verdeelventiel aanwezig is. Dit verdeelventiel werd voorzien om de retourtemperatuur, wanneer deze hoger is dan de temperatuur in het laatste buffervat te herleiden naar het eerste buffervat. Zo kan energievernietiging (het afkoelen van retourwater op nog aanvaardbare temperatuur) worden vermeden en geeft dit een zo laag mogelijke retourtemperatuur naar de zonnecollectoren. Wat het rendement van de zonnecollectoren verbetert.

In realiteit ontbrak echter een temperatuursensor in het laatste buffervat en werd het drieweg-verdeelventiel geregeld als zijnde een drieweg-mengventiel voor het regelen van de aanvoertemperatuur van de combilus (zie ook paragraaf ...). Dit heeft er voor gezorgd dat de retour van de combilus voornamelijk werd herleidt naar het eerste buffervat. Hierdoor wordt enkel warmte onttrokken uit het bovenste deel van het eerste buffervat. Aangezien dit deel voornamelijk door de ketels op temperatuur wordt gehouden, verhoogt dit het aandeel van de ketels. Ook zorgt dit ervoor dat de warmte uit de zonnecollectoren opgeslagen in de andere twee buffervaten onbenut blijft en verloren gaat als warmteverliezen naar de omgeving.



Figuur 7: Aanduiding van de volumes in de buffervaten waarin de mogelijk geproduceerde warmte van elke warmteopwekker kan worden opgeslagen



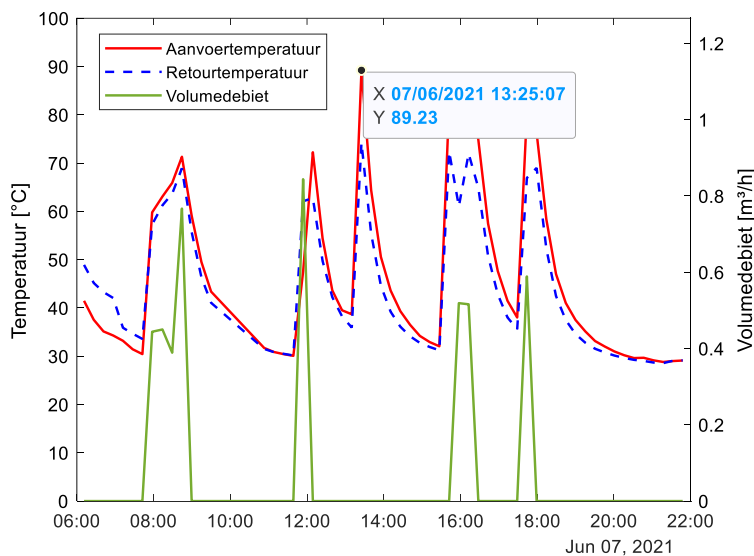
Figuur 8: Gevolg van de foutieve regeling van het drieweg-verdeelventiel. Hierdoor wordt enkel warmte onttrokken uit het bovenste deel van het eerste buffervat

Ontbreken van een drieweg-verdeelventiel in de combilus

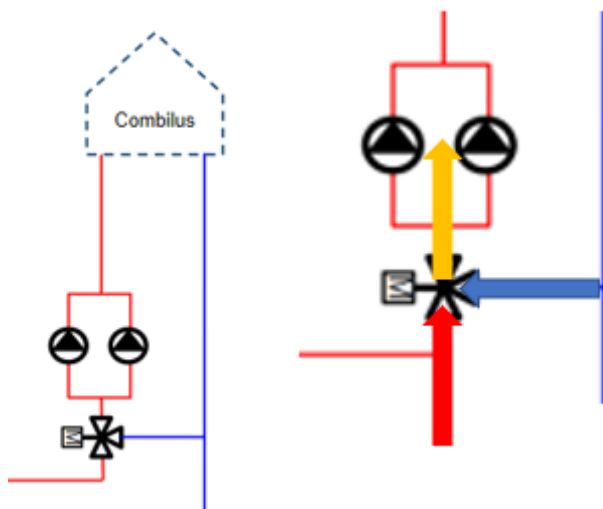
Zoals te zien op Figuur 6 kan in een hybride stookplaats met zonthermie de temperatuur hoog oplopen. Vanwege dimensionering, regeling, beveiliging van componenten en personen (gevaar op verbranden) dient in combilus installaties met zonthermie een mengregeling aanwezig te zijn. Zodanig kan de combilus temperatuur naar de gewenste temperatuur worden geregeld (zie voorbeeld in Figuur 10).

In het geval van deze casestudie ontbrak dergelijke mengregeling. Hierdoor kon de temperatuur in de gehele combilus tot $\pm 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ oplopen. Figuur 9 toont de combilus aanvoer- en retourtemperatuur gemeten ter hoogte van een satelliet boiler.

Deze hoge temperaturen zorgen enerzijds voor onnodig verhoogde distributiewarmteverliezen en anderzijds voor een suboptimale werking van de regeling. Ook kan dit leiden tot schade aan componenten die niet voorzien zijn voor dergelijk hoge temperaturen en personen die zich zouden kunnen verbranden aan de installatie of een te hoge temperatuur van het SWW.



Figuur 9: Aanvoer- en retourtemperatuur van de combilus gemeten aan een satelliet boiler en het debiet (groen) doorheen de satelliet boiler.



Figuur 10: Voorbeeld van de vereiste mengregeling om de aanvoertemperatuur van de combilus te regelen.

3 Aandachtspunten bij een combilus met hybride warmteopwekking met zonthermie

Om het dekkingsgraad van de zonthermische installatie zoveel mogelijk te vergroten houdt men best rekening met volgende aandachtspunten:

- Vermijd de aansturing van beide warmteopwekkers op basis van dezelfde temperatuursensor. Elke warmteopwrekker zal een bepaald volume van de buffer op temperatuur houden. De warmteopwrekker dient dus te worden aangestuurd op basis van een temperatuursensor in dit betreffende volume. Een ontdubbeld buffervat kan hiervoor interessant zijn⁴.
- Om een correcte regeling te garanderen dienen de nodige temperatuursensoren aanwezig te zijn.
- Goede en transparante communicatie tussen de verschillende betrokken partijen (ontwerpers, fabrikanten en installateurs) is essentieel en vermijd foutieve regelingen en hydronische configuratie fouten.
- De retour van de combilus dient telkens zo laag mogelijk te worden aangesloten op het buffervat. Aangezien dit de warmteafnemer is en de laagste temperatuur zal hebben.
- Een mengregeling dient te worden voorzien zodanig dat de aanvoertemperatuur van de combilus kan worden geregeld. Dit vermijdt te hoge temperaturen in de combilus (en bijhorende gevolgen) die kunnen optreden bij het gebruik van zonthermie.



Ter illustratie:

In het geval van deze casestudie had men kunnen opteren om te werken met drie buffervaten op drie temperaturniveaus (hoge, midden en lage temperatuur). Dit laat toe om de retour van de combilus op basis van de temperatuur van de retour en in het laatste buffervat, te herleiden naar het middelste buffervat of het laatste buffervat. Zo wordt eventuele opgeslagen zonthermische warmte steeds benut en kan men in zekere maten energievernietiging tegen gaan. De aanvoer vanuit de zonnecollectoren wordt best gestuurd op basis van een temperatuursensor in het onderste deel van het eerste buffervat of aangesloten op het middelste buffervat. Zodanig kan de zonthermische installatie warmte leveren bij temperaturen die lager zijn dan het setpunt van de ketels en vergroot zo de dekkingsgraad van de zonthermische installatie.

⁴ Zie ook Infofiche: Combilus met zonthermie

https://www.warmtenet.info/uploads/8/2/3/3/82330900/combilus_met_zonthermie.pdf