



Collectieve hoog-temperatuur warmtepompen
systemen voor warmtapwaterbereiding



Verslag bijeenkomst - ST



INHOUD

INLEIDING	3
1. INSTALLATIES MET CO ₂ -WARMTEPOMPEN	4
1.1 Introductie	4
1.2 Warmtepompconcept voor tapwater	4
1.3 Retourtemperatuur lager dan 30 °C	5
1.4 Belangrijkste aandachtspunten	8
2. EQw CONCEPT	9
2.1 Introductie	9
2.2 Koelen en warmtapwater tegelijk	9
2.3 Bedrijfswijzen	10
2.4 Dry cooler levert de warmte en koude	10
3. OPWEK EN DISTRIBUTIE VAN WARMWATER	11
3.1 Introductie	11
3.2 Kijk goed naar distributieleidingen	11
3.3 Met een decentrale booster	12
4. 3,5-PIJPS ENERGIEOPWEK- & DISTRIBUTIESYSTEEM	13
4.1 Introductie	13
4.2 Zeer kort tussenseizoen	13
4.3 Hoge rendementen mogelijk	13
4.4 Bedrijfswijzen	14
4.5 3,5 versus 4,5; voor- en nadelen	14
5. TERUGKOPPELING EN SAMENVATTING	16
5.1 Enkele discussiepunten	16



INLEIDING

Nu we onze gebouwde omgeving steeds vaker met warmtepompsystemen en lage temperatuur verwarming uitrusten, vereist dit een nieuwe en vaak innovatieve aanpak voor warmtapwaterbereiding. Het gemak van de cv-ketel met zijn hoge temperaturen die ook voor warm tapwater zorgt, is er vaak niet meer. Vandaar dat de TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken op 3 juli een innovatiebijeenkomst organiseerde met als titel 'Collectieve hoog-temperatuur warmtepompsystemen voor warmtapwaterbereiding'.

In zijn welkomstwoord reageerde Walter van der Schee, lid van de TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken, verheugd op het grote aantal vakgenoten dat op de bijeenkomst afkwam. Circa 40 sanitaire en warmtepomp specialisten van uiteenlopende bedrijven en organisaties waren aanwezig om samen naar innovatieve oplossingen te kijken en deze te bediscussiëren. Van der Schee organiseerde de bijeenkomst samen met Hans van Wolferen namens de expertgroep en zij hadden enkele experts uitgenodigd voor een presentatie. Het doel daarvan was om een beter beeld te krijgen van de bestaande systeemvarianten en de bijbehorende regels voor ontwerpers en eindgebruikers. Na elk van deze presentaties was er gelegenheid voor vragen en discussie. Ook het laatste half uur van de bijeenkomst konden de aanwezigen met elkaar in gesprek en standpunten uitwisselen. Dit alles resulteerde bij veel bezoekers na afloop in een aantal nieuwe inzichten en gaf ook stof tot nadenken over technieken die verder onderzoek en experimenten vereisen. Sommige resultaten kunnen in de komende periode door bijvoorbeeld ISSO worden gebruikt om bepaalde kennisdocumenten te updaten. Andere onderwerpen vragen wellicht om meer onderzoek vanuit de TVVL Expertgroep Sanitaire technieken.



1. INSTALLATIES MET CO₂-WARMTEPOMPEN

Bart Tabbers en Alexander Brockhus, Coolmark

1.1 Introductie

Coolmark levert en verzorgt de engineering van warmtapwatersystemen gevoed door de Q-ton. Deze warmtepomp van Mitsubishi Heavy Industries maakt gebruik van het duurzame koudemiddel CO₂ en is specifiek ontworpen voor het opwarmen van tapwater tot 60 of zelfs 90 °C, ook bij een buitentemperatuur van -25 °C. Tabbers en Brockhus startten de presentatie met een inleiding waarin ze lieten zien dat het energiegebruik voor warmtapwater in kantoren in verhouding tot het totale energiegebruik hoger ligt dan in hotels (sheet 6). Verder zien ook zij de duidelijke trend dat de warmtevraag voor verwarming in nieuwbouw steeds verder afneemt en dat juist de behoefte aan koeling inmiddels bijna groter is dan verwarming. En dat terwijl de vraag naar warm tapwater gelijk blijft of zelfs toeneemt. Bijvoorbeeld door de groeiende vraag naar stortdouches van 15 liter per minuut. Met warmtepompen zijn er vele concepten die op een energiezuinige manier lage temperatuur verwarming kunnen verzorgen. Maar voor tapwater, zo zeiden de specialisten van Coolmark, moeten we nog altijd minimaal 60 °C water op het verste tappunt kunnen leveren. Daarnaast is er een nieuwe randvoorwaarde; toekomstbestendige opwekkers moeten, als het warmtepompen zijn, over natuurlijke koudemiddelen (met een global warming potential (GWP) ≤5) beschikken (sheet 7).

1.2 Warmtepompconcept voor tapwater

Om aan al deze randvoorwaarden te kunnen voldoen, presenteerden Tabbers en Brockhus een warmtepompconcept met de Q-ton voor een collectief circulerend warmtapwatersysteem (sheet 8). De Q-ton is een toestel, zo vertelden zij, geschikt voor nieuwbouw en vervanging. “Elke Q-ton kan 10.000 liter warm tapwater per dag produceren. Mocht je dat willen en als de maximale tapwatercapaciteit niet nodig is, dan kun je het toestel ook nog gebruiken om een lage temperatuur afgiftesysteem te voeden”, vertelde Tabbers. “Maar het toestel is niet bedoeld, en dus ook niet kosteneffectief, om hem primair voor ruimteverwarming in te zetten.”

Een van de belangrijke voordelen van dit toestel is dat hij CO₂ als koudemiddel gebruikt (sheet 9). Dat heeft een GWP van 1 en is daarmee toekomstbestendig. Bovendien heeft CO₂ niet de nadelen van hoge giftigheid en ontvlambaarheid die andere natuurlijke koudemiddelen (respectievelijk ammoniak en propaan) wel hebben. Een nadeel van een toestel met CO₂ is wel de hoge druk van 5,65 pascal bij 20 °C. “Daarom moet dit toestel niet in een gebouw staan, maar buiten. Ook moet je als engineer er goed op letten dat de CO₂, mocht het toestel ooit lekragen, niet naar beneden – CO₂ is zwaarder dan lucht – een gebouw kan binnenstromen”, zei Tabbers.

De reden dat dit toestel juist voor collectieve tapwatersystemen zeer geschikt is, is omdat het met een aanzienlijk hoger rendement functioneert dan conventionele warmtepompen in dergelijke systemen.

In sheet 10 wordt de koudecyclus van een CO₂ warmtepomp in het h-log(p) diagram getoond. De warmte wordt door de verdamper opgenomen uit de buitenlucht bij een constante temperatuur (blauwe pijl). Vervolgens wordt de druk met de compressor opgevoerd, waarbij de temperatuur stijgt (bolletjes). In de *gaskoeler* wordt de warmte afgegeven bij een gelijkblijvende druk, waarbij de temperatuur van de CO₂ daalt zonder condensatie. Dit is een wezenlijk verschil met gangbare warmtepompen waarbij de warmte wordt afgegeven in een *condensor* bij gelijkblijvende temperatuur. De cyclus wordt gesloten door expansie van het afgekoelde gas, waarbij tevens



condensatie optreedt (verticale lijn omlaag). De COP is de verhouding tussen “warmte afgegeven aan het tapwater” en “elektrische energie”.

In sheet 11 wordt getoond hoe de COP daalt bij een stijgende retourtemperatuur. Naarmate deze stijgt treedt er minder afkoeling op in de gaskoeler (traject 2→3) en schuift de (verticale) expansielijn naar rechts op. Hierdoor kan minder warmte worden opgenomen door de verdamper (het traject 4→1 wordt korter). Omdat het energiegebruik van de compressor gelijk blijft (1→2) daalt de COP.

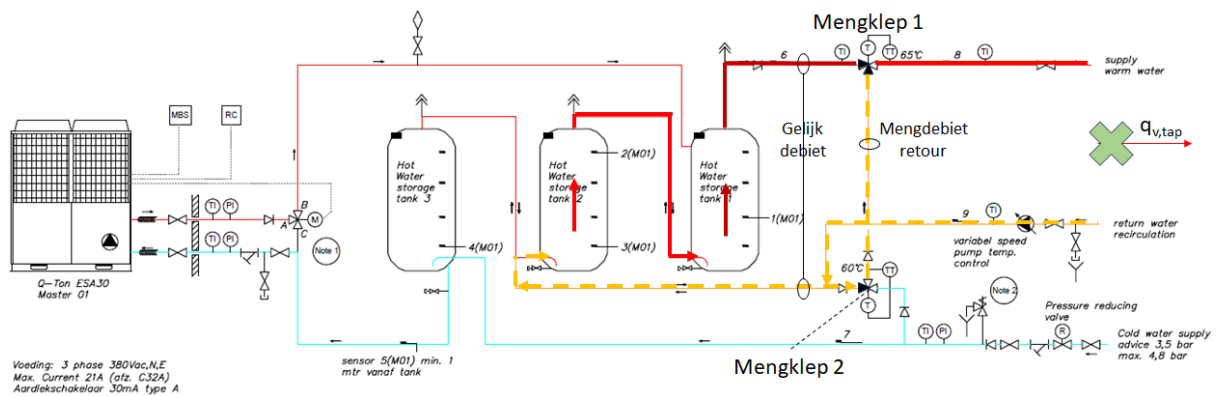
1.3 Retourtemperatuur lager dan 30 °C

Collega Brockhus ging in op de engineering die van groot belang is om dit hoge rendement te bereiken (sheet 12). “Dit toestel met een vermogen van 30 kW produceert niet alleen veel warm tapwater, ook bij lage buitentemperaturen, maar het gaat ook niet kapot mocht er eens een hoge retourtemperatuur terugkomen. Voor een hoog rendement moet de retourtemperatuur wel lager zijn dan 30 °C (sheet 13). Is de retourtemperatuur van de warmtepomp 10 °C dan is de COP bij -10 °C buitentemperatuur nog altijd 2,6. Ligt de buitentemperatuur boven nul dan beweegt de COP zich tussen de 4 en 5,5”, liet Brockhus zien (sheet 14).

Vervolgens toonde hij een configuratie waarbij het toestel gekoppeld is aan drie buffervaten (sheet 15). “Eerst bepaal je het aantal warmtepompen op basis van de hoogste tapvraag op dagbasis. Het streven is om de warmtepompen gelijkmatig en continue in te zetten. Vervolgens bepaal je hoeveel buffervaten je nodig hebt, afhankelijk van het tappatroon. Daarvoor wil ik weten hoeveel liter per dag nodig is, en hoe lang we er over mogen doen om deze voorraad weer op te warmen. Dit systeem werkt in elk geval niet als bij een cv-ketel, waar je een bepaald piekvermogen selecteert.”

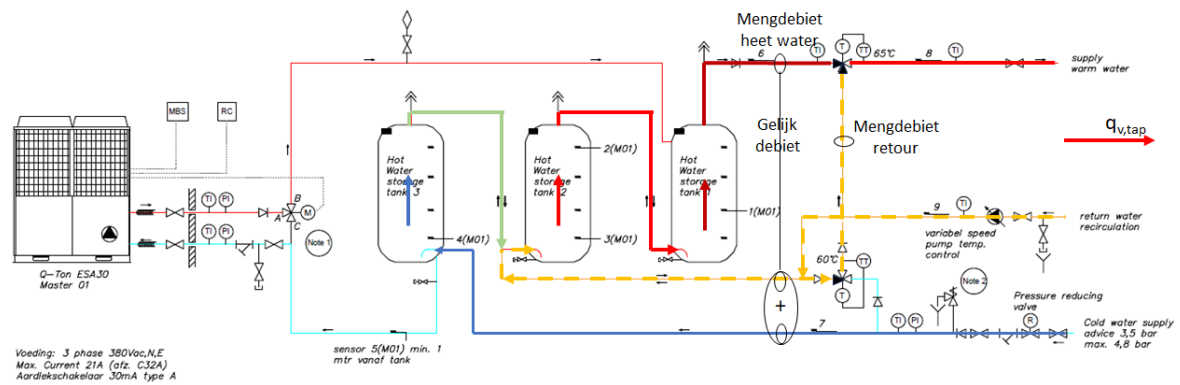
Om een hoge retourtemperatuur voor de warmtepomp te voorkomen wordt een andere aanpak gevolgd dan bij ketels. Dit is toegelicht aan de hand van sheet 16 voor een installatie met drie voorraadvaten.

1. Het setpoint van de warmtepomp en daarmee van de voorraadvaten is hoger dan voor het circulatiesysteem. Het setpoint van de Q-ton is 76 °C. Als bij het laden een tanksensor 65 °C bereikt dan is deze *reached* en geeft de bediening aan dat er 20% extra energie in de tank is opgeslagen. De temperatuursensoren 1-5 zijn zo geplaatst dat ze ieder 20% van de maximale energieopslag vertegenwoordigen. De warmtepomp draait door tot sensoren 1, 2 en 3 boven 65 °C zijn gekomen en gaat dan uit. Als alle sensoren onder de 60 °C komen (*unreached*) wordt de warmtepomp weer ingeschakeld. Het kan zijn dat er dan nog een restant (hogere) energie in de kop van de heetste tank zit. Vat 1 en 2 zijn na het opladen op deze temperatuur gebracht; vat 3 heeft in de regel een lagere temperatuur.
2. De aanvoer van het circulatiesysteem wordt op de gewenste temperatuur gemengd met heet water uit de bovenzijde van vat 1 en warm water uit de retour van het circulatiesysteem. Indien er niet getapt wordt, wordt het resterende retourwater toegevoerd aan de onderzijde van vat 2 (zie Figuur 1 - de figuren 1-5 zijn niet getoond tijdens de presentatie maar zijn door de rapporteur in overleg met Alexander Brockhus toegevoegd).



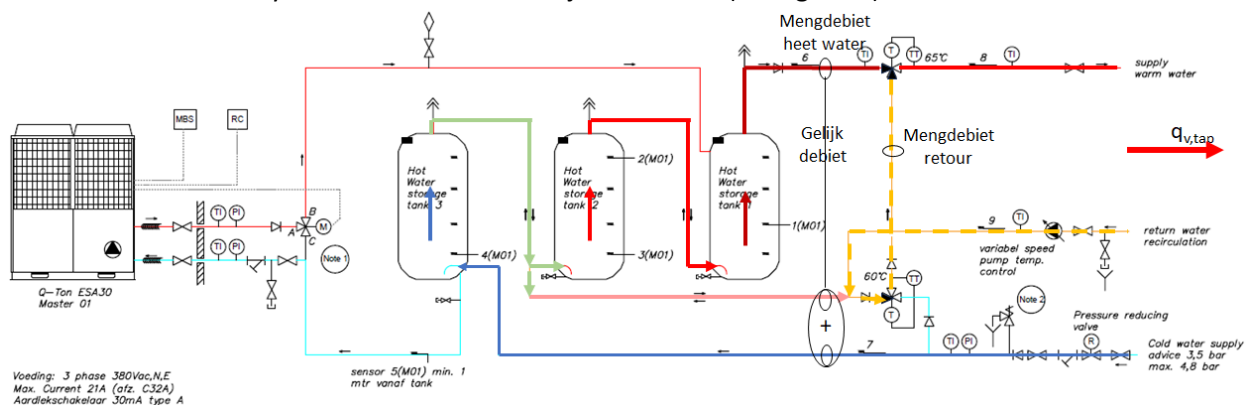
Figuur 1. Rust. Retour wordt gemengd met heet vatwater tot gewenste temperatuur bij mengklep 1.

3. Tijdens een kleine tapping wordt koud water toegevoerd aan de onderzijde van vat 3. Nu is meer water vereist aan het mengpunt: heet water uit vat 1 en kouder water uit de retour van het circulatiesysteem (zie Figuur 2).



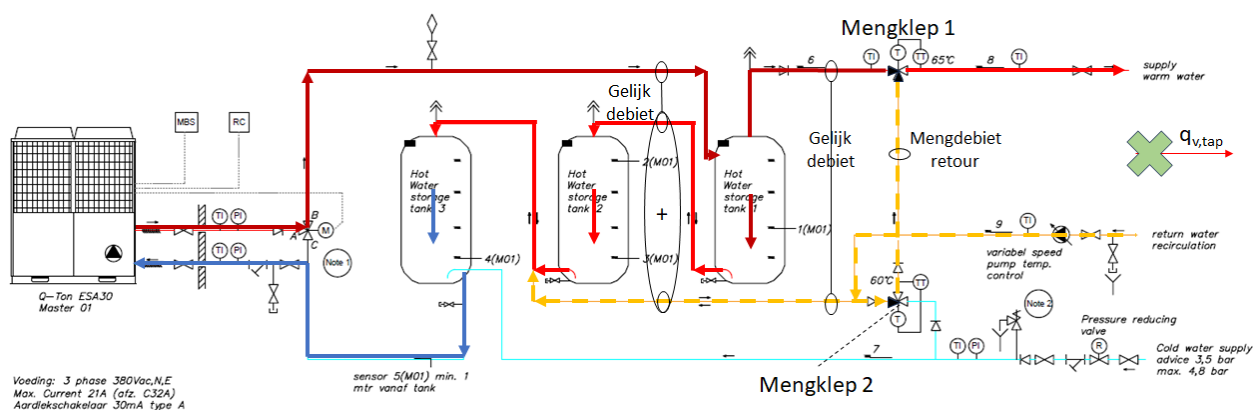
Figuur 2. Kleine tapping < Mengdebiet heet water. Retour wordt gemengd met heet vatwater tot gewenste temperatuur. Rest van de retour gaat naar onderzijde vat 2. Drinkwatertoevoer naar onderzijde vat 3.

4. Tijdens een grote tapping wordt koud water toegevoerd aan de onderzijde van vat 3. Nu is meer water vereist aan het mengpunt: heet water uit vat 1, kouder water uit de retour van het circulatiesysteem en uit de bovenzijde van vat 3 (zie Figuur 3)



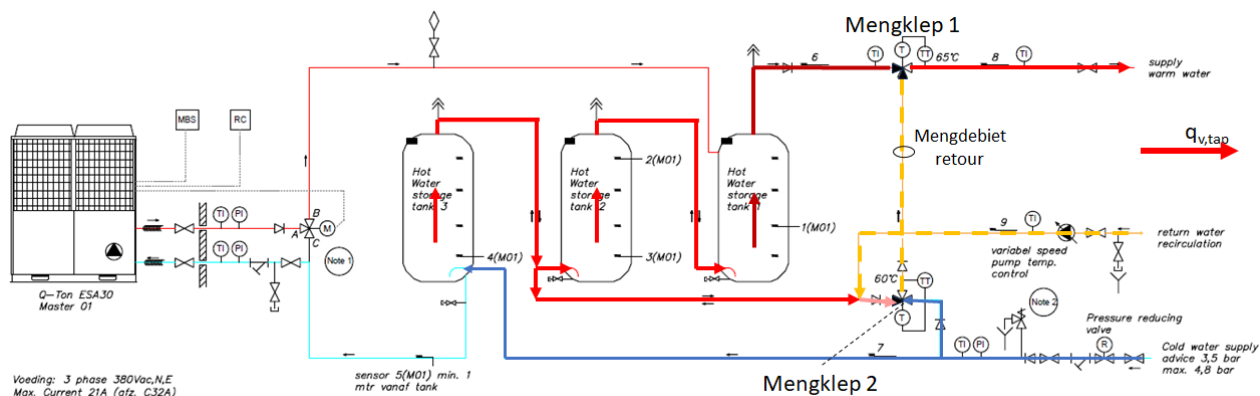
Figuur 3. Grote tapping > Mengdebiet heet water. Alle retour + water uit vat 3 wordt gemengd met heet vatwater tot gewenste temperatuur. Drinkwatertoevoer naar onderzijde vat 3.

5. Bij ieder tapping wordt vat 3 vanaf de onderzijde gevuld met koud water en stroomt warmer water aan de bovenzijde van vat 3 naar vat 2. Als de temperatuur van alle sensoren tot onder 60 °C is gedaald worden de vaten weer opgeladen met de warmtepomp (zie stap 1). Tijdens het opladen wordt koud water uit de onderzijde van vat 3 door de warmtepomp opgewarmd en naar de bovenzijde van vat 1 gevoerd. Door de stroming van vat 1 via vat 2 naar vat 3 worden de vaten opgewarmd totdat de sensoren 1, 2 en 3 boven 65 °C zijn gekomen. Hiermee is weer de begintoestand bereikt (zie Figuur 4).



Figuur 4. Opladen zonder tapping. Koud water uit vat 3 via warmtepomp naar vat 1->2->3.

6. De temperatuur in vat 3 kan met deze bedrijfswijze langdurig lager dan 60 °C zijn. Daarom worden de vaten wekelijks thermisch gedesinfecteerd. Hierbij wordt het opladen voortgezet tot ook vat 3 (sensor 4) en de intrede van de Q/Ton (sensor 5) geheel tot 71 °C is opgewarmd (voorheen 65 °C).
7. Als vat 2 en 3 in hun geheel zijn opgewarmd is het water hiervan te heet om als “koud” mengwater te gebruiken aan mengpunt 1. Zolang er niet getapt wordt is dat geen probleem; dan volstaat het retourwater van het circulatiesysteem. Tijdens een tapping is meer mengwater nodig dan de retour van het circulatiesysteem levert. Dan wordt het hete water uit vat 2/3 gemengd met een (kleine hoeveelheid) koud aanvoerwater door mengklep 2 tot een temperatuur van 60 °C (zie Figuur 5).



Figuur 5. Grote tapping na desinfecteren. Alle retour + water uit vat 3 wordt voorgemengd met koud water (mengklep 2) en daarna met heet vatwater tot gewenste temperatuur. Rest koud water naar vat 3.

Met deze aanpak wordt voorkomen dat de voorraadvaten geleidelijk op een temperatuur van 60 °C komen ten gevolge van de afkoeling in het circulatiesysteem. De iets hogere vattemperatuur maakt het mogelijk dit warme retourwater opnieuw te benutten. Hierdoor wordt vooral koud water gebufferd in de voorraadvaten gedurende de tappingen.



Door het iets hogere setpoint van de warmtepomp daalt de COP licht. Dit wordt overtroffen door de hogere COP dankzij de lage retourtemperatuur uit de vaten tijdens het opladen.

Een bijzonder situatie ontstaat als het warmteverlies in de circulatieleidingen relatief groot is ten opzichte van de tapvraag. Dan werkt de hierboven geschetste aanpak onvoldoende en ontstaat alsnog een groot volume water van ca. 60 °C. In dat geval wordt in het circulatiesysteem een extra warmteopwekker geplaatst (ketel, elektrische heater) waarmee het water uit de retour van het circulatiesysteem wordt opgewarmd (sheet 17). Als vuistregel geldt dat als het verlies (in kW) lager is dan 6% van het opgestelde WP vermogen geen aanvullende voorzieningen vereist zijn.

“We hebben tot nu toe maximaal 6 Q-tons in serie aan elkaar geschakeld. Met die 180 kW is het mogelijk om 100.000 liter warm tapwater per dag te produceren. Bovendien is het toestel stiller dan het gemiddelde VRF-systeem. Het maximum wordt behaald met 16 master Q-tons op 1 bediening; daarbij mag ieder Master Q-ton twee slaves mee nemen. Totaal komen we dan op 48 Q-tons.”

1.4 Belangrijkste aandachtspunten

Tot slot zetten de heren van Coolmark de belangrijkste aandachtspunten nog even op een rij (sheet 18 - 21):

- De engineering vergt echt een andere benadering dan een tapwatersysteem met een cv-ketel.
- De retourtemperatuur naar de warmtepomp moet ≤ 30 °C voor een hoge COP. Alleen tijdens thermische desinfectie mag de retourtemperatuur hoger zijn en draait de Q-Ton met een laag rendement.
- Het warmteverlies op de recirculatieleiding mag niet te groot zijn. Mocht dat wel zo zijn, dan moet je zorgen voor een aparte verwarmingsbron die dit verlies kan opvangen (kleine delta T) bijvoorbeeld gasgestookte of elektrische cv-ketel of een propaan warmtepomp. Een maximaal verlies van 6% van het opgesteld Q-ton vermogen houden wij als leidraad aan. Maar is officieel geen vaste waarde. Wat we wel zien in de praktijk is dat het rendement van Q-ton verder zakt als dit percentage hoger wordt dan 10%- 12%.
- In periodes met weinig afname van tapwater moet de temperatuur in de ringleiding na het laatste tappunt nog steeds 60°C zijn. Hiervoor moet men de ringleiding via een toerengeregelde pomp regelen.
Een hogere retourtemperatuur uit de ringleiding, bijvoorbeeld 62 °C, verstoort de sensoren in de tank. Deze zijn immers reached bij > 65 °C en unreached bij < 60 °C. Krijgen we 62 °C uit de ring, dan zal sensor 3 later 2 en dan 1 die temperatuur van 62 °C krijgen en niet unreached worden. Met temperatuurschommeling in de ringleiding tot gevolg.



2. EQw CONCEPT

Johan Koekkoek, directeur adviesbureau Visietech

2.1 Introductie

Johan Koekkoek ontwikkelde het EQw-concept op basis van vragen uit de markt (sheet 3). Zo ging hij op zoek naar een collectief concept dat in elk geval binnen de eisen van de Warmtewet valt, dat past bij de binnenstedelijke ontwikkelingen en dat met lucht als bron zowel kan koelen als tegelijk warm tapwater kan opwekken. Het rendement moest minimaal gelijk zijn aan een concept met een WKO. Verder was er de eis van een eenvoudige installatie voor gebouwen met 60 tot 700 appartementen die modulair op te bouwen is. Ook mocht de installatie in de gebouwde omgeving geen hittestress veroorzaken.

“Deze hele rits aan eisen zette me aan het denken. Ik wilde een cascade-oplossing en ik wilde prefab kunnen werken”, vertelde Koekkoek. “Zo ontstond het EQw-systeem dat uit drie hoofdcomponenten is opgebouwd (sheet 5, 6):

- Eén type lage temperatuur warmtepomp, leverbaar in 25 tot 100 kW die in cascade tot 10 stuks te koppelen is;
- Een dry cooler van 20 tot 800 kW, waarvan we altijd twee stuks plaatsen, in verband met redundantie;
- Een type hoge temperatuur warmtepomp, de booster, voor tapwater.”

2.2 Koelen en warmtapwater tegelijk

Het meest bijzondere aan dit systeem is dat het tegelijk warm tapwater kan maken en het gebouw kan koelen. De dry coolers op het dak leveren de energie voor het systeem dat altijd met een ΔT van 3 á 3,5 graden ten opzichte van de buitentemperatuur functioneert. In het buitencircuit zit een water/glycol-mengsel om ook in de winter goed te kunnen opereren (sheet 7). Maar het is vooral ook de energie-uitwisseling in de EQw installatie, die in de zomer de warmte uit de woningen gebruikt als bron voor het warm tapwater voor douche en keuken. Dat maakt ook dat EQw heel goed scoort in de BENG-berekening. “We kunnen zowel met een 3,5-pijps systeem (zie de laatste presentatie) of met een 5-pijpssysteem werken, vertelt Koekkoek. Omdat het een modulair systeem is met relatief weinig grote toestellen, werken we met lage aansluitwaardes, wat ook een voordeel is in binnenstedelijke gebieden.

In dit systeem wordt water van 65°C vanuit de boosterwarmtepomp naar de woning getransporteerd waar met een afgifteset het warmtapwater wordt geleverd. De back-up voor warm tapwater is op meerdere manieren geregeld. Ten eerste doordat de boosterwarmtepomp met twee compressoren is uitgevoerd. Ook is een E-ketel inzetbaar als back-up. En er is een koppeling tussen het LTV- en HT-leidingsysteem mogelijk waarbij de LT-warmtepompen 55°C kunnen leveren.”

In alle drie circuits (koelen, LT en HT) zijn buffervaten opgenomen om een rustig regelgedrag van de warmtepompen mogelijk te maken.



2.3 Bedrijfswijzen

- Voor verwarming wordt warmte onttrokken aan de buitenlucht door de dry-coolers en via het water-glycol circuit geleverd aan de verdamper van de LT warmtepompen, die hiermee LT-warmte leveren op de gewenste temperatuur (sheet 8).
- Voor warmtapwaterlevering wordt op dezelfde wijze warmte geleverd door de LT-warmtepompen. Deze warmte is nu de bronwarmte voor de HT-warmtepomp, die hiermee het HT-circuit op temperatuur brengt (sheet 9).
- Voor warmtapwaterlevering en gelijktijdige koeling wordt dezelfde bedrijfswijze gevolgd maar nu met koudelevering door de verdamper van de LT warmtepompen. Een warmtewisselaar scheidt het water/glycol-circuit van het gewone proceswater (sheet 10).
- Voor alleen koeling wordt de koudelevering verzorgd door de verdamper van de LT warmtepompen. De warmte wordt afgegeven aan de condensorzijde van de LT-warmtepompen en via een warmtewisselaar afgegeven aan de dry-coolers (sheet 11).
- Als 's winters een dry-cooler ontdooit wordt gebeurt dit in de bedrijfswijze voor verwarming. Hierbij is slechts één dry-cooler beschikbaar voor warmtelevering en wordt de ander dry-cooler ontdooit met warmte uit het LT-circuit (sheet 12).

2.4 Dry cooler levert de warmte en koude

Koekkoek vertelt verder dat de dry cooler een ontdooitijd kent van 20 minuten. Dit ontdooien gebeurt automatisch zodra de ΔT groter wordt dan 3,5 graden. Daarvoor heb je op dat moment gedurende 20 minuten 35 kW nodig, dus niet de volledig opgestelde capaciteit. Het systeem kan, zo vertelde hij ook, met nog een hoger rendement werken wanneer je de dry cooler en een WKO kunt combineren (sheet 13). In dat geval zal je wel de balans in de bodem moeten bewaken. "We hebben voor het totale systeem inclusief de buffervaten, met de dry cooler als enige energiebron, de rendementen bepaald. De COP voor tapwaterproductie ligt in dat geval rond de 2,5. Voor verwarmen schommelt de COP rond de 4,5 en voor koelen is dat ruim 6 (sheet 14). Deze rendementen zijn bijna gelijkwaardig aan een systeem dat puur met een WKO werkt. Misschien dat je voor verwarmen en koelen een iets lagere COP hebt, maar voor tapwater is deze over een heel jaar juist weer hoger dan met een WKO." Op basis van de bepaalde rendementen heeft het systeem een gelijkwaardigheidsverklaring gekregen bij Bureau CRG. Voor de woningbouw heeft Vaanster Energie een exclusieve overeenkomst met Visietech, zodat zij als enige dit concept mogen gebruiken. Maar het concept is ook voor andere utiliteitstoepassingen te gebruiken, aldus Koekkoek. Partijen die deze mogelijkheden onderzoeken, kunnen daarvoor bij Adviesbureau Visietech aankloppen.



3. OPWEK EN DISTRIBUTIE VAN WARMWATER

Jan Willem Brinkman, DPA Warmtepompen

3.1 Introductie

De derde presentatie ging in hoofdzaak over distributie en opwekking. Jan Willem Brinkman startte zijn uiteenzetting met de constatering dat we een gigantische opgave hebben. De minister wil dat we in 2030 zo'n 500.000 nieuwe aansluitingen hebben op een warmtenet. In het algemeen komen daar vooral nieuwbouwappartementen voor in aanmerking. Omdat 36% van alle nieuwbouw in ons land appartementen zijn, gaat het om ruim 25.000 woningen per jaar (sheet 4). In moderne nieuwbouw neemt warm tapwater circa een derde van de totale energievraag voor zijn rekening. De helft is voor verwarming en ongeveer één zesde gaat naar koeling (sheet 5, 6). Bij nieuwe appartementen ligt dit nog net weer anders. Tapwater is dan de grootste energievrager, met bijna de helft van het energiegebruik (sheet 7, 8). Nog maar een kwart gaat naar verwarming en zo'n 30% gaat naar koeling. En in nieuwe studentenhuysvesting is tapwater helemaal een energievreter, met ruim meer dan de helft van het energiegebruik (sheet 9).

Qua systeemkeuze, zo vertelde Brinkman, hebben we in principe drie smaken (sheet 10):

1. Ruimteverwarming met MT/HT, Tapwater HT, geen koeling -> oplossing 2-pijps HT.
2. Ruimteverwarming met LT, Tapwater HT, HT-koeling (GKW) -> oplossing 3(,5)/4(,5)/5(,5) of 6(,5)-pijps
3. Ruimteverwarming met LT-CV, Tapwater LT-CV + booster, HT-koeling (GKW) -> Oplossing 3- of 4-pijps.

3.2 Kijk goed naar distributieleidingen

Heb je eindelijk het systeem gekozen dat past in een specifieke situatie, dan vergt vervolgens de selectie van het distributiesysteem de nodige aandacht, zo liet Brinkman zien (sheet 11). "Als je gaat rekenen, kom je er snel achter dat, afhankelijk van de leidingdiameter, het distributiesysteem flink wat energieverlies oplevert." (sheet 12) En die leidingverliezen hebben een grotere impact dan we wellicht denken. Bij een koperen distributiesysteem van 25 of 30 mm diameter is het warmteverlies respectievelijk 7,1 en 6,5 W/m. Bij gelast stalen buizen is het warmteverlies bij vooral de dunnere buis van 25 mm nog hoger, ruim 9 W/m (sheet 13).

Het distributieverlies bij een circulatiesysteem (WWC) is lager dan bij een CV-systeem met afleversets: 7 kW vs 16 kW in het voorbeeld van een studentenflat (sheet 14). Dat is mogelijk omdat in een WWC kunnen dunnere buizen worden toegepast met een lager verlies (sheet 15).

"Als je weet dat het warmteverlies van 1 Watt over een heel jaar gelijk staat aan de verspilling van 1 m³ aardgas per jaar, dan kun je uitrekenen hoeveel kuub gas je verliest bij een omvangrijk distributiesysteem dat we jaarrond op 65°C moeten houden." (sheet 16)

Vervolgens presenteert Brinkman het principeschema voor de warmtapwaterbereiding in een WWC, met eventueel een 2^e warmtewisselaar in de retour als de distributieverliezen relatief hoog zijn (sheet 17) en de aandachtspunten voor CWW (sheet 18).

Vandaar dat Brinkman in het vervolg van zijn presentatie een voorbeeld van een opwekkings- en distributiesysteem toonde dat met dunnere buis voor tapwaterdistributie werkt, en bovendien een lagere aanvoertemperatuur heeft. "Bij een systeem met lage temperatuur distributie voor zowel cv als tapwater, moet je in de woning, of per groep woningen, met een elektrische booster het tapwater op temperatuur brengen (sheet 19, 20). De booster vraagt een elektrisch vermogen van 2



kW maar kan, juist door die lagere aanvoertemperatuur, met een lager energiegebruik voor warm tapwater zorgen. Ook omdat er minder leidingverliezen zijn.”

3.3 Met een decentrale booster

Vanzelfsprekend komt bij een dergelijk systeem direct de vraag of dit – met het oog op legionellaveiligheid – vanuit de regelgeving is toegestaan. Brinkman is van mening dat dit, volgens de letter van de regelgeving (sheet 21), wellicht niet zou kunnen, maar dat het systeem niet gevaarlijk hoeft te zijn. De decentrale booster zorgt voor voldoende pasteurisatie. Je moet dit alleen wel loggen, zodat je er zeker van bent dat de temperatuur op gezette tijden en lang genoeg boven de 65°C komt. Beheer is dus een belangrijk aandachtspunt, evenals registreren van de temperatuur in de deelringen. Toch is er in zijn optiek in de huidige nieuwbouw een veel grotere uitdaging, namelijk om het koudwaterdistributiesysteem onder de 25°C te houden.

Tot slot presenteert Brinkman een overzicht van de verschillende individuele en collectieve warmtepompen met de daarin gebruikte koudemiddelen (sheet 22, 23, 24).

In de discussie na afloop van zijn presentatie stelt Hans van Wolferen toch serieuze vraagtekens bij een systeem dat uitgaat van een lagere aanvoertemperatuur voor tapwater en het pas ophogen van de temperatuur via een booster in de woning. Het lage temperatuur sanitair water loopt, voor het in de booster komt, via een warmtewisselaar. Eigenlijk zou je die warmtewisselaar ook op gezette tijden moeten kunnen desinfecteren, vindt Van Wolferen. Wat gebeurt er namelijk als de booster leeg is en warm water stroomt rechtstreeks vanuit het distributiesysteem via de warmtewisselaar naar het tappunt. De bewoner zal er niet veel van merken. Maar er is wel ineens een veel grotere kans dat het besmet water is. Voor Van Wolferen is dit daardoor een uitermate serieus aandachtspunt en mogelijk een reden dat dit systeem niet in deze vorm zou mogen worden gebruikt.



4. 3,5-PIJPS ENERGIEOPWEK- & DISTRIBUTIESYSTEEM

Coos Schouten en Maarten Roskam, Schouten Techniek

4.1 Introductie

De laatste presentatie kwam voor rekening van Coos Schouten, algemeen directeur van Schouten Techniek. Dit is een totaal installatiebedrijf met een kleine 250 medewerkers in Noord-Holland dat vooral in Noordwest-Nederland actief is. Bij zijn presentatie werd hij ondersteund door zijn collega en engineer Maarten Roskam. Samen vertelden zij over de werking van een 3,5-pijps systeem voor energieopwekking en distributie bij ruimteverwarming, tapwater- en koudelevering aan woongebouwen. Schouten behandelde daarbij onder meer de voor- en nadelen van dit systeem ten opzichte van concurrerende en gelijksoortige systemen. Maar hij besprak ook de impact van het systeem wanneer er commerciële ruimten in het complex aanwezig zijn. En wat de gevolgen zijn bij compacte of juist verder uiteen liggende gebouwen en complexen. Tot slot kwamen ook nog de verschillende optimalisatiemogelijkheden aan bod.

Schouten Techniek is bijzonder actief op het gebied van duurzame klimaatsystemen met bodemenergie en warmtepompen. Daarbij kiest men veelvuldig voor innovatieve regeneratiemethoden, zoals met aquathermie, heatpipes en andere zonnecollectoren, dry coolers en zelfs met riothermie (energiewinning uit rioolwatersystemen). Dat het bedrijf de innovatieve concepten niet uit de weg gaat, illustreerde Schouten met het voorbeeld van een jaarrond offgrid opwek- en distributiesysteem. Zij realiseerden dit project nog niet zo lang geleden en het concept blijkt in de praktijk 26% energiezuiniger te zijn – in de berekening met EMG – in vergelijking tot een systeem dat op het openbare elektriciteitsnet is aangesloten.

4.2 Zeer kort tussenseizoen

Een ander innovatief en toch al door Schouten Techniek veelvuldig toegepast distributiesysteem, is het 3,5-pijps systeem. Bij dit zogeheten change-over leidingsysteem kan men in een woongebouw verwarmen of koelen. Het belangrijkste is, zo begon Schouten zijn verhaal, de vaststelling dat het ‘tussenseizoen’ in moderne woongebouwen zeer kort is. Door met een 3,5-pijps systeem te werken, kan men tijdens het stookseizoen warm water voor de vloerverwarming aanbieden (LTV) en tegelijk warm water voor het bereiden van warm tapwater (HTV). In de zomerperiode schakelt het volledige afgiftesysteem in het gebouw over op koelen (HTK). Als een woning in dat gebouw in deze periode toch behoefte heeft aan verwarmen, kan dit vanuit het HTV-systeem toch worden gehonoreerd.

Schouten legde uit dat bij een dergelijk systeem een extra retourleiding - “een druppelleiding” – wordt aangelegd van geringe diameter. Deze zorgt ervoor dat tot aan de laatste woning op de strang HTV van 70°C aanwezig is. Dit voorkomt thermische vervuiling van de reguliere retour. Kenmerkend voor een dergelijk change-over systeem is dat deze in de zomer koude aanbiedt en dat eventuele verwarming, bijvoorbeeld in voor- en najaar, uit het HTV-systeem komt. In het stookseizoen functioneert echter het LTV-systeem, dat men weersafhankelijk kan regelen.

4.3 Hoge rendementen mogelijk

In hun presentatie lieten Schouten en Roskam zien, aan de hand technische schema's, hoe een 3,5-pijps opwek- en distributiesysteem in de verschillende fases functioneert. Dus bij ruimteverwarming, bij tapwaterbedrijf, bij koeling, en ook hoe ruimteverwarming mogelijk blijft via de HTV als het systeem naar koelbedrijf is overgeschakeld. “Het grote voordeel van dit systeem”, zo vertelde Schouten, “is het hoge rendement. Op ruimteverwarming realiseer je met een dergelijke lage - aanvoertemperatuur een COP van 5,4. Maar door de lage temperatuur verwarming ook via een



centrale boosterwarmtepomp voor HTV voor warmtapwater te gebruiken, functioneert het warmtapwatersysteem ook met een gezamenlijke COP van circa 3.3.” De stooklijn van de lage temperatuur ruimteverwarming ligt op circa 45°C. De retour van de LTV ligt op circa 32-30°C. De retour van het tapwatersysteem ligt daarentegen een stuk lager, op circa 23°C (zie sheet 6). Daarbij vroeg Schouten aan zijn collega's in de zaal of zij wellicht nog ideeën of suggesties hebben om die nog verder te verlagen. Verder gaf hij aan dat het in zijn optiek noodzakelijk is om een dergelijk systeem altijd op afstand te kunnen monitoren. “Klanten zullen, welk systeem je ook aanbiedt, altijd een nadeel moeten accepteren. Bij een 3,5-pijps systeem is dat dus dat we iedereen tegelijk overschakelen van verwarmen naar koelen. Daar tegenover staat dat we wel de hoeveelheid ruimte beperken die we in schachten en verkeersruimtes nodig hebben voor het leidingwerk.”

4.4 Bedrijfswijzen

Kenmerkend voor het 3,5 pijps systeem is dat, afhankelijk van de bedrijfstoestand, er of HTV water of LTV/koel-water door beide warmtewisselaars stroomt. Dit levert de volgende bedrijfssituaties op:

- Voor verwarming in winterbedrijf wordt de klep voor het LTV water geopend. Dit stroomt eerst door de HT warmtewisselaar (zonder warmteafgifte want geen tapping) en draagt vervolgens in de LT warmtewisselaar warmte over aan het LT-afgiftesysteem (sheet 8).
- Voor warmtapwaterbereiding wordt de klep voor het HTV water geopend. Dit stroomt eerst door de HT warmtewisselaar en draagt daar de gewenste warmte over. Vervolgens stroomt het water door de LT warmtewisselaar, zonder warmteafgifte omdat de cv-pomp in het afgiftesysteem tijdens tapbedrijf wordt uitgezet (sheet 9). Er is dus geen verwarming (of koeling) mogelijk tijdens tapbedrijf; een situatie die overeenkomt met woningen met een combi-doorstroomketel.
- Voor koeling wordt (in zomerbedrijf) de klep voor het koelwater geopend. Dit stroomt eerst door de HT warmtewisselaar (zonder koudeafgifte want geen tapping) en draagt vervolgens in de LT warmtewisselaar koude over aan het LT-afgiftesysteem in de woning (sheet 10).
- Voor verwarming in **zomerbedrijf** wordt de klep voor het **HTV water** geopend. Dit stroomt eerst door de HT warmtewisselaar (zonder warmteafgifte want geen tapping) en draagt vervolgens in de LT warmtewisselaar warmte over aan het LT-afgiftesysteem (sheet 11). Hierbij is een subtiele regeling van de debieten van HTV en LT-afgiftesysteem vereist om een te hoge aanvoertemperatuur in het afgiftesysteem te voorkomen.

4.5 3,5 versus 4,5; voor- en nadelen

Naast een 3,5-pijps systeem kan men ook voor een 4,5-pijps systeem (zie sheet 13) kiezen, zo vertelden Schouten en Roskam. De belangrijkste verschillen met het 3,5 pijps-systeem zijn:

- Scheiding van de stroming door de twee warmtewisselaars. Pas na de warmtewisselaars worden de retouren samengevoegd.
- Het HTV-water levert alleen warmte voor warmtapwater (HEX1 in sheet 13). Hierbij kan in comfortstand de warmtewisselaar op temperatuur worden gehouden, wat een kortere wachttijd oplevert dan bij een 3,5 pijps-systeem mogelijk is.
- Per woning kan nu gedurende het gehele jaar worden gekozen tussen koelen en verwarmen. Het LTV- of koelwater levert warmte of koude aan het afgiftesysteem (HEX2). Er is in dit systeem wel verwarming (of koeling) mogelijk tijdens tapbedrijf.



De keuze voor de één boven de ander wordt vooral bepaald door het type gebouw en hoe de gebruikers over een gebouw verdeeld zitten. “Heb je in een gebouw ook commerciële ruimtes of verwacht je een groot verschil tussen woningen met een noord- of zuidoriëntatie, dan is een 4,5-pijps systeem waarschijnlijk een betere keuze. Het is dus essentieel”, beklemtoonde Schouten, “om hierover vooraf, in het ontwerpstadium, hele duidelijke afspraken te maken met je klant.” Bij een 4,5-pijps systeem is het namelijk wel mogelijk om een gebouw deels te verwarmen en tegelijkertijd ook te koelen. Het betekent wel dat je met een 4,5-pijps systeem 1 geïsoleerde leiding extra nodig hebt, evenals een extra energiemeter. Het gevolg is ook dat je meer ruimte nodig hebt in de schacht en/of verkeersruimte. Ook zal de retour van de HTV iets hoger zijn, waardoor het rendement, in vergelijking met een 3,5-pijps systeem, iets lager zal zijn. Daarentegen is de retourtemperatuur van het hoge temperatuur tapwatersysteem bij een 4,5-pijps systeem lager. En over het algemeen zijn er ook lagere distributieverliezen, omdat je een kleinere HTV-leiding kunt toepassen. Wel zullen monitoring en nazorg zo mogelijk nog belangrijker zijn, besloten Schouten en Roskam hun presentatie.



5. TERUGKOPPELING EN SAMENVATTING

Hans van Wolferen

In het laatste half uur van de bijeenkomst gaf Hans van Wolferen een korte terugkoppeling en samenvatting van de vier presentaties. Ook was er ruimte voor verduidelijking, discussie en vragen aan de sprekers. Volgens Van Wolferen laten de presentaties zien dat er technische innovaties en opvattingen zijn waarover iedereen het eigenlijk wel eens is. Dergelijke onderwerpen kunnen bijvoorbeeld in nieuwe updates van de relevante ISSO-publicaties worden opgenomen. Daarom was het goed dat vertegenwoordigers van ISSO ook bij de bijeenkomst aanwezig waren. “Maar er zijn ook nog wel enkele onderwerpen of opvattingen die nog niet zijn uitgediscussieerd of waar we zeker nog terechte vragen bij hebben. Deze kunnen we de komende tijd in de expertgroep onder de loep nemen.”

In zijn terugblik noemde Van Wolferen het systeem dat de heren van Coolmark voor het voetlicht brachten “een listig systeem om de warmtepomp optimaal te laten functioneren en een heel overtuigende aanpak voor de toepassingen die zij lieten zien”. Het verhaal van Johan Koekkoek van Visietech toont de configuratie van een warmtepomp die lage cv-temperaturen maakt en daarnaast een warmtepomp die met die LTV weer hoge temperatuur tapwater opwekt. “Dit is op dit moment wel het enige concept voor een 2-traps systeem voor verwarming, warmtapwater en koeling met een gelijkwaardigheidsverklaring”, aldus Van Wolferen.

5.1 Enkele discussiepunten

“Jan-Willem liet ons vooral het belang zien van het voorkomen van verliezen in onze distributiesystemen”, zei Van Wolferen. Wel benadrukte hij dat deze presentatie ook voer voor discussie oplevert. Eén zo’n discussiepunt is nachtverlaging in tapwatercirculatiesystemen; moeten we dat wel, niet of in beperkte mate adviseren en toestaan? En het andere discussiepunt is het opwekken van warmtapwater met slechts een booster, en de vraag of je dan het aangevoerde, lage temperatuur cv-water niet hoeft te desinfecteren. Van Wolferen is daar zeker nog niet over uit, ook omdat de regelgeving het gewoon niet toestaat. Hij neigt vooralsnog naar het standpunt om ook het LTV-systeem wekelijks te desinfecteren. Het gevaar zit volgens hem vooral in de warmtewisselaars waarin water met (te) lage temperatuur langdurig aanwezig kan zijn. Dit kan een bron zijn waarin legionellagroei plaatsvindt.

Tot slot kwam zijn reactie op het verhaal over de 3,5- of 4,5-pijps systemen sterk overeen met de conclusie die Coos Schouten ook al trok: 3,5-pijps is goed bruikbaar, als het gebouw daarvoor geschikt is. “In een gebouw met gewone appartementen, sociale woningbouw of studentenhuysvesting zal 3,5-pijps in plaats van 4-pijps een goed alternatief zijn. Maar ga je naar luxere woningbouw, of een gebouw waarin je woningen met commercieel vastgoed of horeca combineert, kijk dan of je de 4,5-pijps in plaats van een 6-pijpssysteem kunt installeren.”



Korenmolenlaan 4
3447 GG Woerden
Telefoon: 088 401 06 00

info@tvvl.nl | www.tvvl.nl

