

Factory Zero
iCEM 3005-e
2019-2020

Çağan Karaca [17074703] Rodney Oey [17039584]
Shivani Gadjiedas [17000386]
Begeleider: Dr. Ir. T.B. Salcedo Rahola

27 januari 2020

Samenvatting

In dit project is er een automatisch fout diagnose opgesteld voor de iCEM 3005e installatie. Deze installatie is van Factory Zero, een bedrijf die Tijdens het onderzoek is er specifiek gekeken naar de Coefficient of Performance (COP) van de warmtepomp die in de installatie zit. Door middel van data analyse in MatLab is er onderzoek gedaan naar de prestaties van de warmtepomp. De manier waarop dit berekend is, is door de energie die naar de radiator gaat plus de energie die in het tapwater gaat zitten gedeeld door het verbruik van de warmtepomp. Dit is gedaan voor het gehele jaar voor alle huizen (SCOP) en per huis apart (COP). We hebben voor het verbruik van de warmtepomp gefilterd naar de operation modi. De operation modi 1,5 en 6 zijn gebruikt om de energie te berekenen die in het tapwater gaat zitten. Operation mode 1 is voor het tapwater, 5 voor Anti-freeze en 6 voor legionella. Operation mode 2 is voor de verwarming. Op deze modi wordt gefilterd, zodat de juiste energieverbruik van de warmtepomp wordt meegenomen. De huizen 34,35,81,88,104 en 110 hebben een SCOP hebben die te laag of te hoog zijn volgens de referentiewaardes. Dit is afkomstig van bewoners die weinig thuis zijn, een fout in de apparatuur, en abnormaal veel gebruik van warm water.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Het systeem	2
2.1	Warmtepomp	3
2.1.1	Buiten-deel	4
2.1.2	Binnen-deel	5
2.2	Warmteterugwinning	6
2.3	Omvormer	6
2.4	Buffervat	6
2.5	De intelligente kast	7
3	Schema's van het systeem	8
4	Onderzoek	11
4.1	Methode	11
4.1.1	Literatuurwaardes	12
4.1.2	Afwijkingen SCOP en COP	12
4.1.3	Afwijkingen SCOP	13
4.1.4	Afwijkingen COP	13
5	(S)COP's warmtepomp	15
5.1	Opvallende (S)COP	18
5.2	Beperkingen door data	20
6	Conclusie	21
	Referenties	22
	Appendices	24

1 Inleiding

Het bedrijf *Factory Zero*, gevestigd in Tiel, is er van overtuigd dat alle Nederlandse huishoudens binnen 20 jaar in een energie neutrale woning kunnen wonen. Dit soort woningen wordt ook wel 'nul-op-de-meter' huizen genoemd. Factory Zero zegt dat ze binnen 5 jaar kunnen uitgroeien tot grootste concurrent van het fossiele energiebedrijf. Het bedrijf produceert namelijk installaties om huizen energie neutraal te kunnen maken. Factory Zero wilt verzekerd zijn van installaties die ten allen tijden optimaal presteren. Zij ontwikkelen, produceren en leveren alle componenten die nodig zijn voor een complete home-make-over (bijvoorbeeld in samenwerking met Dura Vermeer). Multidisciplinaire teams werken samen aan geïntegreerde geveltechnologie, duurzame energieproductie ter plaatse, slimme verwarmings- en koelsystemen en nieuwe productie- en assemblage technieken.

Wij verdiepen ons in de iCEM 3005-e installatie van Factory Zero [1]. Deze installatie bevat een warmtepomp, moederboard, warmteterugwinning, intelligentie kast, omvormer en een buffervat [2]. De installatie is een geïntegreerde energie-module die de woning kan voorzien van een geconditioneerd binnenklimaat (denk aan verwarming en ventilatie) en warm tapwater. Het is mogelijk om de module te leveren met extern te plaatsen zonnepanelen met een bijpassende omvormer. De zonnepanelen worden niet vanuit Factory Zero geleverd. Ook worden de prestaties van de module en het PV-systeem real time bij gehouden [2]. Deze installatie kan gebruikt worden in nieuwbouw huizen maar ook bij renovaties. De installatie is voorzien van een heleboel sensoren en actuatoren, die ervoor zorgen dat de installatie ten allen tijden gemonitord kan worden voor een optimaal resultaat.

In dit project zal er een stap gemaakt worden om een automatisch fout diagnose systeem te creëren voor een iCEM 3005-e installatie. Het ontwikkelen van een automatisch fout diagnose systeem is een belangrijk onderdeel van een installatie. Dit is vooral bij nieuwe systemen met onderdelen die elektronische componenten hebben; bij dit soort systemen is het mogelijk om veel fouten te voorkomen waardoor het 'Net Zero Energy' principe uiteindelijk wel volbracht kan worden.

In dit project zal er gekeken worden naar de COP van de warmtepomp. De warmtepomp is het belangrijkste component van de hele installatie; deze zorgt voor de verwarming en het warme kraanwater in huis.

2 Het systeem

De buiten-opstelling van het product van Factory Zero bestaat uit een aantal onderdelen die verder beschreven gaan worden, te zien op figuur 1 [3]. Op figuur 2 is de opengemaakte buiten-opstelling iCEM 3005e te zien [4].



Figuur 1: De buiten-opstelling iCEM 3005-e [3].

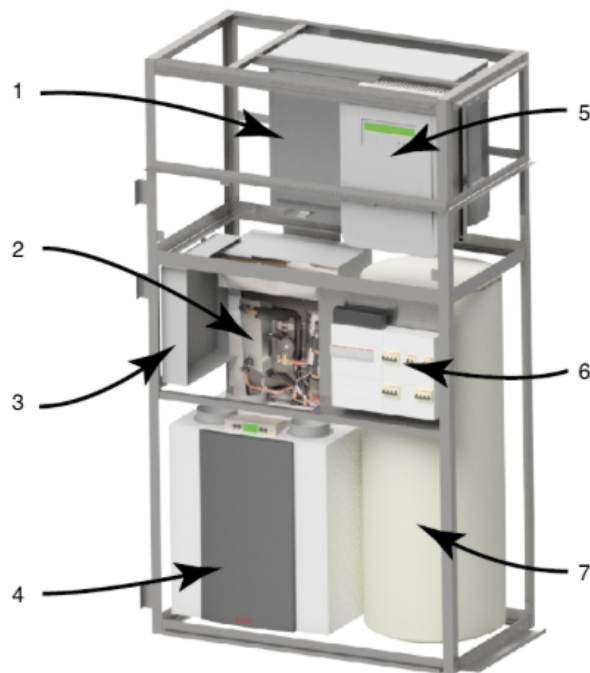


Figuur 2: De opengemaakte buitenopstelling iCEM 3005-e [4].

Het iCEM systeem bestaat uit een aantal onderdelen (zie figuur 3: warmtepomp waarvan een binnen- en buitendeel, warmtepomp, moederboard, WTW (warmteterugwinning), omvormer, intelligentie kast en buffervat.

Ieder onderdeel heeft zo zijn eigen functie binnen het systeem. De warmtepomp aan de buitenkant verwarmt het koudemiddel met behulp van de buitenlucht (1). Het binnenste gedeelte van de warmtepomp verwarmt het kraanwater en het cv-water (2). Het moederboard van de warmtepomp stuurt het binnen- en buitendeel van de

warmtepomp aan (3). Door middel van WTW is het mogelijk om schone lucht te krijgen met een minimaal energieverlies (4). Een woning kan voorzien worden van groene stroom als de omvormer gecombineerd wordt met pv panelen. Dit systeem (toestellen, sensoren en actuatoren) zal aangestuurd worden door een intelligente kast (6). Er moet ook een opslag zijn voor het warme water in dit systeem: buffervat (7).



Figuur 3: De installatie van Factory Zero met genummerde componenten.

Het is wel essentieel om zelf zonnepanelen aan te schaffen. Factory Zero zelf levert namelijk geen zonnepanelen, aangezien ze hier geen winst op kunnen maken. De opgewekte stroom van de zonnepanelen kan worden omgezet naar wisselspanning door middel van de omvormer (5). De gebruikte componenten voor delen van het systeem zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Componenten van het systeem.

Warmtepomp (buitendeel)	Mitsubishi PUHZ-SW50V
Warmtepomp (binnendeel)	Mitsubishi Ecodan Hydrobox ERSC
Warmteterugwinning	Brink Climate Systems HRV Excellent 300

2.1 Warmtepomp

In deze paragraaf worden de warmtepomp van de installatie en de specificaties van de warmtepomp besproken; denk aan het gewicht, de verwarmingscapaciteit etc.

2.1.1 Buiten-deel

Power Inverter PUAZ-SW50V

De specificaties van de Power Inverter PUAZ-SW50V (zie figuur 4 [5]) zijn gegeven in tabel 2.

Tabel 2: De specificaties van de Power Inverter PUAZ-SW50V.

Verwarmingscapaciteit	5	[kW]
SCOP	4,1	[-]
Max. voorlooptemperaturen	60	[°C]
Voedingsspanning	230/1/50	[V/fase/Hz]

SCOP staat voor Seasonal Coefficient of Performance. De SCOP wordt bepaald door middel van het gemiddelde COP over een jaar, maar dan seizoensgebonden. De COP is de output aan energie delen door de input aan energie.

De buiten units blijven optimaal werken bij zwaar en langdurig gebruik bij temperaturen tot -20 °C. Hij maakt gebruik van de Power Inverter techniek wat er voor zorgt dat het vermogen aangepast kan worden. De warmtepomp is namelijk voorzien van een Heat Exchanger Circuit en/of een Power receiver. Dit zorgt er voor dat er een verbeterde energie-efficiency is tijdens het koelen en verwarmen en zo kan de installatie optimaal ingesteld worden.

Hiermee kan het toestel voorlooptemperaturen (aanvoertemperaturen) leveren van 60 °C bij een temperatuur van 0 tot -3 °C zonder dat hiervoor een naverwarming nodig is. Zonder deze optie zou er wel naverwarming nodig zijn aangezien de gewenste temperatuur niet bereikt zou kunnen worden.



Figuur 4: De buiten unit van de warmtepomp [5].

2.1.2 Binnen-deel

Mitsubishi Electric Hydrobox EHSD-VM2C

De specificaties van de Mitsubishi Electric Hydrobox EHSD-VM2C (zie figuur 5 en figuur 6) zijn gegeven in tabel 3.

Tabel 3: De specificaties van de Mitsubishi Electric Hydrobox EHSD-VM2C.

Verwarmingselement	2	[kW]
Gewicht	54	[kg]
Max. voorlooptemperaturen	60	[°C]
Voedingsspanning	230/1/50	[V/fase/Hz]

Dit is de Hydrobox. De Hydrobox bestaat uit twee onderdelen, zie figuur 5 [6] en figuur 6 [7]. Deze verdeelt de warmte op een zo efficiënt mogelijke manier. Hij is uitgerust met een uiterst energiezuinige circulatiepomp. Dit maakt het de perfecte aanvulling op de warmtepomp.



Figuur 5: Het eerste gedeelte van het binnendeel [6].



Figuur 6: Het tweede gedeelte van het binnendeel [7].

2.2 Warmteterugwinning

In deze paragraaf worden de warmteterugwinning van de installatie en de specificaties van de warmteterugwinning besproken; denk aan de ventilatiecapaciteit.

De Brink Climate Systems HRV Excellent 300 heeft een ventilatiecapaciteit van 300 m³/h, zie figuur 7 [8]. Dit is een balansventilatietoestel met warmteterugwinning. De aanvoer van schone, verse lucht en afvoer van vervuilde lucht is in balans. Deze is laag in geluidsniveau en heeft een laag hulp-energieverbruik.



Figuur 7: De balansventilatietoestel [8].

2.3 Omvormer

In deze paragraaf worden de omvormer van de installatie en de specificaties van de omvormer besproken; denk aan het ingangsvermogen.

De omvormer zorgt ervoor dat gelijkspanning naar wisselspanning wordt omgezet. Dit kan dan vervolgens gebruikt worden in het huis en ook door de installatie.

In de omvormer zitten Maximum Power Point Tracker ingangen waardoor je met software het punt op een zonnepaneel kan. De specificaties van de omvormer zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4: De specificaties van de omvormer.

DC ingangsvermogen	5950	[W]
--------------------	------	-----

2.4 Buffervat

In deze paragraaf worden de specificaties het buffervat van de installatie besproken; denk aan het volume.

Het buffervat heeft een volume van 200 liter. Het heeft de functie om warm water instantaan te kunnen leveren voor warm tapwater. Het buffervat krijgt water aangevoerd van het waternet. Nadat dit buffervat gevuld wordt met water van het

waternet wordt het opgewarmd door een leiding gevuld met warm water van de warmtepomp die loopt door het buffervat.

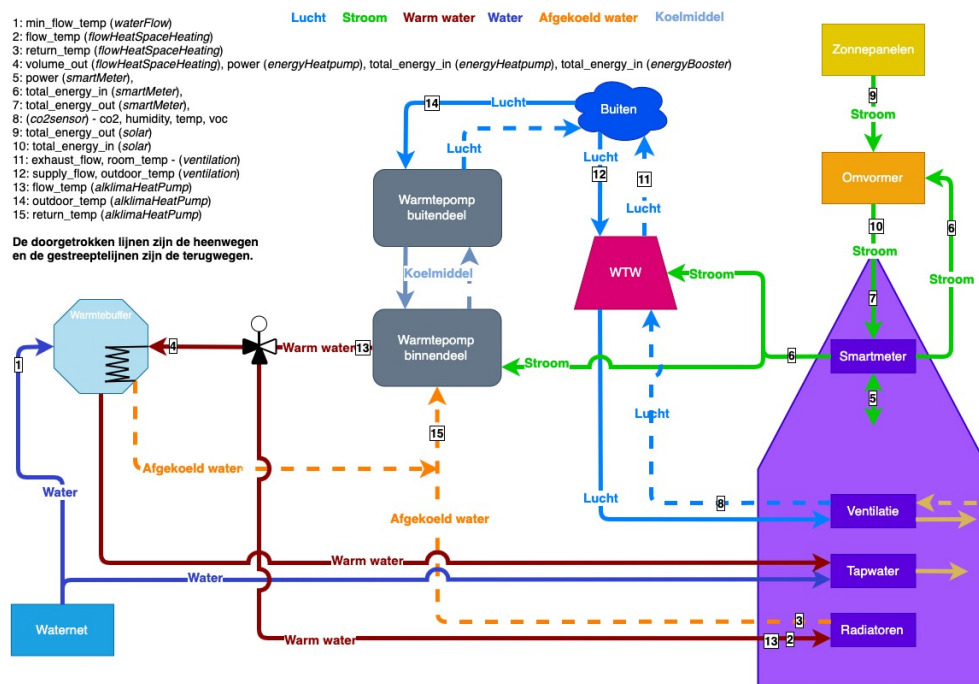
2.5 De intelligentie kast

De intelligentie kast functioneert als een aansturing van alle toestellen, actuatoren en sensoren binnen de iCEM.

3 Schema's van het systeem

Op figuur 17 in appendix zijn de officiële symbolen te zien voor in een prinsipeschema volgens ISSO 72. [9].

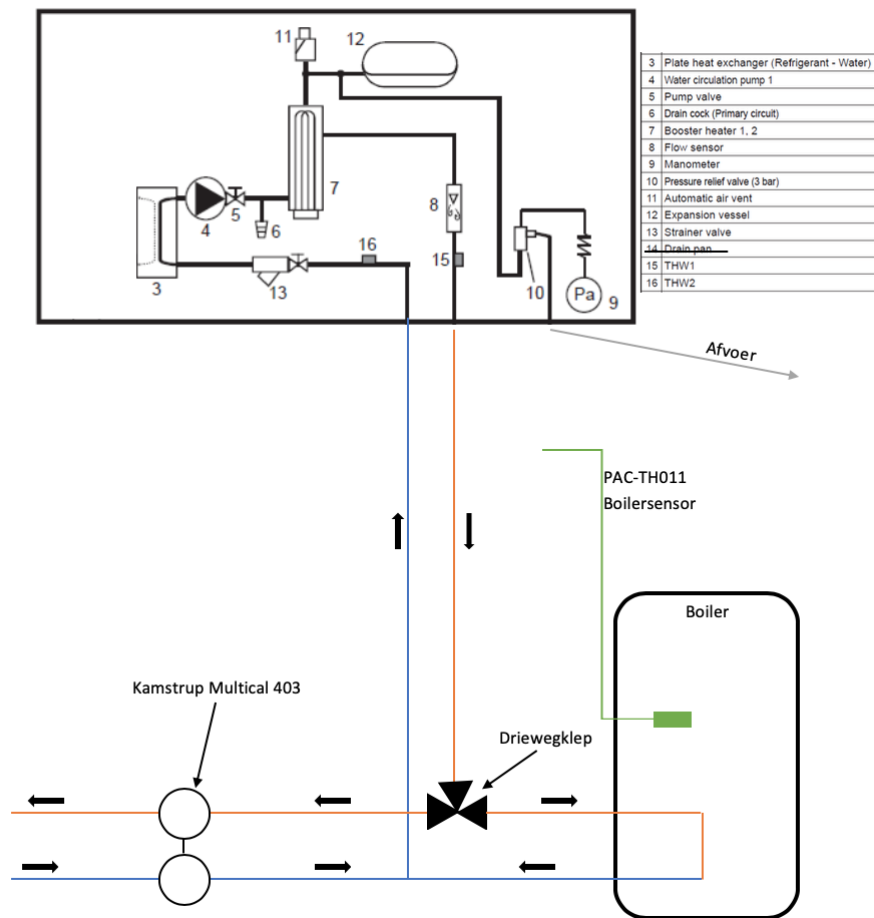
Voor deze installatie is een schema gemaakt, zie figuur 8 en hierbij is ook aangegeven wat alle lijnen en punten zijn. Verder staan er ook een aantal sensoren in weergegeven met een nummer. In appendix A staan welke grootheden met deze sensoren worden gemeten/vastgesteld.



Figuur 8: De installatie van Factory Zero in een schematische vorm.

Ook zijn er drie prinsipeschema's die het proces van het tapwater, ook in combinatie met de hydrobox en het proces bij de warmtepomp beschrijven.

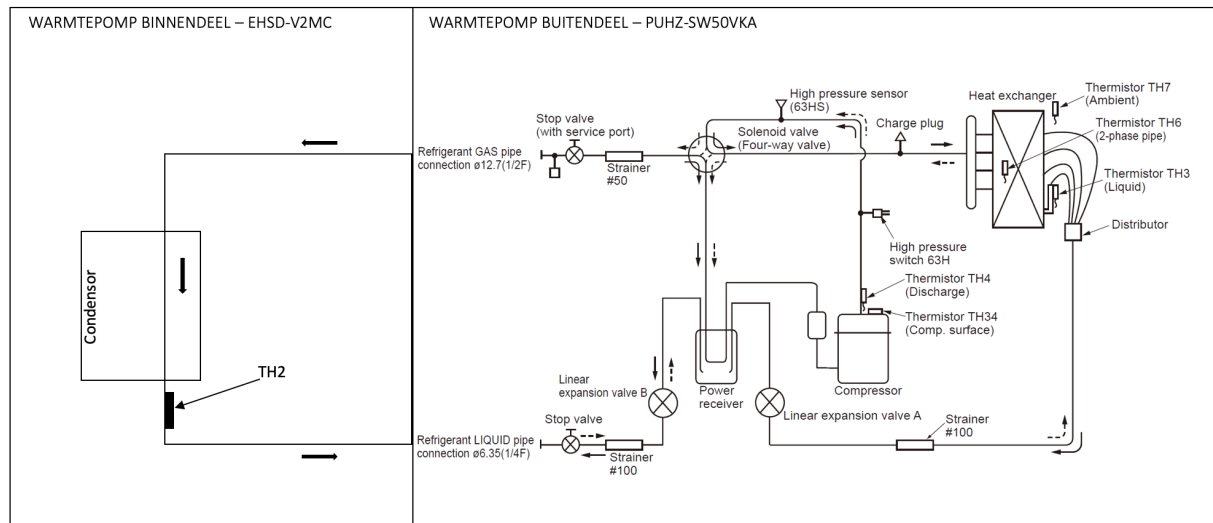
De condensor op figuur 10 is component 3 op figuur 9. Ofterwel, het bovenste gedeelte van figuur 10 behoort tot het binnendeel van de warmtepomp. Hieruit is te halen dat de hydrobox op figuur 9 behoort tot het binnendeel van de warmtepomp op figuur 10.



Figuur 9: Het prinscipeschema van het proces binnen in de hydrobox.

Tabel 5: De functie van de componenten van het prinscipeschema uit figuur 9.

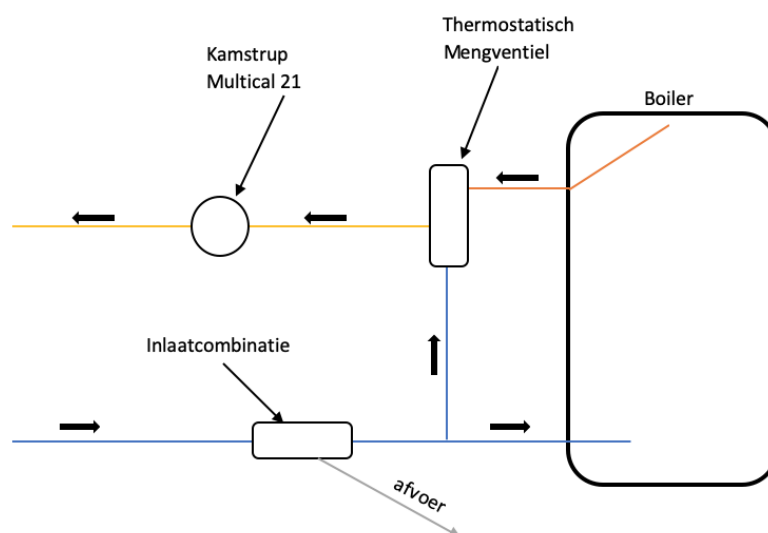
Componenten	Functie(s)
Kamstrup Multical 403	Deze warmtemeter functioneert als water- en elektriciteitsverbruik meter.
Driewegklep	Verspreidt het water in twee wegen.
Boiler	Water kan worden opgewarmd, opgeslagen en warm gehouden.
PAC-TH011 Boilersensor	De sensor meet de temperatuur in de boiler.
Plate heat exchanger (refrigerant - water) [3]	De warmte wordt uitgewisseld tussen vloeistoffen door metalen platen.
Water circulation pump 1 [4]	Water wordt gecirculeerd via het leidingstelsel door de radiatoren.
Pump valve [5]	Ventiel voor circulatie water door radiatoren.
Drain cock (primary circuit) [6]	Waterdoorlaatbaarheid wordt beheerst.
Booster heater 1,2 [7]	Voor de legionella.
Flow sensor [8]	Waterstroming in het systeem wordt gemeten.
Manometer [9]	Druk in het systeem wordt gemeten.
Pressure relief valve (3 bar) [10]	Druk in het systeem wordt gelimiteerd.
Automatic air vent [11]	Haalt de luchtballen uit het water van de leidingstelsel.
Expansion vessel [12]	Vangt drukverschillen op vanuit het systeem.
Strainer valve [13]	Haalt de ongewenste deeltjes uit het leidingstelsel.
THW1 [15]	Meet de temperatuur van het aanvoer water.
THW2 [16]	Meet de temperatuur van het retour water



Figuur 10: Het prinscipeschema van het proces van de warmtepomp (binnen- en buitendeel).

Tabel 6: De functie van de componenten van het prinscipeschema uit figuur 10.

Componenten	Functie(s)
TH2	Meet de temperatuur van het koelmiddel .
Refrigerant LIQUID pipe connection	Verbindt het binnendeel met het buitendeel van de warmtepomp.
Refrigerant LIQUID pipe connection	Verbindt het binnendeel met het buitendeel van de warmtepomp.
Stop valve	Stopt de koelmiddelstroom in het leidingstelsel.
Strainer #100 of #50	Haalt de ongewenste deeltjes uit het leidingstelsel.
Linear expansion valve A/B	Een expansieventiel die brengt een drukverschil aan.
Power receiver	Het buitendeel wordt voorzien van stroom door het binnendeel.
Compressor	Comprimeert het koelmiddel tot de gewenste druk om arbeid te kunnen verrichten.
Distributor	Verdeelt het koelmiddel van de input.
Thermistor (TH3/TH4/TH6/TH7/TH34)	Een thermische weerstand die afhankelijk is van de temperatuur.
Heat exchanger	Warmtewisselaar tussen de buitenlucht en het koelmiddel.
High pressure switch 63H	Beschermt de compressor van een te hoge/lage druk.
High pressure sensor 63HS	De sensor om de druk te bepalen voor de high pressure switch 63H.
Solenoid valve (four way)	Deze elektromagnetische solenoïde klep is een doorgang voor 4 leidingen.



Figuur 11: Het prinscipeschema van het proces van het tapwater.

Tabel 7: De functie van de componenten van het principeschema uit figuur 11.

Componenten	Functie(s)
Boiler	Water kan worden opgewarmd, opgeslagen en warm gehouden.
Thermostatisch mengventiel	Regelt proportioneel koud en warm water.
Kamstrup Multical 21	Meet de flow in de leidingen.

4 Onderzoek

4.1 Methode

Er zijn 120 huizen gevestigd in Zoetermeer die functioneren door de desbetreffende installatie van Factory Zero. Deze installatie zorgt ervoor dat deze huizen ook wel 'nul op de meter - huizen' genoemd kunnen worden. Bij deze huizen is het namelijk zo dat de door het huis opgewekte energie evenveel is als de door het huis gebruikte energie, oftewel nul op de meter. Zo een installatie bevat veel sensoren en meters, waardoor er dus data verzameld kan worden. Denk aan temperatuursensoren of sensoren die kunnen bekijken of een apparaat wel of niet aan staat. Op figuur is te zien tussen welke componenten deze sensoren zich bevinden. Deze data hebben wij ontvangen van alle sensoren van heel de installatie.

In de vorige paragraaf hebben we uitgelegd wat de werking is van de installatie en hoe alles dus precies in elkaar zit. Vervolgens zullen wij door middel van data te analyseren, bepalen wat de belangrijke variabelen zijn binnen de verkregen data. Een voorbeeld van belangrijke waardes zijn de energie die geleverd wordt door de installatie en de energie die het huis gebruikt. Op appendix B is er een overzicht van de parameters uit de data sets. Ook staat er een uitleg per parameter gegeven bij appendix B.

Deze belangrijke variabelen zijn berekend en natuurlijk ook gemeten door sensoren. Met deze belangrijke variabelen zal verder onderzoek gedaan worden. Vervolgens zullen er uit dit onderzoek systematische fouten naar voren komen.

Wij zullen voor het eerste gedeelte van het onderzoek gaan kijken naar de (Seasonal) Coefficient of Performance ((S)COP) van de warmtepompen. Deze kan berekend worden met formule 1:

$$(S)COP = \frac{\text{Nuttige energie}}{\text{Verbruikte energie}} \quad (1)$$

De COP geeft een indicatie hoe efficiënt een systeem werkt over een korte tijd, denk aan een uur of dag. Bij SCOP kijkt men over een periode van een jaar. Voor dit onderzoek is het een belangrijke indicator. Als de COP veel te hoog of te laag ligt kan dit betekenen dat er een probleem zit in de warmtepomp of dat de bewoner niet duurzaam gebruik maakt van verwarming en water. Er zal dus eerst gekeken worden naar de SCOP. Hierna kan er ingezoomd worden op huizen die een SCOP hebben die opvalt. Van deze huizen kan dan de COP berekend worden. Hier zullen ook de aparte operatie modi van de warmtepomp apart bekeken worden en de (S)COP er van berekend.

In de data zijn vier operatie modi te herkennen. Deze zijn hieronder in een tabel weergegeven:

Tabel 8: De verschillende modi van de warmtepomp en uitleg per modus.

Warmtepomp modus	Uitleg
0	Standby (geen werking);
1	Tapwater;
2	Radiatoren;
3	Leeg;
4	Leeg;
5	Anti-freeze (booster);
6	Legionella.

4.1.1 Literatuurwaardes

De literatuurwaardes van een COP van een lucht-water warmtepomp ligt rond de 4 volgens Wikipedia [10]. Volgens Icax is de COP minimaal gelijk aan 3 in de winter [11]. Volgens de Mitsubishi Electric is de COP bij het verwarmen (A7/W35) gelijk aan 4.42 [12]. Hier staat de 'A' voor aanvoertemperatuur en de W voor afgiftetemperatuur. (Voorbeeld: de bron (buitenlucht) is 7 °C en de afgiftetemperatuur (voor het verwarmingssysteem) is 35 °C, dan is je COP 4,5. Het verschil in temperatuur is op dat moment 28 °C, wanneer dit verschil kleiner wordt, wordt de COP dus hoger en de warmtepomp nog efficiënter [13].) De SCOP volgens Mitsubishi Electric is verschillend per installatie (3,8 of 1,8), zie tabel 9 [14].

Tabel 9: De warmtepomp specificaties: SCOP volgens Mitsubishi Electric.

Thermisch Vermogen	5 kW + 2 kW;
Coëfficiënt of Performance (COP) warmte	4,42 (A7/W35);
SCOP warmte	3,8 > situationeel;
SCOP water (55 °C)	1,8 > situationeel.

4.1.2 Afwijkingen SCOP en COP

De oorzaken van een afwijkende COP of SCOP zijn soms overlappend. Er zijn een aantal oorzaken voor de afwijkingen van een SCOP en COP [15] [16]:

- De omgevingstemperatuur: Het verschil tussen de omgevingstemperatuur en de gewenste binnentemperatuur is van belang. Hoe groter het verschil tussen de omgevingstemperatuur en de gewenste binnentemperatuur, des te harder de warmtepomp moet werken om dezelfde binnentemperatuur te bereiken. Hierdoor zal de COP dalen;
- Systeem modus: De configuratie: kan de warmtepomp alleen verwarmen of ook koelen? En wordt de thermische energie ook benut voor het warme tap water?

Het genereren van warm tap water vraagt om een hoge aanvoertemperatuur, dus als de warmtepomp op boilerbedrijf staat, zal de COP lager uitvallen dan in de vloerverwarmingsmodus;

- Het toegepaste afgifte-systeem: Traditionele hoge temperatuur radiatoren hebben een hogere aanvoertemperatuur nodig dan een lage temperatuur vloerverwarming systeem;
- De grootte van de warmtepomp: hoe beter de warmtepomp aansluit op de situatie, hoe hoger de COP/SCOP. Een overgedimensioneerde warmte-pomp is inefficiënt en leidt mogelijk tot een hoge energierekening.

4.1.3 Afwijkingen SCOP

Het is natuurlijk ook belangrijk om te weten waarom een SCOP afwijkingen kan hebben. De cursieve afwijkingen zijn voor de SCOP en de COP hetzelfde. Er zijn een aantal oorzaken voor de afwijkingen van een SCOP[15] [16]:

- Ontwikkeling warmtepomp;
- Het seizoen.

4.1.4 Afwijkingen COP

Ook is het belangrijk om te weten waarom een COP afwijkingen kan hebben. De cursieve afwijkingen zijn voor de SCOP en de COP hetzelfde. Er zijn een aantal oorzaken voor de afwijkingen van een COP[15] [16]:

- De gewenste aanvoertemperatuur: Het bewonersgedrag; de een houdt een kamertemperatuur aan van 20°C, een ander stookt liever hoger;
- Ontwikkeling warmtepomp;
- Het verschil tussen bron- en cv-temperatuur: hoe kleiner het verschil, hoe hoger de COP. Het is dus van belang om bij een warmtepomp de juiste afstemming van bron en cv-afgiftesysteem te maken;
- Het type bron. Deze invloed is een variant op de hierboven genoemde invloed. Als de bron namelijk hoger in temperatuur is, bijvoorbeeld als je een bron in de grond vergelijkt met de buitenlucht als bron (in de winter), zal dit positief zijn voor de COP;
- Het type cv-systeem: als de warmtepomp op vloerverwarming of laagtemperatuur convectoren wordt aangesloten, zorgt een lagere cv temperatuur voor een hogere COP. Bij radiatoren is vaak een hogere cv aanvoer temperatuur nodig, waardoor de COP lager is;
- Als je warm water maakt met een warmtepomp is de benodigde tempera-

tuur hoger en is het moeilijker om een hoge COP te krijgen. Er zijn echter speciale warmtepompen voor alleen warmtapwater ontwikkeld, bijvoorbeeld warmtepompboilers, die met betrekking tot buitenlucht of ventilatielucht nog een fraaie COP halen van 3,8;

- De invloed van het juiste onderhoud en bediening, niet te vergeten. Het is van belang om regelmatig onderhoud of inspectie te laten uitvoeren. Vervuilde filters bijvoorbeeld kunnen een COP negatief beïnvloeden. Als gebruiker van een warmtepomp kun je deze, bijvoorbeeld bij een ventilatielucht/water warmtepomp ook zelf in de gaten houden en op tijd wisselen;
- Wanneer er in het huishouden in verhouding meer warm tapwater wordt gebruikt dan gemiddeld, kan dit de COP negatief beïnvloeden. Warm water moet naar een hogere temperatuur verwarmd worden dan aanvoerwater voor verwarming. Daardoor ligt de COP voor warm tapwater lager dan voor verwarming;
- De grootte van de warmtepomp: hoe beter de warmtepomp aansluit op de situatie, hoe hoger de COP/SCOP. Een overgedimensioneerde warmtepomp is inefficiënt en leidt mogelijk tot een hoge energierekening.

5 (S)COP's warmtepomp

Om de data te onderzoeken moet eerst gekeken worden naar de kwaliteit van de data. Dit kan gedaan worden door naar het aantal NaNs en outliers te kijken. Deze zijn berekend met matlabcodes en variëren per huis. Er zijn vier variabelen die gebruikt worden en wat dus onderzocht moet worden voor NaNs en outliers. De methode waarmee de nans zijn onderzocht is met de matlab functie 'isnan'. Geen enkel huis bevat NaNs, wat betekent dat er geen lege cellen zijn. Wat betreft de outliers, deze zijn onderzocht per aparte variabele. Voor de temperaturen hebben we gekozen om temperaturen boven 65 °C en onder 5 °C als outlier te zien. Dit zijn de beste grenswaardes kijkend naar het systeem. De outliers voor de energie die verbruikt wordt voor de warmtepomp is gekeken naar de limieten in de data. In de data zitten periodieke stappen waardoor te zien is wat de maximum energie is die door de warmtepomp wordt verbruikt. Hierdoor is gekozen voor een waarde groter dan 0,4 kWh. Naar de energie die geleverd wordt naar de radiatoren is ook gekeken. Hier zijn ook specifieke energieniveaus die te zien zijn in grafieken in bijlage 7. De waarde die als outlier is gekozen, is getallen groter dan 3000000 J. De tabel met de outliers en de grafieken om te laten zien waarom onze definitie van een outlier zo is gekozen staan in bijlage 7.

Nadat de data onderzocht is kan de SCOP over het jaar berekend worden van de warmtepomp. Deze wordt berekend met de nuttige energie in het tapwater en de nuttige energie van de radiator. De energie voor de radiator wordt gemeten en is dus meteen beschikbaar in de data. Voor het tapwater wordt dat niet gemeten. Wel zijn de 'flow' en 'return' temperaturen bekend. Deze temperaturen worden gemeten met sensoren 15 en 16 in figuur 9. De energie die in het tapwater gaat zitten kan dan berekend worden met:

$$Q = \dot{m} \cdot t \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (2)$$

Waarin:

Q	: Warmte	[J]
\dot{m}	: Massa flow	[kg/s]
t	: Tijd	[s]
C_p	: Soortelijke warmte	[J/kg·K]
ΔT	: Temperatuur verandering	[K]

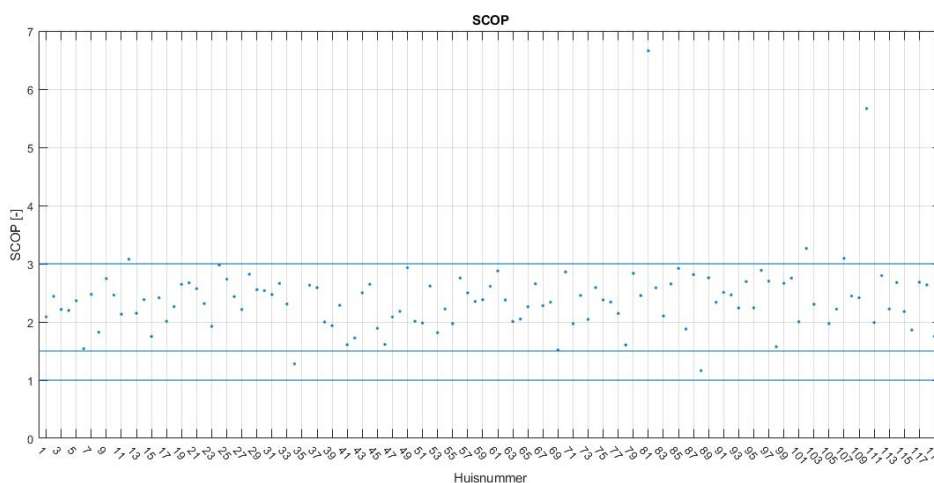
Factory Zero berekent de energie voor het tapwater anders dan hier boven uitgelegd wordt. Zij gebruiken niet de 'flow' en 'return' temperaturen uit de data. Deze data zou alleen toepasbaar zijn voor de radiatoren. In plaats daarvan is de nodige energie om het tapwater te verwarmen als volgt: het is de energie die nodig is om de gevraagde hoeveelheid water uit 'waterFlow.volume_out' te verwarmen van de gemiddelde grond temperatuur, die gemeten wordt door het KNMI, tot de temperatuur van het buffervat gemeten door de 'alklimaHeatpump.temp' sensor.

Dit wordt gedaan omdat volgens Factory Zero de driewegklep omgezet wordt voor warm tapwater productie. Echter in figuur 9 is te zien dat sensor 15 en 16 op dezelfde leidingen zitten voor verwarming van het tapwater als voor de radiatoren.

De driewegklep wisselt tussen de radiatoren en het buffervat in de verschillende operatie modi. Dit betekent dat de 'flow' en 'return' temp wel gebruikt kunnen worden als de data gepakt wordt bij de juiste operatie modus.

Verder is de manier van Factory Zero niet representatief. Er wordt vanuit gegaan dat de warmtepomp het water verwarmt van grond temperatuur naar de temperatuur van het buffervat. Dit is niet het geval. De warmtepomp verwarmt het buffervat alleen op bepaalde momenten. Dit zijn op momenten wanneer het buffervat 10 graden lager is dan de ingestelde temperatuur voor het buffervat. De ingestelde temperatuur is 55°C , de warmtepomp zal dus alleen verwarmen als het buffervat onder de 45°C komt.

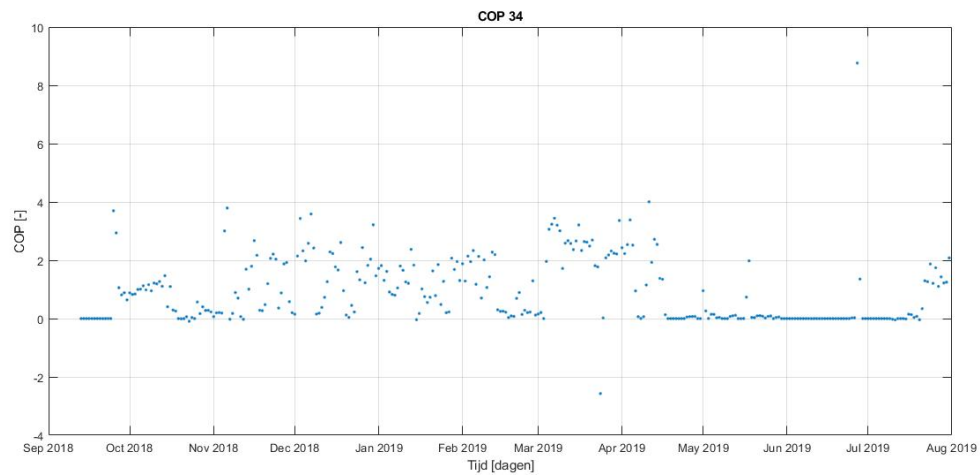
In de figuur hieronder is de SCOP van alle huizen te zien.



Figuur 12: SCOP in een periode van een jaar

Er zijn vier punten die opvallen in deze grafiek. Huis 34, 35, 81, 88, 104, en 110 zitten met de SCOP buiten de literatuur waarden. 35 en 104 zijn zelfs zo hoog dat ze niet te zien zijn op de grafiek. De SCOP van deze twee huizen zijn respectievelijk 44,2 en 31,1.

Met de SCOP bekend kunnen de huizen er uit gepakt worden die niet naar verwachting werken. Van die huizen kan er naar de COP per dag gekeken worden wanneer het precies fout gaat. Ook zou de SCOP van één onderdeel van de warmtepomp bekeken kunnen worden zoals warm tapwater en verwarming. Hier onder is van huis 34 de COP te zien per dag.



Figuur 13: COP van huis 34 per dag

In figuur 13 is de COP per dag te zien van huis 34. Wat opvalt is dat er vaak een COP van 0 is. Dit betekent dat er niets tot nauwelijks energie gaat zitten in tapwater of verwarming. Wel zal de warmtepomp altijd energie verbruiken. Een figuur als deze verwacht je niet bij een COP grafiek van een warmtepomp. Een huishouden verbruikt bijna elke dag wel warm tapwater. In tabel 10 is de mogelijke oorzaak hier van uitgelegd.

Net als de SCOP kan ook de COP van apart warm tapwater of verwarming berekend worden om een duidelijker beeld te krijgen waar het probleem zit.

5.1 Opvallende (S)COP

In figuur 12 is te zien dat huis 34 een lage SCOP heeft in vergelijking met de rest van de huizen. Van dit huis is ook de COP geplot in figuur 13. Met deze figuren kan er bepaald worden of de warmtepomp niet goed functioneert en wanneer dat dan precies is. In tabel 10 is de uitleg te zien waarom de SCOP zo laag of hoog zijn van de verschillende huizen.

Tabel 10: Oorzaak bij de huizen met een opvallende SCOP

Huisnummer	Oorzaak
34	<ul style="list-style-type: none"> Bij dit huis is in figuur 13 te zien dat er vaak een COP van 0 is. Dit zou betekenen dat er geen nuttige energie geproduceerd wordt. Toch verbruikt de waterpomp altijd energie. Waarschijnlijk waren deze bewoners weinig thuis en hebben ze toch de warmtepomp aan laten staan. Nu wordt er alleen maar energie verbruikt zonder dat er wat nuttigs mee gedaan wordt.
35	<ul style="list-style-type: none"> De sensor die de energieverbruik meet van de warmtepomp heeft een reset. Dit betekent dat het cumulatief weer terug gaat naar 0 midden in het jaar. Dit zorgt er voor dat er veel energie niet meegerekend wordt in de uiteindelijke berekening. De noemer in formule 1 wordt dus vele malen kleiner dan werkelijk is.
81	<ul style="list-style-type: none"> Bij de data van huis 81 is te zien dat er abnormaal veel gebruik gemaakt wordt van warm tapwater. Dit zorgt voor een erg hoge SCOP die niet binnen de grenswaardes valt.
88	<ul style="list-style-type: none"> Huis 88 heeft een lagere SCOP dan de rest van de huizen. Dit komt omdat de energie die naar de radiatoren moet gaan erg laag blijft. Hetzelfde geldt voor de energie in het tapwater. Dit komt doordat het gezin niet vaak thuis is. De data en de grafieken laten zien dat er significant minder punten zijn. Dit kan geen fout zijn van het systeem, dus wijst erop dat het gezin weinig thuis is. Doordat er wel energie naar de warmtepomp gaat en bijna geen energie gaat naar de verwarming of tapwater wordt de waarde in de noemer groter en krijg je een kleinere SCOP.
104	<ul style="list-style-type: none"> De sensor die de nuttige energie meet voor de verwarming slaat een halfjaar aan meetpunten over. Na dit halfjaar is er een data punt die aanzienlijk hoger ligt. Weer een maand na dit meetpunt is er weer een stuk hogere waarde. Na dit meetpunt meet de sensor normaal en zie je in de data een aanzienlijk kleiner verschil in de energie verandering. Het lijkt er op alsof de sensor stopte met meten maar op de achtergrond toch iets meet aangezien de sensor wel met een hogere waarde weer online komt.
110	<ul style="list-style-type: none"> In de data van huis 110 is vooral te zien dat er overmatig gebruik is van verwarming. Er gaat dusdanig veel energie naar de radiator doet dat er zelfs in de zomer een tijdje gebruikt gemaakt wordt hiervan. Dit zorgt voor een verhoging van de SCOP dusdanig dat het buiten de grenswaardes valt.

5.2 Beperkingen door data

Eerder is verteld dat er ook gekeken kan worden naar de (S)COP van warm tapwater of verwarming alleen. Deze grafieken zijn tussen de andere grafieken gezet omdat deze niet geplot konden worden. Dit komt omdat de data het niet toe laat deze berekeningen te doen. De rekenkracht die benodigd is om deze grafieken te plotten zijn niet in ons bezit. Het runnen van de codes duren dusdanig lang dat het niet mogelijk was.

6 Conclusie

Met de data is de warmtepomp in kaart gebracht. Deze code kan op meerdere huizen toegepast worden om er zo uit te kunnen halen welke warmtepompen niet naar behoren werken. Er zijn meerdere aspecten die er voor kunnen zorgen dat een warmtepomp niet naar behoren werkt. Op basis van deze aspecten is er een "tree" gemaakt die deze aspecten stap voor stap langs gaat om zo het probleem te achterhalen. In deze "tree" worden zowel eigenschappen van de warmtepomp zelf meegenomen maar ook hoe de gebruiker er mee om gaat.

Er is in de code specifiek gelet op de Coefficient of Performance (COP) van de warmtepomp die in de installatie zit. Door middel van data analyse in MatLab is er onderzoek gedaan naar de prestaties van de warmtepomp. Dit gaat door de energie die naar de radiator gaat plus de energie in het tapwater te delen door het verbruik van de warmtepomp. Dit is gedaan voor het gehele jaar voor alle huizen (SCOP) en per huis apart (COP). Er is specifiek gefilterd op modi 1,2,5 en 6. Operation mode 1 is voor het tapwater, Operation mode 2 is voor de verwarming, 5 voor Anti-freeze en 6 voor legionella. Op deze modi wordt gefilterd, zodat de juiste energieverbruik van de warmtepomp wordt meegenomen. De huizen 34,35,81,88,104 en 110 hebben een SCOP hebben die te laag of te hoog zijn volgens de referentiewaardes. Dit is afkomstig van bewoners die weinig thuis zijn, een fout in de apparatuur, en abnormaal veel gebruik van warm water.

Referenties

- [1] F. Zero, “Factory zero),” Available at <https://factoryzero.nl> (11/10/2019).
- [2] —, “icem (buitenopstelling),” Available at <https://factoryzero.nl/icem-buitenoplossing/> (11/10/2019).
- [3] Installatieprofs.nl, “Factory zero levert eerste honderd nom-energiemodules aan dura vermeer),” Available at <https://www.installatieprofs.nl/nieuws/duurzame-energie/zonne-en-alternatieve-energie/factory-zero-levert-eerste-honderd-nom-energiemodules-aan-dura-vermeer> (11/10/2019).
- [4] Enervalis, “Factory zero visit),” Available at <https://www.enervalis.com/2017/09/20/factory-zero-visit/> (11/10/2019).
- [5] SWAT, “Mitsubishi electric power inverter wall mounted heat pump pka-rp71kal/puhz-zrp71vha 7.1 kw),” Available at <https://www.swatengineering.co.uk/shop/en/mitsubishi-electric-power-inverter-heat-pump-pkazrp71kalpuhzzrp71vha-7-1-kw> (11/10/2019).
- [6] ClimaMarket, “Mitsubishi electric hydrobox ersc-vm2c,” Available at <https://www.climamarket.eu/nl/mitsubishi-electric-gidroboksom-ersc-vm2c> (11/10/2019).
- [7] BREEZE24.com, “Puhz-shw80yaa zubadan außengerät,” Available at <https://www.breeze24.com/waermepumpen/aussengeraete/puhz-shw80yaa-zubadan-aussengeraet> (11/10/2019).
- [8] ENERGIENULSHOP.NL, “Wtw brink renovent excellent 300 plus,” Available at <https://www.energienulshop.nl/nl/brink-wtw-renovent-excellent-units/62-wtw-brink-renovent-excellent-300-plus-.html> (11/10/2019).
- [9] Enervalis, “Isso 72: Ontwerpen van individuele en kleine elektrische warmtepompsystemen voor woningen,” Available at KENNISBANK.ISSO.NL (1/11/2019).
- [10] Wikipedia, “Air source heat pumps,” Available at https://en.wikipedia.org/wiki/Air_source_heat_pumps (10/10/2019).
- [11] ICAX, “Ashp,” Available at http://www.icax.co.uk/Air_Source_Heat_Pumps.html (10/10/2019).
- [12] Aklima, “Phr50v,” Available at <https://www.alklima.nl/producten/ecodan/ecodan-comfort-set-koelen-en-verwarmen/phr50v/> (10/10/2019).
- [13] GreenHome, “Scop of cop warmtepomp, wat betekent dit?” Available at <https://kennis.greenhome.nl/warmtepomp/scop-cop-warmtepomp/> (21/01/2020).
- [14] Mitsubishi, “Ecodan lucht/water warmtepompen,” Available at https://www.ecodan.be/files/mitsubishi_ecodan_brochure_nl.pdf (10/10/2019).
- [15] Klimaatexpert.com, “Cop, scop en rendement van een warmtepomp,”

Available at <https://www.klimaatexpert.com/warmtepomp/technisch/cop-scop-en-rendement> (02/11/2019).

- [16] NIBE, “Rendement van een warmtepomp in cop of scop?” Available at <https://aardgasvrij.nibenl.eu/energie-besparen/rendement-van-een-warmtepomp-in-cop-of-scop> (2/11/2019).

Appendices

A Sensoren en de daarbij gemeten grootheden

Tabel 11: De sensoren zijn gelinkt aan de door zichzelf gemeten parameter.

Sensornummer	Grootheden
1	min_flow_temp (waterFlow);
2	flow_temp volume_out (flowHeatSpaceHeating);
3	return_temp (flowHeatSpaceHeating);
4	volume_out(flowHeatSpaceHeating, power (energyHeatpump);
4 (vervolg)	total_energy_in (energyHeatpump), total_energy_in (energyBooster);
5	power (smartMeter);
6	total_energy_in (smartMeter);
7	total_energy_out (smartMeter);
8	co2, humidity, temp, voc - (co2sensor);
9	total_energy_out (solar);
10	total_energy_in (solar);
11	exhaust_flow, room_temp - (ventilation);
12	supply_flow, outdoor_temp - (ventilation);
13	flow_temp (alklimaHeatPump);
14	outdoor_temp (alklimaHeatPump);
15	return_temp (alklimaHeatPump).g

B Parameters uit de data en de daar bijhorende beschrijving

waterFlow	Beschrijving
ambient_temp	Mogelijk temperatuur in de installatiebox
min_flow_temp	watertemperatuur vanaf wateraansluiting nutsbedrijf
volume_out	Uitgaande volume tapwater
ambient_temp	LEEG
min_flow_temp	LEEG
flowHeatSpaceHeating	Beschrijving
flow_temp	Temperatuur van de waterflow in het gesloten systeem naar de radiatoren
return_temp	Temperatuur na de radiatoren
total_energyGJ	Totale energie geleverd om te verwarmen
volume_out	Volume van het water na warmtepomp binnen de gesloten verwarming circuit
energyHeatpump	Beschrijving
power	Gebruikt elektrisch vermogen van warmtepomp
total_energy_in	Gecumuleerd energieverbruik van de warmtepomp Electrisch
smartMeter	Beschrijving
energy_in_low	Energie gebruikt vanaf het net tegen nachttarief
energy_in_norm	Energie gebruikt vanaf het net tegen dagtarief
energy_out_low	Energie geleverd aan het net tegen nachttarief
energy_out_norm	Energie geleverd aan het net tegen dagtarief
power	Beschikbaar vermogen van het net
total_energy_in	Gecumuleerde hoeveelheid energie die van het net is gehaald
total_energy_out	Gecumuleerde hoeveelheid energie die aan het net is geleverd

Figuur 14: De parameters uit de data met de daar bijhorende beschrijving (eerste deel).

















thermostat	Beschrijving
dpAmbientTemperature	Instelling op het display in de woonkamer
dpDoor	Instelling op het display in de woonkamer
dpFilterDirty	Instelling op het display in de woonkamer
dpFlowRate	Instelling op het display in de woonkamer
flowRate	Instelling op het display in de woonkamer
heartbeat	Instelling op het display in de woonkamer
heatPumpRoomSetPoint	Instelling op het display in de woonkamer
heatPumpRoomSetPointHome	Instelling op het display in de woonkamer
heatPumpRoomSetPointNight	Instelling op het display in de woonkamer
heatPumpRoomSetPointVacation	Instelling op het display in de woonkamer
dpAmbientTemperature	Instelling op het display in de woonkamer
dpDoor	Instelling op het display in de woonkamer
dpFilterDirty	Instelling op het display in de woonkamer
dpFlowRate	Instelling op het display in de woonkamer
flowRate1-5	Instelling op het display in de woonkamer
heartbeat	Instelling op het display in de woonkamer
heatPumpRoomSetPoint	Instelling op het display in de woonkamer
heatPumpRoomSetPointHome	Instelling op het display in de woonkamer
heatPumpRoomSetPointNight	Instelling op het display in de woonkamer
heatPumpRoomSetPointVacation	Instelling op het display in de woonkamer
co2sensor	Beschrijving
co2	Zo veel koolstofdioxide part per miljoen in de uitlaatlucht
humidity	Luchtvochtigheid in huis (terugweg WTW)
temp	Temperatuur van de lucht (waar?)
voc	Zoveel schadelijke deeltjes per miljoen in huis (terugweg WTW)
energyImmersion	Beschrijving
power	Vermogen van de Immersion heater in het boilervat t.b.v.thermische energieopslag
total_energy_in	?
total_energy_out	?
solar	Beschrijving
power	Geleverd vermogen van de panelen
total_energy_in	Energie gebruikt door de omvormer
total_energy_out	Energie geleverd door de zonnepanelen
energyBooster	Beschrijving
power	Vermogen van booster als reservecapaciteit
total_energy_in	Energieverbruik van de booster

Figuur 15: De parameters uit de data met de daar bijhorende beschrijving (tweede deel).

ventilation	Beschrijving
error_code	Foutcodes (user manual Brink Climate Systems Excellent 300)
exhaust_flow	Debiet uitlaat (het huis uit) in kubieke meter per seconden
filter	Vuifilter indicatie
outdoor_temp	De buitentemperatuur (acurater dan die van de warmtepomp)
room_temp	De temperatuur van de gemengde lucht die uit de woning komt
supply_flow	Debiet in kubieke meter per seconden die het huis in gaat
alklimaHeatPump	Beschrijving
booster_status	Status of die aan of uit staat
dhw_prohibit	Warmwater verwarmen aan/uit
error_code	Foutcode (user manual Mitsubishi Ecodan 5kW)
firmware_version	Versie software
flow_temp	Temperatuur van de geleverde flow aan de woning of buffervat
force_dhw	Aan uit schakelaar voor remote sturing (0 of 1)
heating_prohibit	Verwamingsmodus aan / uit voor remote sturing (0 of 1)
holiday	Vakantiemodus instelling remote (0 of 1)
op_mode	Operationele modus - (hot-water/heating/ -> opzoeken in handleiding)
outdoor_temp	Temperatuur van de buitenlucht
return_temp	Temperatuur van het water wat terug komt van de radiatoren of buffervat
room_target_temp	Ingestelde temperatuur van de woonkamer
room_temp	Temperatuur van de woonkamer
system_status	Warmtepomp Aan of Uit
target_temp	Threshold voor watertemperatuur buffervat
temp	Watertemperatuur van het buffervat
firmware_version	LEEG
energyWTWReg	Beschrijving
power	Het vermogen dat gebruikt wordt
total_energy_in	Totale energie dat nodig is geweest

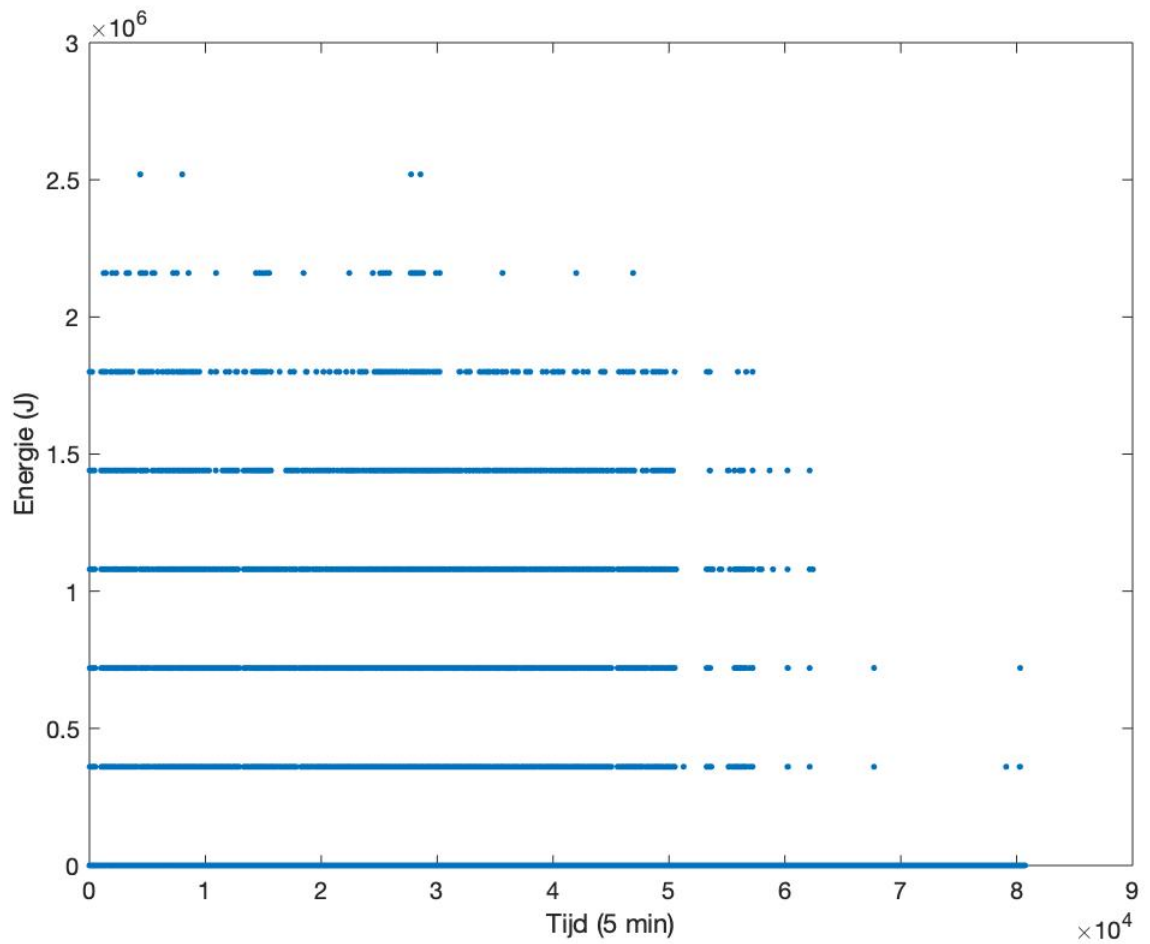
Figuur 16: De parameters uit de data met de daar bijhorende beschrijving (derde deel).

C Symbolen voor het principeschema

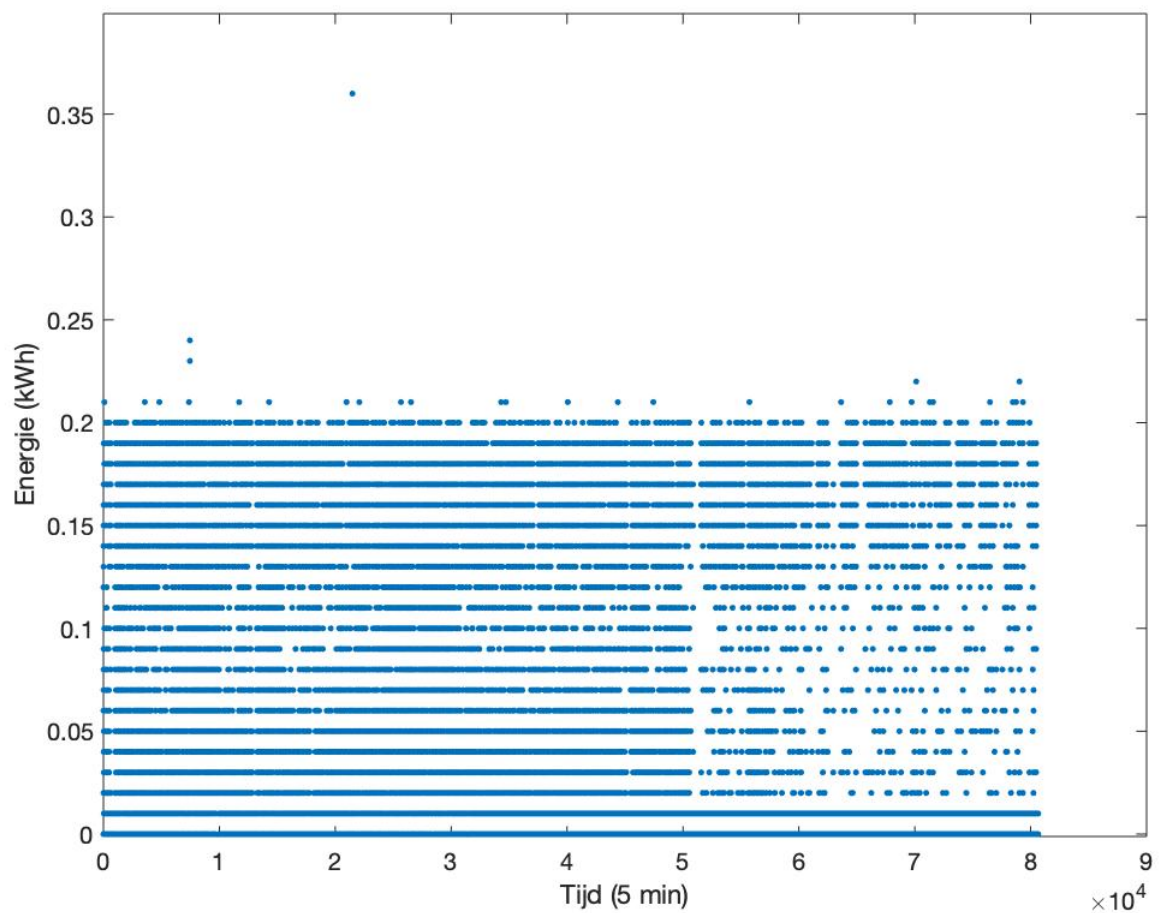
symbool	benaming
	Warmtegebruiker (warmtewisselaar) of groep warmtegebruikers (meerdere warmtewisselaars)
	2-wegregelafsluiter met servomotor of motorafsluiter (open/dicht)
	3-wegregelafsluiter met servomotor
	3-wegwisselklep met servomotor
	Circulatiepomp
	Toerengeregelde pomp
	Inregelafsluiter met meetnippels voor het meten van het drukverschil
	Regelaar
	Buffer of boiler
	Warmtepomp/koelmachine waarbij de + de warmteafgiftezijde (condensor) is en de - de zijde waaraan warmte wordt onttrokken (verdampers)
	Additioneel verwarmingstoestel (bijstook) gas of elektrisch
	Warmtewisselaar waarbij de stroom die afkoelt door de - zijde stroomt en de stroom die opwarmt door de + zijde stroomt
	In een buffer of boiler geplaatst elektrisch verwarmingstoestel
	Ventilator
	In een buffer of boiler geplaatste warmtewisselaar
	Buffer of boiler omgeven door een met vloeistof doorstroomde mantel.

Figuur 17: De symbolen voor het principeschema.

7 Datagrafieken en de outliers van de data van de verschillende variabelen



Figuur 18: De 'energielevels' voor de energie die naar de radiatoren gaat



Figuur 19: De 'energielevels' voor de energie die naar de warmtepomp gaat

	Radiator	Warmtepomp	return_temp > 65	return_temp < 5	flow_temp > 65	flow_temp < 5
1						
2	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1	9
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	0	1
6	0	0	0	8	0	8
7	0	0	2	0	3	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	81
10	0	0	1	0	0	0
11	0	0	1	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	1	0
19	0	0	0	11	0	11
20	0	0	0	0	1	0
21	0	0	0	0	0	11
22	0	0	1	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	1	0	0	0
25	0	0	0	0	1	0
26	0	0	1	2	3	2
27	0	0	0	0	3	0
28	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	3	0	18
30	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	1	49
32	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
34	0	0	2	0	4	0
35	0	0	0	0	1	0
36	1776	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	2	43	19
39	0	0	2	0	0	0
40	0	0	45	0	122	0
41	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0
43	1	0	14	0	99	0
44	0	0	3	0	3	0

Figuur 20: De outliers van de data van de verschillende variabelen van huis 1 t/m 44

45	0	0	1	0	0	0
46	0	0	50	0	186	0
47	0	0	0	0	0	0
48	0	0	24	1	43	0
49	0	0	47	0	106	0
50	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	1
52	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	1	0	1
54	0	0	0	42	0	43
55	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	1	0
58	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	29	0	87
60	0	0	0	0	2	0
61	0	0	1	0	1	0
62	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0
64	0	0	1	0	0	0
65	44	0	0	0	1	0
66	0	0	0	0	1	0
67	0	0	0	1	0	1
68	1741	0	0	0	0	0
69	2376	0	0	0	0	0
70	396	0	0	0	0	0
71	472	0	0	0	1	0
72	1899	0	0	0	0	0
73	1637	0	1	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0
75	0	0	2	0	1	1
76	0	0	61	0	126	15
77	0	0	0	0	0	0
78	0	0	50	0	126	35
79	0	0	0	13	1	13
80	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	0
83	0	0	3	0	1	1
84	0	0	1	0	0	0
85	0	0	1	0	0	0
86	0	0	0	0	0	0
87	0	0	13	0	18	0

Figuur 21: De outliers van de data van de verschillende variabelen van huis 45 t/m 87

88	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	1	0
92	0	0	0	0	0	2	0
93	0	0	0	0	0	0	48
94	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	6	2	6
96	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	2	0
98	1648	0	2	0	0	2	0
99	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	1	0	0	0	0
102	0	0	0	1118	23	1125	0
103	0	0	0	0	1	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0
105	1189	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	2	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0
108	0	0	2	1	7	1	0
109	1469	0	0	0	0	0	0
110	0	0	37	0	134	0	0
111	0	0	0	0	81	0	0
112	0	0	167	0	181	0	0
113	0	0	15	0	93	0	0
114	0	0	82	29	148	25	0
115	0	0	5	0	100	0	0
116	0	0	25	0	51	0	0
117	0	0	3	0	82	0	0
118	0	0	0	0	0	0	0
119	0	0	11	0	105	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0
121	0	0	0	0	0	0	0

Figuur 22: De outliers van de data van de verschillende variabelen van huis 88 t/m 120