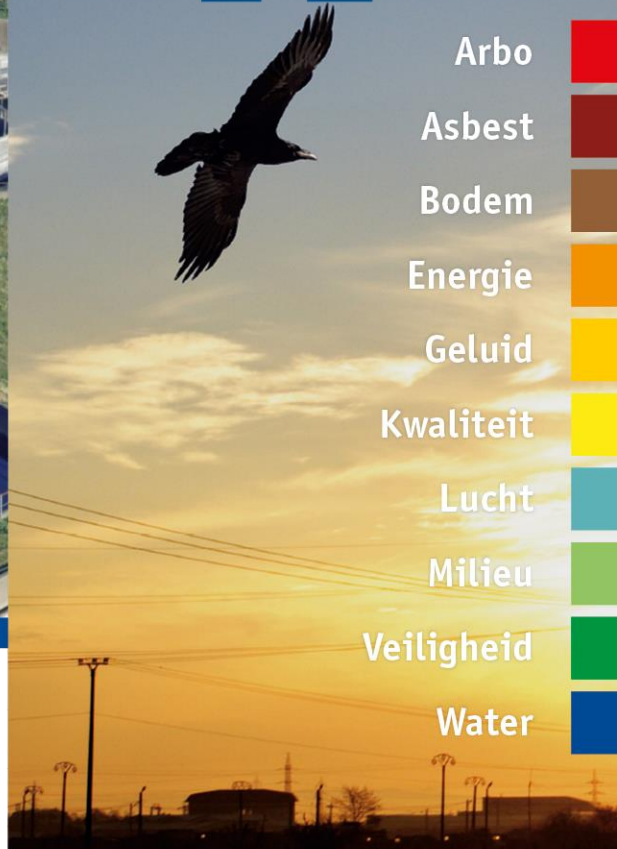


[www.kwa.nl](http://www.kwa.nl)



## Pilot MoBaMoBes KWA

**KWA**  
bedrijfs **A** adviseurs



- Arbo
- Asbest
- Bodem
- Energie
- Geluid
- Kwaliteit
- Lucht
- Milieu
- Veiligheid
- Water

- Compliance
- Duurzaamheid
- Realisatie
- Procestechiek
- Interim-ondersteuning



Rapportnummer 3802130DR01  
Datum 25 juni 2019

Relatienummer

**ADVISEUR**

Ir. Wouter Zijlstra

**AUTEUR(S)**

Wouter Zijlstra (KWA),  
Matthijs Lemans (Deltares)

BEWERKT WZ/km/av  
GECONTROLEERD 19-06-2019  
INITIALEN WKI  
PARAAF



KWA Bedrijfsadviseurs B.V.  
Regentesselaan 2  
Postbus 1526  
3800 BM Amersfoort

t 033 422 13 10/70  
f 033 422 13 99  
e energie@kwa.nl  
Rabobank Amersfoort  
NL86RABO0372977669  
KvK Gooi en Eemland 32069286

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	4
<b>2</b>	<b>Inventarisatiefase</b> .....	4
<b>3</b>	<b>Delta-pilot versus standaardmodel</b> .....	4
<b>4</b>	<b>Uitwerken pilot</b> .....	7
4.1	Detail van uitwerking .....	7
4.2	FEWS-configuratie.....	9
4.3	Ervaringen .....	9
4.4	Leerpunten/aanbevelingen.....	10
<b>5</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen</b> .....	12

### BIJLAGEN

<b>1</b>	<b>FEWS-uitwerking Pilot Tetragebouw</b>
----------	--

# 1 Inleiding

Eén van de technieken die een deel van de CO<sub>2</sub>-uitstootreductie in de gebouwde omgeving kan realiseren is bodemenergie. De mate waarin de CO<sub>2</sub>-uitstootreductie wordt gerealiseerd, wordt bepaald door de geïnstalleerde capaciteit alsmede de prestatie van het bodemenergiesystemen (BES). Een goede monitoring van het BES zorgt voor inzicht voor de beheerder. Het doel van het project MoBaMo-BES is de ontwikkeling van een monitoringstool voor bodemenergiesystemen, waarmee een beheerder het bodemenergiesysteem optimaal kan laten functioneren. Deze monitoringstool geeft de mogelijkheid om real-time informatie over het systeem te toetsen met de te verwachten prestaties.

Om de monitoringstool te testen wordt door de betrokken partijen, op basis van de opgezette monitoringstool, een pilotproject uitgevoerd. Dit verslag richt zich op het pilotproject van KWA. Binnen dit project is een monitoringssysteem voor het bodemenergiesysteem van het Tetra-gebouw van Deltares opgezet.

Het pilotmodel is opgezet op basis van een standaardmodel dat door Deltares is ontwikkeld in FEWS. Als basis voor de ontwikkelde monitoringstool is het basisconcept 3.3 uit de ISSO-publicatie 39, versie 2014 gebruikt. Op een aantal punten is hier echter van afgeweken.

De ervaringen van dit pilotproject zijn in dit document vastgelegd. Hierin worden de volgende onderdelen behandeld:

- inventarisatiefase
- Delta-pilot versus standaardmodel
- documentatie pilot Tetra-gebouw
- uitwerking pilot
- conclusie

## 2 Inventarisatiefase

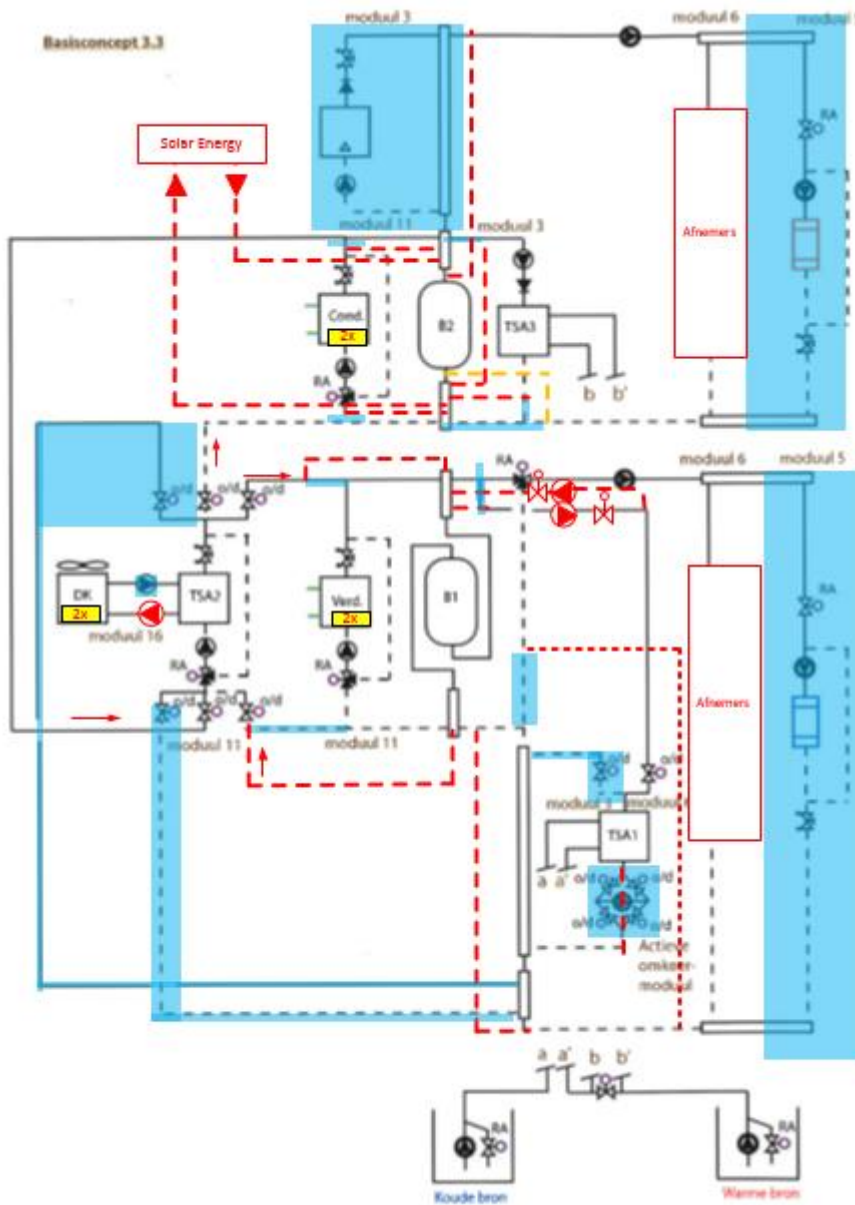
Voor het opzetten van het pilotmodel is informatie opgevraagd bij Deltares over het BES. Bij het beantwoorden van vragen over het opgestuurde processchema, bleek dat er een verschil zat tussen het opgestuurde processchema en de ontwerpdocumentatie, versus het processchema dat via het Gebouw Beheers Systeem (GBS) wordt getoond.

Een up-to-date pakket van processchema en hoe het geheel van componenten die het BES vormen wordt aangestuurd (functionele en/of regeltechnische omschrijving) was niet aanwezig.

## 3 Delta-pilot versus standaardmodel

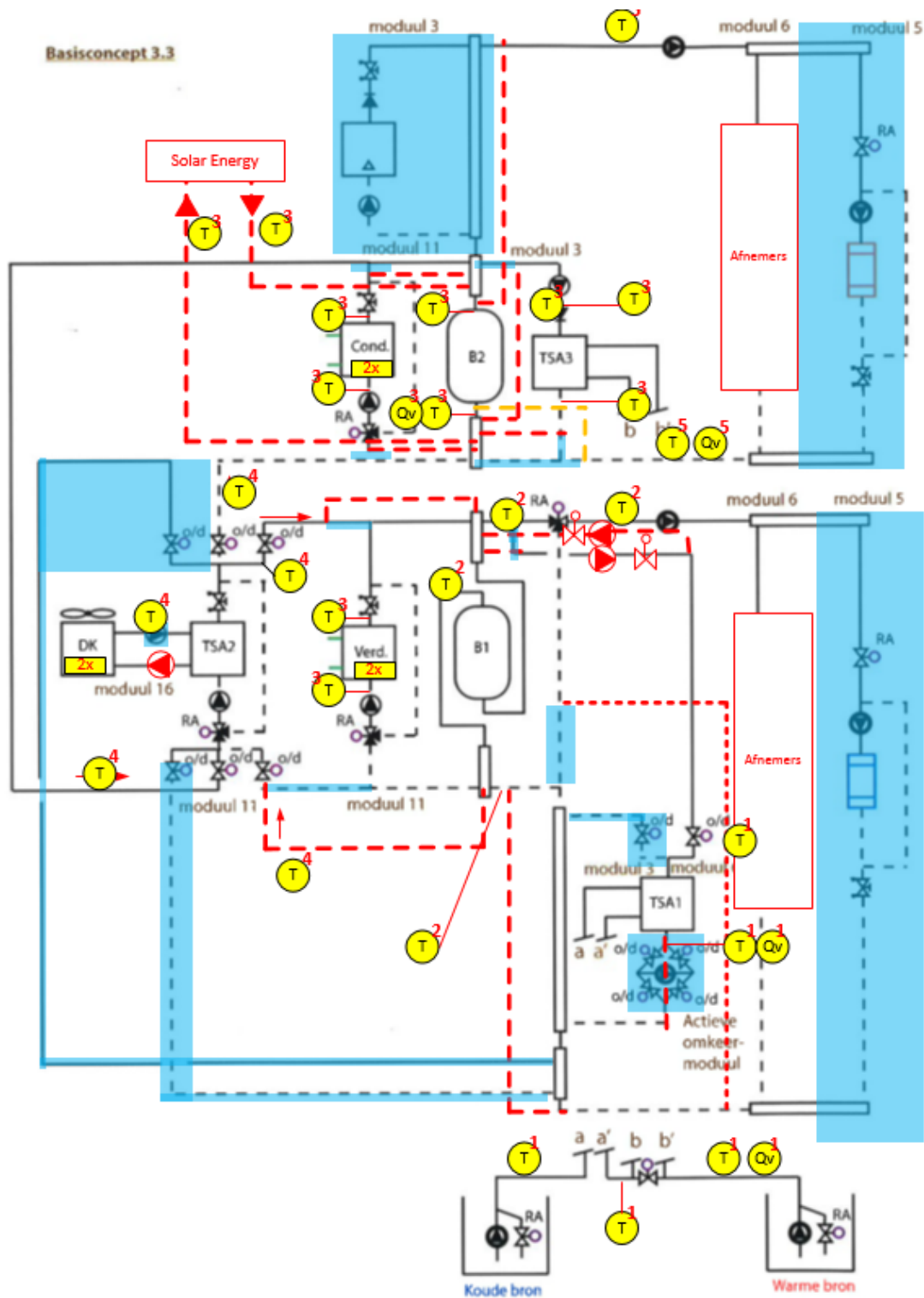
Bij het opzetten van het pilotmodel is begonnen met het bepalen van het verschil tussen het BES voor het Tetra-gebouw en het eerdergenoemde basisconcept 3.3 uit de ISSO-publicatie 39, versie 2014.

De resultaten van deze delta-analyse is weergegeven in de hiernavolgende figuren.



Afb. 16.12 Energiecentrale met warmtepomp en maximale functionaliteit (basisconcept 3.3)

Figuur 1: schema met de verschillen tussen pilot en modelsysteem (blauw = niet aanwezig, rood = nieuw toegevoegd)

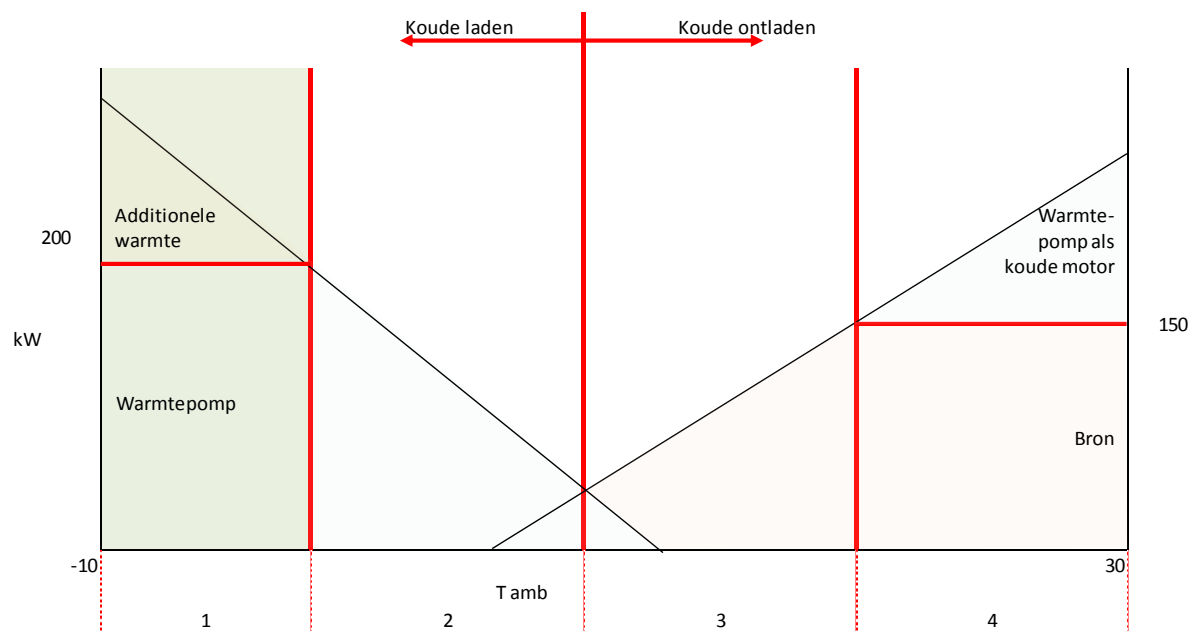


Afb. 16.12 Energiecentrale met warmtepomp en maximale functionaliteit (basisconcept 3.3)

Figuur 2: schema waarin de meetinstrumenten van het pilotsysteem staan weergegeven

Voor het aansturen van het proces kan gebruik worden gemaakt van een schema zoals dit hieronder is weergegeven. Dit schema laat op de horizontale as de buitentemperatuur zien. Bij een hoge warmtevraag (bij lagere buitentemperaturen) (hier aangegeven als gebied 1) is zowel de warmtepomp als additionele warmte nodig. Naarmate de warmtevraag daalt (in de regel bij oplopende buitentemperaturen en/of nachtelijke uren) is alleen de warmtepomp nodig (gebied 2). Bij het verder stijgen van de temperatuur is er in plaats van een warmtevraag (koude laden), een koudevraag (koude ontladen). De warmtepomp levert dan onvoldoende restkoude om in de koudevraag te voorzien. Ook hier zijn twee bedrijfstoestanden gedefinieerd. Een deel waarbij de koudevraag kan worden ingevuld met de bron (gebied 3), en het gebied waarbij additioneel de warmtepomp als koelmachine nodig is (gebied 4). Voor ieder werkgebied kan de mate waarin gebruik wordt gemaakt van de onderdelen van het BES worden vastgelegd.

In hoofdlijnen is dit uitgewerkt voor het prototype BES. Voor het 'kloppend' maken van het pilotsysteem, is een goede definitie van deze procesregeling noodzakelijk. Dit was echter voor pilot BES Tetra-gebouw niet bekend.



Figuur 3: schematische weergave van de verschillende gebieden voor de BES-aansturing (verschillende bedrijfstoestanden)

## 4 Uitwerken pilot

In dit hoofdstuk staan de ervaringen met betrekking tot de uitwerking van het pilotsysteem weergegeven.

### 4.1 Detail van uitwerking

Op basis van de schermen in het GBS is een processchema (in FEWS-principeschema genoemd) opgesteld. Dit processchema is te vergelijken met een proces flow diagram (PFD) van het gehele BES. Op basis van dit processchema zijn de aanwezige apparatuur en instrumentatie voorzien van tagnummers.

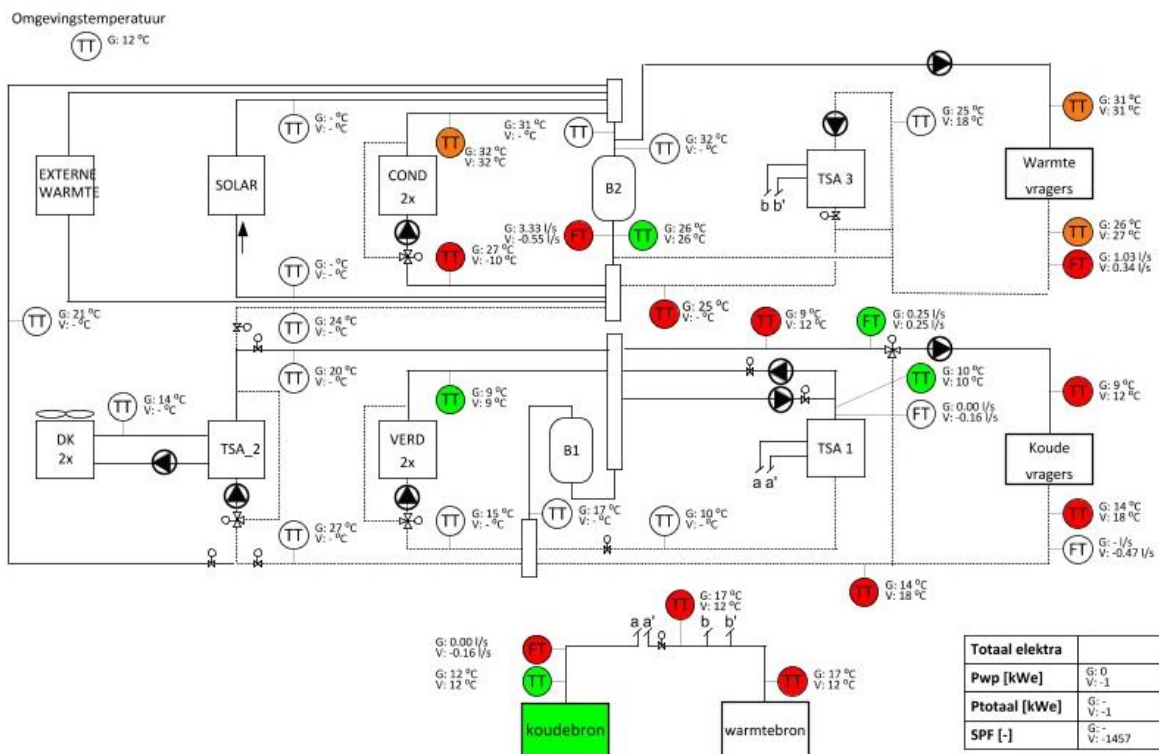
De FEWS-applicatie is vervolgens ingericht op basis van deze tagnummers. Op basis van deze data heeft de beheerder van het GBS de benodigde actuele en historische data op een ftp-server gezet, zodat de pilot hiermee kan worden gevoed.

Een belangrijk onderdeel van de werking van het BES wordt bepaald door de stooklijnen. Deze waren niet bekend voor het Tetra-gebouw. Er is daarom gewerkt met een aangenomen stooklijn op basis van beschikbare historische metingen.

Doordat het gebruik van de subsystemen (bijv. gebruik droogkoeler, extra warmte/koude opslaan enz.) op basis van de actuele situatie niet bekend was, zijn vele van de verwachte waarden van de debieten niet te bepalen, en daarmee ook vele seizoensgebonden performance factoren (SPF's) niet. Op dit punt is de verdere validatie van de berekeningen gestopt. Op het moment dat gestopt is met de verdere uitwerking van het model, was het model in staat om meerdere temperaturen te voorspellen, waarbij vele voorspelde temperaturen soms ver buiten een opgegeven acceptabele range liggen (temperatuurafwijkingen van meer dan 4 K zijn geen uitzondering). Een voorbeeld is de gemeten versus verwachte temperatuur bij de warmtebron (gemeten 17°C, verwacht 12°C). De getoonde verwachte waarde komt overeen met de verwachte waarde voor de temperatuur bij de koudebron. Dit is niet realistisch en moet het gevolg zijn van een onjuiste berekening van deze waarde. Daarnaast zijn sommige voorspellingen niet te doen, door het ontbreken van data (niet aanwezig bij de data input) en procesaansturing. Het is daardoor niet mogelijk de energie-/ debietbalans sluitend te maken. Goede validatie van het systeem is daarmee niet mogelijk.

## Principe Schema Tetra Gebouw

Status 07-10-2018 14:00



Figuur 4: weergave van het FEWS-principeschema, met daarin de gemeten (G) en verwachte (V) data. Als de gemeten en verwachte data te veel van elkaar afwijken (criteria zijn in te stellen), is dit in rood aangegeven



## 4.2 FEWS-configuratie

Het KWA-pilotproject is opgezet voor het Tetra-gebouw van Deltares. Binnen het MoBaMo-BES project is door Deltares een prototype model gebouwd binnen een FEWS-omgeving. Dit prototype is de basis geweest voor het pilotproject.

Voor het pilotproject is begonnen met het bepalen van de verschillen tussen het prototype en het BES van het Tetra-gebouw.

Op basis van deze analyse is de FEWS-omgeving geconfigureerd voor het Tetra-gebouw. Deze configuratie staat beschreven in bijlage 1.

Op hoofdlijnen zijn de volgende aanpassingen gedaan in de configuratie:

- Het processchema (binnen FEWS-principeschema genoemd)  
Omdat het BES van het prototype afwijkt van het BES van het Tetra gebouw is het FEWS-principeschema opnieuw opgezet.
- Naamgeving van de locaties  
Vanwege de verschillen in de opbouw van het FEWS-principeschema, is de naamgeving aangepast, om zo de relatie tussen naamgeving en locatie te waarborgen.
- Aantal sensoren  
Er zijn voor de Tetra-pilot 25 temperatuursensoren en 5 flowsensoren beschikbaar uit de metingen. Volgens het prototype zouden er 27 versus 13 moeten zijn om alle berekeningen te kunnen uitvoeren. Met name de reductie in flowsensoren heeft tot gevolg dat sommige berekeningen niet kunnen worden uitgevoerd.
- Importeren van sensordata van een FTP-server.
- Importeren van KNMI-data voor het bepalen van de buitentemperatuur.

## 4.3 Ervaringen

Achtereenvolgens worden de volgende onderdelen behandeld: monitoringsdata, configuratie en leerpunten.

### Monitoringsdata

- Beschikbaarheid van de data is lastig (je bent afhankelijk van IT-ondersteuning, en de data moet worden vrijgegeven).
- Overdracht (mail/ftp) van de realtime data is moeilijk te regelen (je bent afhankelijk van IT-ondersteuning en de data moet worden vrijgegeven).

### Configuratie

- De plaats van sensoren en beschikbaarheid van de procesdata is uniek voor iedere situatie. Hierdoor is er veel extra configuratiewerk.
- Goede naamgeving van de sensoren en herleiden naar de werkelijke datapunten (tagnummers) is tijdrovend.
- De tijd om de monitoringstool te configureren neemt fors toe als de hoeveelheid beschikbare data van de locaties toeneemt.
- Onbekendheid van het systeem (bij de personen die de monitoringstool opzetten, maar ook bij de beheerders), dit is bepalend voor de lengte van het ontwikkeltraject.

#### 4.4 Leerpunten/aanbevelingen

Op basis van deze ervaringen zijn de volgende leerpunten gedefinieerd:

##### 1. Databeschikbaarheid

De beschikbaarheid van procesdata is geen vanzelfsprekendheid. Voor het pilotproject van KWA heeft het beschikbaar krijgen van de data, onder andere door het niet beschikbaar willen stellen van data door de BES-beheerder van het TETRA-gebouw aan derden, moeilijk te realiseren. Naast het beschikbaar stellen van data, moeten soms ook aanvullende zaken worden geregeld, zoals de aanwezigheid van een ftp-server. Om de continuïteit van het monitoringssysteem te waarborgen, is het noodzakelijk dat de beschikbaarheid van zo'n server wordt gegarandeerd.

##### 2. Ontbrekende data

Een belangrijk onderdeel van het BES is de warmte-/vermogensbalans rond de warmtepomp. Het huidige systeem kent wel een temperatuurmeting, zowel warmte- als koudezijdig, van de intrede- en uitredetemperatuur naar en van de warmtepomp. Gegevens over de debieten ontbreken. Voor nieuwe systemen is het wenselijk dat deze gegevens (debiet naar verdamper en condensor) wel worden gemeten.

##### 3. Datajuistheid

Een goede validatie van zowel het verkrijgen van gegevens over de systeemconfiguratie, alsmede het ontvangen van de juiste data uit het GBS is belangrijk. Binnen het pilotproject van KWA is er gestart met een verouderd processchema. Daarna bleek het opvragen van de juiste data uit het GBS lastig te zijn. Voor het effectief verzamelen van data uit het GBS, alsmede het vaststellen hoe het BES eruit ziet, is het aan te raden dat zowel de 'vrager' (de persoon die het model ontwikkelde), als de 'gever' (de GBS-beheerder) samen zitten, om zo misverstanden te voorkomen.

##### 4. Configureren

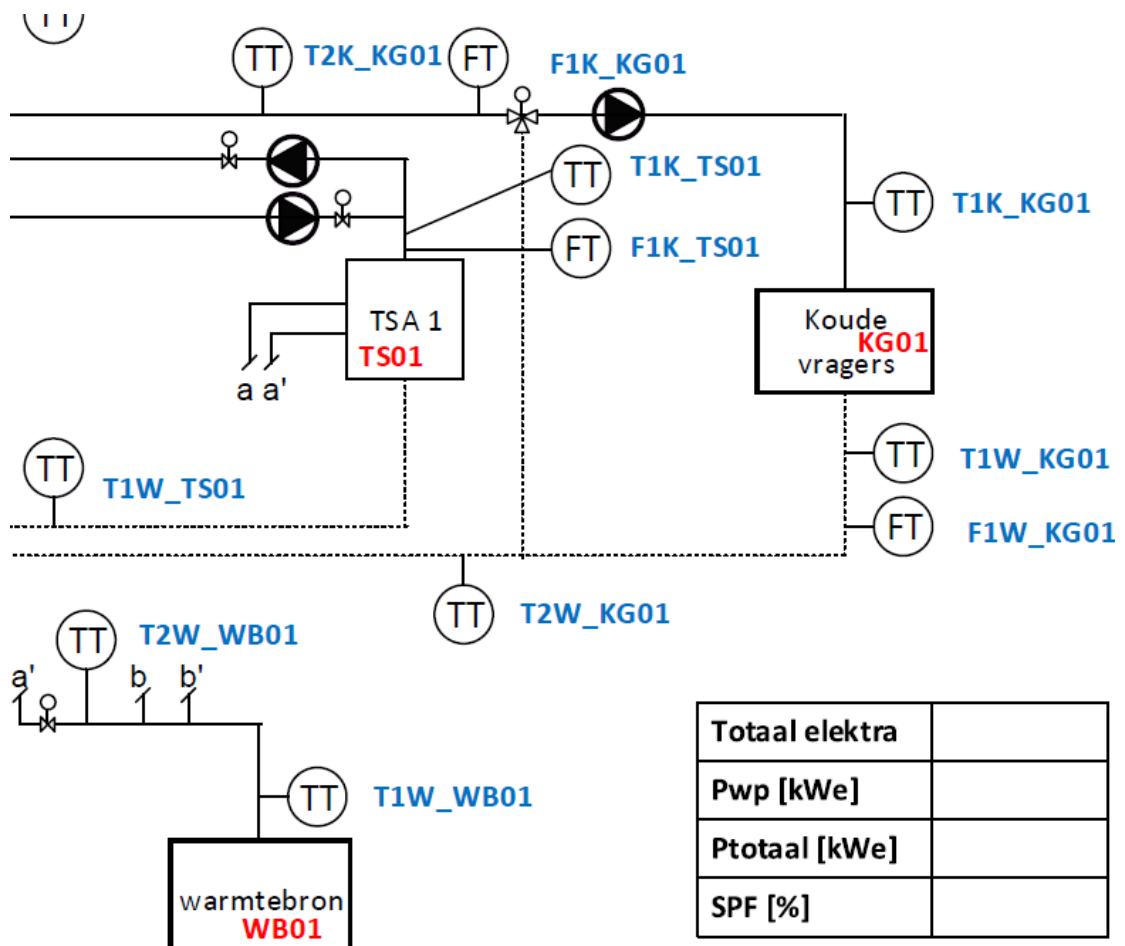
De configuratie van het BES in MoBaMo-BES bleek zeer tijdrovend te zijn. Het gaat hierbij om zowel het aanmaken van de juiste tags, het opzetten van het systeemplaatje als het uitwerken van de WKO-aansturing. Tijd kan worden bespaard door vooraf een eenduidige naamgeving te hanteren. Binnen het pilotproject waren we hier zoekend in, wat veel tijd, en dubbel werk tot gevolg had.

Op basis van de ervaringen met het pilotproject, wordt de volgende naamgeving voorgesteld (de gegeven naamgeving wijkt door voortschrijdend inzicht af van de toegepaste naamgeving in de pilot):

Tagnummer apparatuur		
Onderdeel	Beschrijving	Voorbeeld
Algemeen	4 karakters lang	WB01 = Warmtebron nummer 1
Karakters 1,2	Beschrijving apparaat	WB = warmtebron KB = koudebron VE = verdamper CO = condensor TS = TSA GK = gebruiker koude GW = gebruiker warmte BR = buffer DK = droge koeler EW = externe warmte SE = solar energie
Karakters 3, 4	Volgnummer	01 = volgnummer 1

Tagnummer meetinstrument (ook te gebruiken als FEWS locatie ID)		
Onderdeel	Beschrijving	Voorbeeld
Algemeen	8 karakters lang	T1W_GK01 = eerste temperatuurmeter aan de warmte zijde van gebruikers koude 1
Karakters 1	Type meetinstrument	T = temperatuur V = vermogen F = flow/debiet
Karakters 2	Volgnummer	1 = volgnummer 1
Karakters 3	Warmte-/koudezijdig	W = warmtezijdig K = koudezijdig
Karakters 4	<_>	
Karakters 5-8	Tagnummer apparatuur	

Een voorbeeld van de naamgeving is hierna gegeven.



Figuur 5: voorbeeld van de naamgeving van apparatuur (rood) en instrumentatie (blauw)

## 5 Conclusie en aanbevelingen

Op basis van de ervaringen uit het pilotproject zijn de volgende conclusies getrokken:

1. De documentatie over hoe het BES is ingericht en hoe deze wordt aangestuurd is niet goed gedocumenteerd.
2. De verschillen tussen basisconcept 3.3 (ISSO-publicatie 39, versie 2014) en de pilot zijn groot.
3. Het opstellen van een processchema en de configuratie van de meters, alsmede de aansturing van de onderdelen van het BES is maatwerk gebleken en daarmee tijdrovend.

Op basis van deze conclusies zijn de volgende aanbevelingen gedefinieerd:

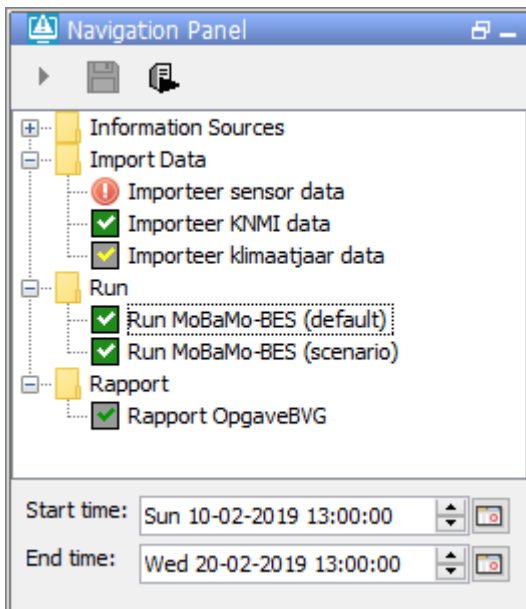
1. Voorafgaand aan het opzetten van een BES-monitoringssysteem, moet worden gezorgd dat de BES-documentatie compleet en juist is.
2. Zorg voor een goede analyse tussen het BES en het basisconcept 3.3.
3. Pas een eenduidige benaming toe voor alle meters die onderdeel uitmaken van het BES.

**Bijlage 1: FEWS-uitwerking Pilot Tetragebouw**

## Documentatie pilot Tetra-gebouw

Zoals eerder gemeld, is het Tetra pilotproject, ontwikkeld in FEWS. Dit hoofdstuk beschrijft de FEWS-configuratie van de Tetra pilot in hoofdlijnen, opgezet door KWA en Deltares.

De documentatie is beperkt tot de data, modellen en visualisatie displays gekoppeld aan de 'Navigation Panel' van de applicatie, zie Bijlage1: figuur 1. Een selectie van de zogenaamde nodes in dit display bepaalt welke workflow vanuit FEWS kan worden gestart en welke voorgedefinieerde grafieken zichtbaar zijn in de displays. Een workflow in FEWS, geconfigureerd in Config/WorkflowFiles, is simpelweg een lijst met taken, ook modules genoemd. Bijvoorbeeld een import module om data in te lezen van externe files of een transformatie module om algoritmes door te rekenen. Deze modules, de werkpaarden van FEWS, staan geconfigureerd in Config/ModuleConfigFiles.



Bijlage 1: figuur 1 Navigation Panel in FEWS Tetra

De Navigation Panel zelf staat binnen de FEWS-omgeving geconfigureerd in de /Config/RegionConfigFiles/Topology.xml file.

### 1. Locaties en Parameters in FEWS

Locaties met hun meta data zijn in FEWS gecentreerd in een csv-file (Config/MapLayerFiles/Sensors.csv) en worden door FEWS gelezen via de configuratie-file Locations.xml in Config/RegionConfigFiles.

Zie een gedeelte van de csv hieronder met de locationId in de eerste kolom en verschillende attributen zoals ontwerpwaarden, sensor type, validatiewaarden, etc. in de overige kolommen.

ID	NAME	LATI	LON	SENSOR	MaxP	MaxP_MaxT	MaxF	COP	Rendeme	EnergieGe	AlertLeve	AlarmLeve	SoftMax_i	HardMax_SoftMax_i	HardMax_
Bron	Bron	0	0												
Buffer_1	Buffer_1	0	0												
Buffer_2	Buffer_2	0	0												
Buffer_1_Koudezijdig	Buffer 1 Koudezijdig	0	0	TT			0.48								
Buffer_1_Warmtezijdig	Buffer 1 Warmtezijdig	0	0	TT			0.48		85	35.17					
Buffer_2_Koudezijdig	Buffer 2 Koudezijdig	0	0	TT,TF			0.48								
Buffer_2_Warmtezijdig22	Buffer 2 Warmtezijdig 22	0	0	TT,TF			0.48								
Buffer_2_Warmtezijdig23	Buffer 2 Warmtezijdig 23	0	0	TT,TF			0.48								
Condensor_Koudezijdig	Condensor Koudezijdig	0	0	TT	15		0.48								
Condensor_Warmtezijdig	Condensor Warmtezijdig	0	0	TT	15		0.48	20							
Condensor	Condensor	0	0	P											
Koude_retour	Koude Retour	0	0	TT,TF											
Koude_aanvoer	Koude Aanvoer	0	0	TT,TF											
Koudebron	Koudebron	0	0	TT,TF											
Omgeving	Omgeving	0	0	TT											
Solar_Koudezijdig	Solar Koudezijdig	0	0	TT											
Solar_Warmtezijdig	Solar Warmtezijdig	0	0	TT											
TSA_1_Koudezijdig	TSA 1 Koudezijdig	0	0	TT,TF								50	90		
TSA_1_Warmtezijdig	TSA 1 Warmtezijdig	0	0	TT,TF			0.2								

### Bijlage 1: figuur 2 locatie configuratie

FEWS groepeert via configuratie in de LocationSets.xml de locaties op een handige manier, bijvoorbeeld alle temperatuursensoren of alle TSA's, waarmee visualisaties en berekeningen efficiënt kunnen worden geconfigureerd.

Er zijn voor de Tetra pilot 25 temperatuursensoren en vijf flowsensoren beschikbaar uit de metingen. Volgens het prototype zouden er 27 versus 13 moeten zijn om alle berekeningen te kunnen doen. Met name de reductie in flowsensoren heeft tot gevolg dat sommige berekeningen niet kunnen worden uitgevoerd.

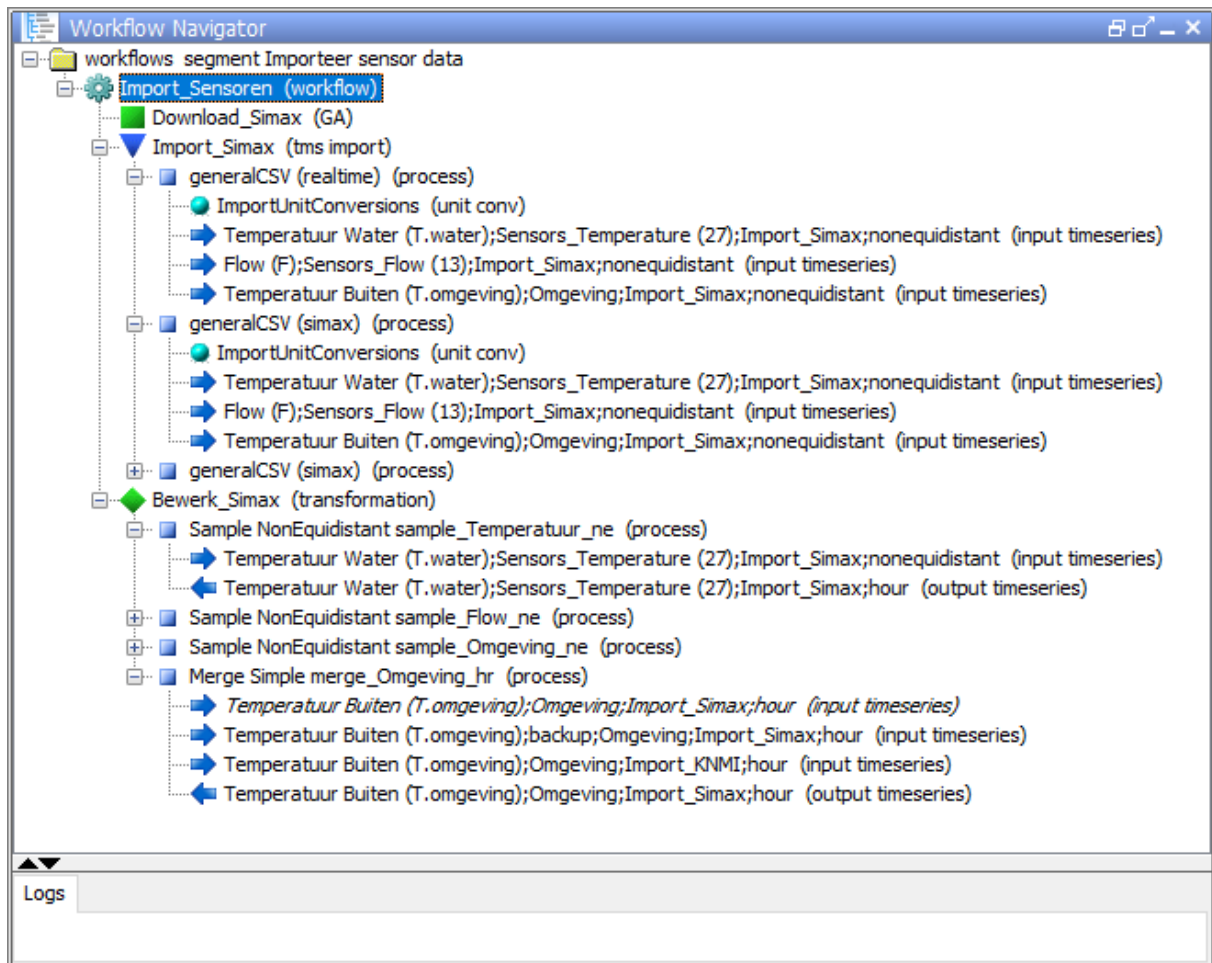
De parameters in FEWS, bijvoorbeeld buitentemperatuur, watertemperatuur en flow, staan geconfigureerd in de RegionConfigFiles/Parameters.xml.

## 2. Import Data

De FEWS-applicatie voor de Tetra pilot bevat drie data feeds die in de volgende paragrafen worden behandeld.

### 2.1. Import sensor data

Vanuit de Navigation Panel kan na selectie van de 'Importeer sensor data' node de workflow Import\_Sensoren worden gedraaid. Deze workflow bevat drie modules, zie Bijlage 1: figuur 3, die elke data (= FEWS-tijdseries) lezen en/of schrijven.



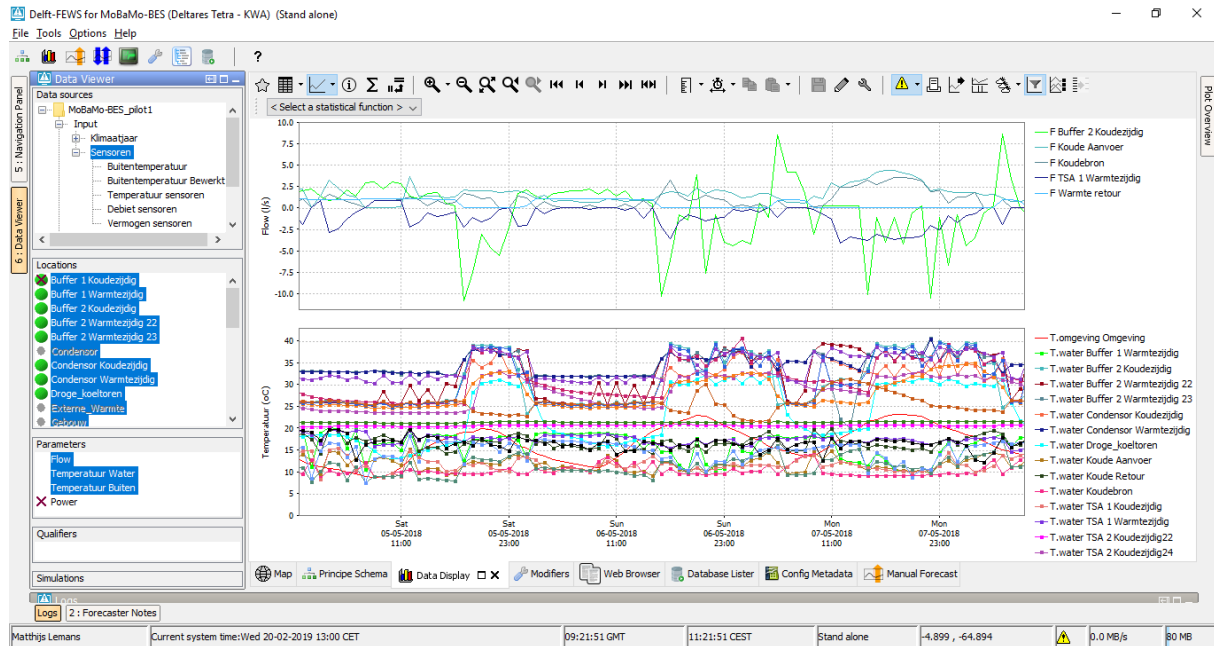
Bijlage 1: figuur 3: workflow Import\_Sensoren

Met de eerste module 'Download\_Simax' wordt een script aangeroepen (simax.bat) die csv-bestanden met historische en real time sensor data vanaf een ftp-site naar een lokale folder kopieert en wat aanpast, zodat het formaat leesbaar is voor FEWS. Deze csv-bestanden worden aangeleverd op de ftp door de Tetra BES-beheerder Coneco.

De tweede module 'Import Simax' is een import module die de temperatuur en flow sensor data leest uit deze lokale bestanden. Zie Bijlage 1: figuur 4 voor de Data viewer in FEWS waarmee deze data te visualiseren is. Configuratie van de Data Viewer staat in de file /Config/RegionConfigFiles/Filters.xml.

Tijdens het importeren worden enkele automatische locatiespecifieke validatieregels toegepast, zodat alleen data binnen acceptabele grenzen wordt geïmporteerd. Het configuratiebestand hiervoor is /Config/RegionConfigFiles/ValidationRuleSets.xml. Ook wordt een Idmapping en unit conversie (Config/UnitConversionFiles/ImportUnitConversions.xml) van locaties en parameters toegepast, zodat de data in de externe csv-file met de juiste sensoren en parameters in FEWS worden gelezen, in de correcte eenheid.



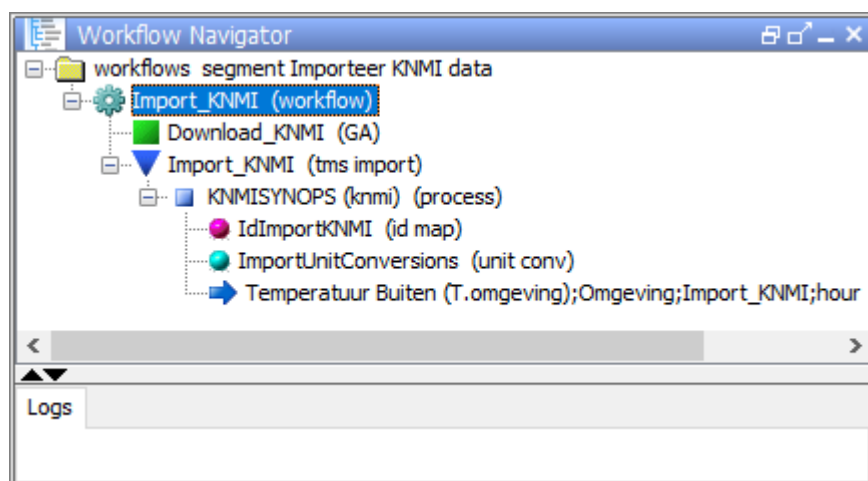


Bijlage 1: figuur 4: data filter met real time sensor data voor flow (boven) en temperatuur (beneden)

De derde module 'Bewerk\_Simax' is een transformatiemodule die de ruwe data omzet naar uurdata. Voor de buitentemperatuur wordt daarnaast een data hiërarchie toegepast van verschillende bronnen, waarmee gaten in de tijdserie worden opgevuld met data van andere bronnen. De buitentemperatuur is bijvoorbeeld lang niet altijd aanwezig in de csv-files van Coneco, en in die gevallen wordt teruggevallen op de real-time metingen van het KNMI-station te Rotterdam.

## 2.2. Import KNMI data

Vanuit de Navigation Panel kan na selectie van de 'Importeer KNMI data' node de workflow Import\_KNMI worden gedraaid. Deze workflow bevat twee modules, zie Bijlage 1: figuur 5.

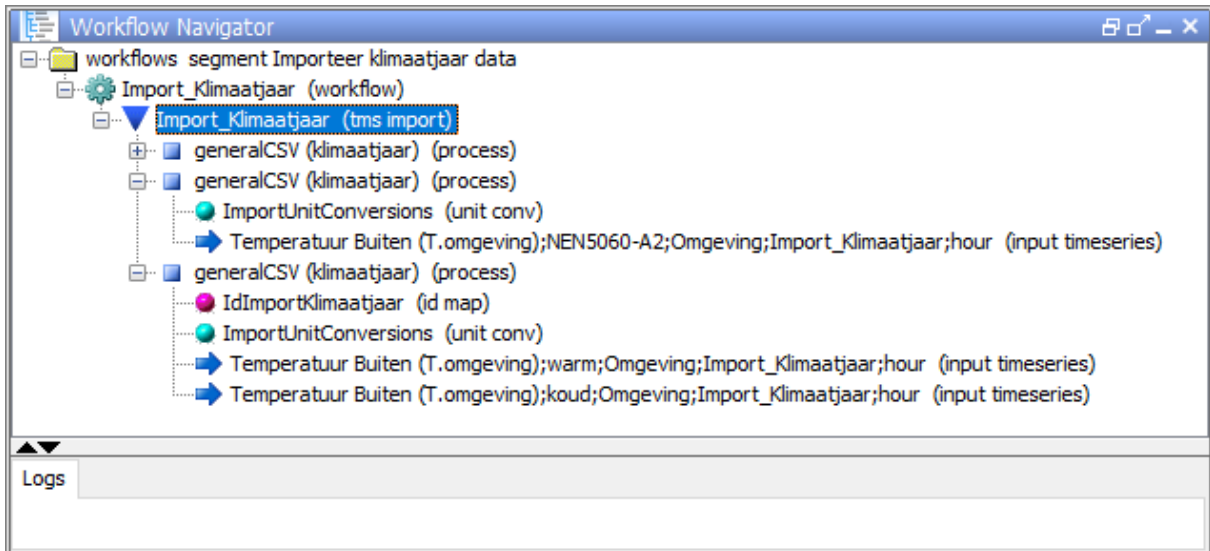


Bijlage 1: figuur 5: workflow Import\_KNMI

Met de eerste module 'Download\_KNMI' wordt een script aangeroepen (knmi\_synop.bat) die tekstbestanden met real time buitentemperatuur data vanaf een KNMI ftp-site naar een lokale folder kopieert. Met de tweede module 'Import\_KNMI' wordt deze data ingelezen in FEWS.

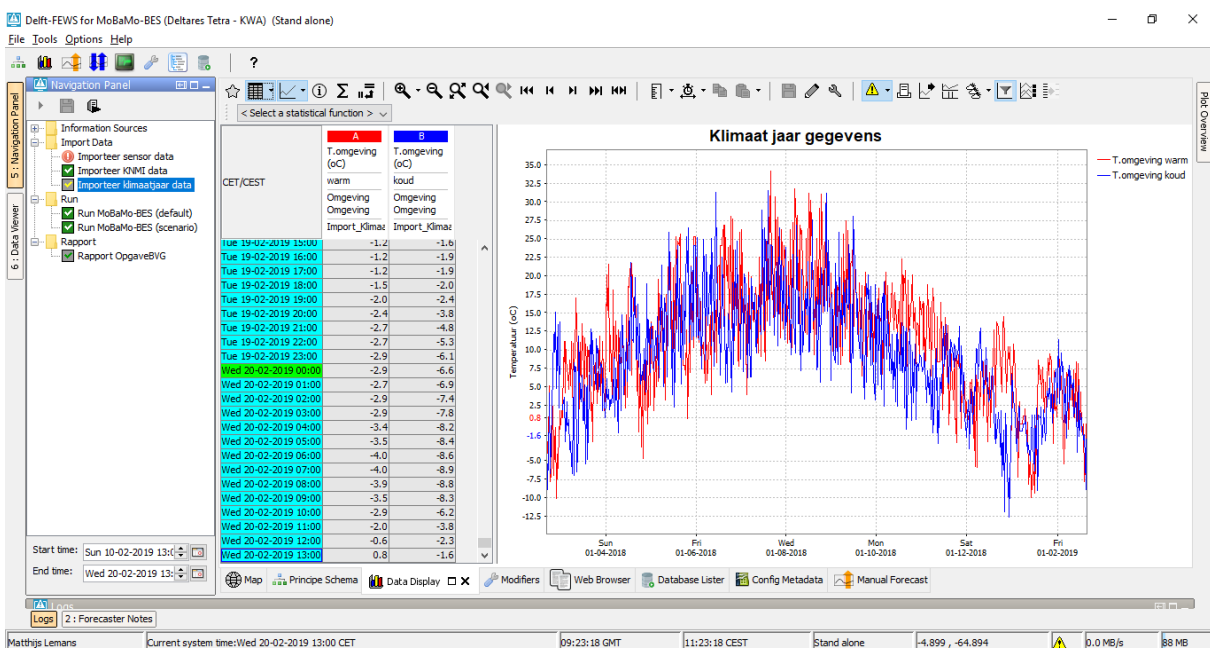
### 2.3. Import klimaatjaar data

Vanuit de Navigation Panel kan na selectie van de 'Importeer klimaatjaar data' node de workflow Import\_Klimaatjaar worden gedraaid. Deze workflow bevat een importmodule, zie Bijlage 1: figuur 6, waarmee de NEN5060-A2, alsmede een generiek warm en koud klimaatjaar als cyclische tijdseries in FEWS worden ingelezen.



Bijlage 1: figuur 6: workflow Import Klimaatjaar

Behalve in de Data Viewer is deze data ook te zien vanuit een voor gedefinieerde grafiek in de Data Display, gekoppeld aan de node selectie in de Navigation Panel, zie Bijlage 1: figuur 7.



Bijlage 1: figuur 7: warm en koud klimaatjaar als voor gedefinieerde grafiek gekoppeld aan de Navigation Panel

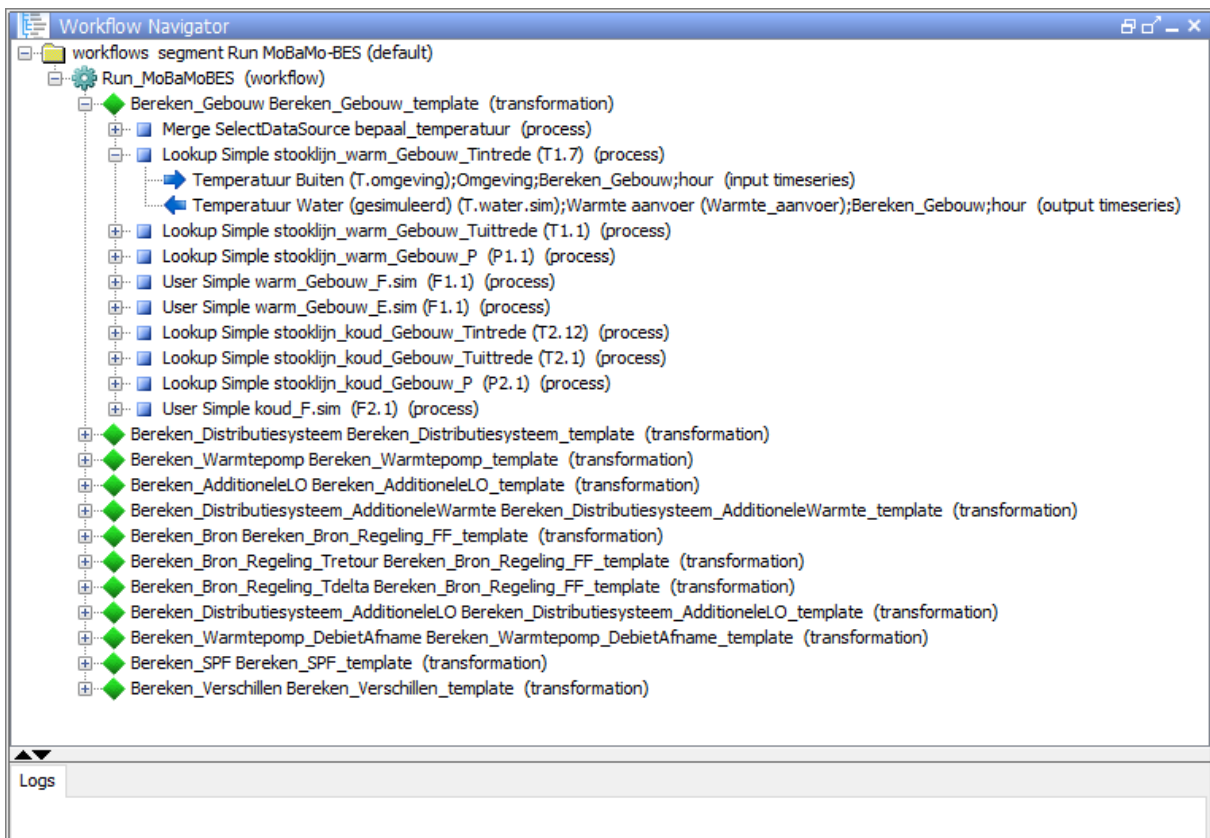
Voor gedefinieerde grafieken staan geconfigureerd in de Config/SystemConfigFiles/DisplayGroups.xml.

### 3. Run modellen

Met de geïmporteerde, bewerkte en gevalideerde data kunnen vervolgens de modellen worden gedraaid. Hiervoor zijn twee nodes in de Navigation Panel aanwezig. De eerste draait met gemeten data een historische periode door. De andere draait ook met verwachte data in de toekomst, om een beeld te scheppen van de verwachte thermische (on)balans. Op basis hiervan kan de aansturing van het BES worden aangepast, zodat de balans, indien nodig, kan worden hersteld. De simulatieperiode kan door de gebruiker worden aangepast vanuit de Navigation Panel. Beide nodes bevatten meerdere voor gedefinieerde grafieken, zichtbaar in de Plot Overview.

#### 3.1. Run met gemeten data

Vanuit de Navigation Panel kan na selectie van de 'Run MoBaMo-BES (default)' node de workflow 'Run\_MoBaMoBES' worden gedraaid. Deze workflow bevat 12 transformatiemodules, die op hun beurt verschillende transformaties bevatten. Zie Bijlage 1: figuur 8.



Bijlage 1: figuur 8: workflow Run\_MoBaMoBES

De opengeklapte transformaties in de figuur hierboven zijn voorbeelden van de stooklijnen, geconfigureerd als lookup tabellen in /Config/CoefficientSetFiles/Stooklijnen.xml. Deze relaties zijn bepalend in vele verwachte waarden, al zijn ze voor de pilot geschat op basis van historische metingen.

Vele andere transformaties volgen de configuratie van Bijlage 1: figuur 9, een voorbeeld van de COP-berekening van de warmtepomp.

Met een expressie, soortgelijk aan het Excel-model in het functioneel ontwerp, kan de gewenste berekening worden ingevuld, waarbij voor de input en output naar FEWS-tijdseries wordt verwezen die elders in bewuste files staan geconfigureerd.

```
<transformation id="gemeten_COP_warmtepomp">
  <user>
    <simple>
      <expression>(273 + gemeten_T_warmtepomp_condensor_uittrede) / ((273 +
gemeten_T_warmtepomp_condensor_uittrede) - (273 + gemeten_T_warmtepomp_verdamper_uittrede)) *
Carnot</expression>
      <coefficientSet>
        <coefficient id="Carnot" value="0.6"/>
      </coefficientSet>
      <outputVariable>
        <variableId>gemeten_COP_warmtepomp</variableId>
      </outputVariable>
    </simple>
  </user>
</transformation>
```

**Bijlage 1: figuur 9: voorbeeld van een configuratiebestand van een transformatie, waarin voor de input en output naar FEWS tijdseries wordt verwezen**

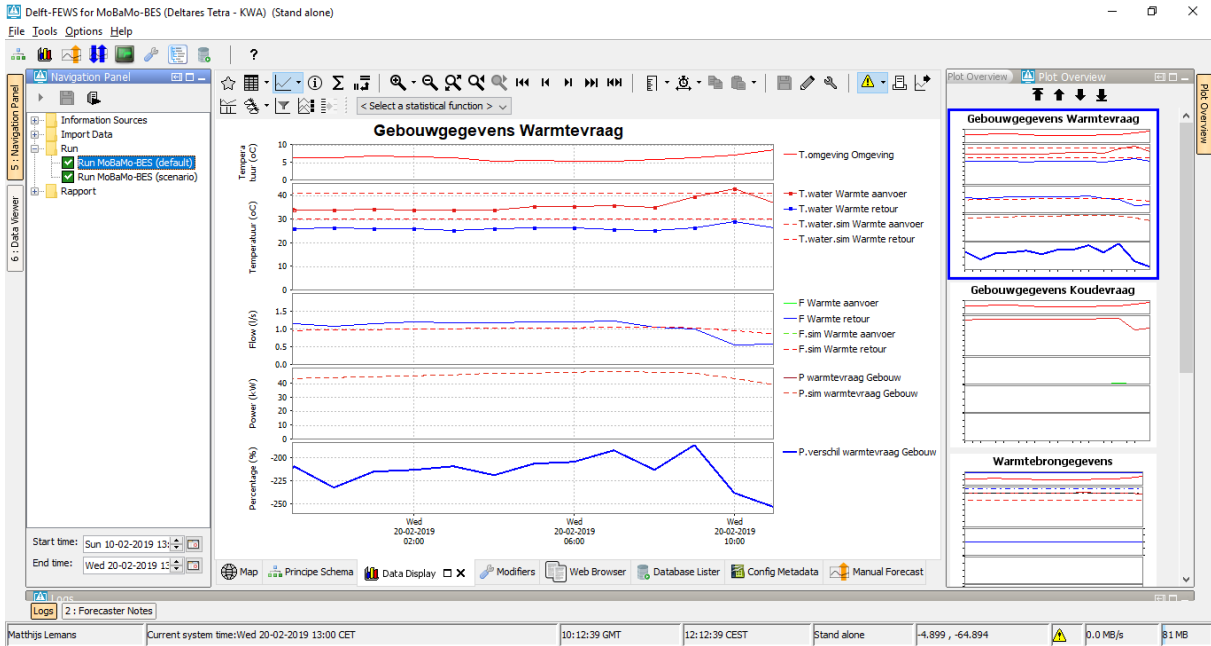
De transformaties komen in grote lijnen overeen met de in Excel geprogrammeerde modellen uit het functioneel ontwerp. Zie Bijlage 1: figuur 10 voor een koppeling tussen beide berekeningen. Een verschil is dat bij Tetra diverse vermogensberekeningen zijn opgenomen op basis van gemeten flows en temperaturen. In het prototype was aangenomen dat deze vermogens worden gemeten, dit is echter bij Tetra niet het geval. Omdat de additionele warmte (solar) niet bekend was voor deze pilot, is deze module gecommuniqueerd in de workflow. De laatste twee modules 'Bereken\_SPF' en 'Bereken\_Verschillen' bevatten berekeningen op om basis van de gemeten, verwachte en/of ontwerpwaarden de prestatie-indicatoren te genereren.

<b>FEWS-file in ModuleConfigFiles</b>	<b>Tabblad excel-sheet uit functioneel ontwerp</b>	<b>Berekening</b>
Bereken_Gebouw	Bijlage 1/Gebouw	1A - Aan de hand van de buitentemperatuur wordt de warmtevraag van het gebouw bepaald. Deze warmtevraag heeft een debiet en een in- en uitgaande temperatuur als gevolg. 2A - Op basis van de omgeving wordt het vermogen, de in- en uittrede temperatuur en de flow bepaald van de GKW-zijde (koudevraag).
Bereken_Distributiesysteem	Bijlage 1/ Distributiesysteem	1C - Het debiet van het gebouw in combinatie met het vaste debiet van de warmtepomp bepaalt of er via het buffer wordt gemengd. Het wel of niet mengen is van belang voor de COP-berekening van de warmtepomp.
Bereken_Warmtepomp	Bijlage 1/ Warmtepomp	1B - Vervolgens wordt er bepaald in hoeveel van de gevraagde warmte de warmtepomp duurzaam kan opwekken. Hierbij wordt er rekening houdend met het maximale vermogen en de maximale uittredetemperatuur. 1D - de COP en de bijdrage van de verdamperkant van de warmtepomp wordt bepaald.
Berken_AdditionaleWarmte (uitgecommentarieerd voor de Tetra applicatie!)	Bijlage 1/ Additionele Warmte	1E - Met de bijdrage van de warmtepomp kan ook worden berekend wat de bijdrage is van de 'additionele warmte'.
Bereken_AdditioneleLO	Bijlage 1/ Additioneel LO	2C - In deze berekening wordt bepaald wat er maximaal additioneel kan worden geladen/ontladen zonder het GKW-net in onbalans te brengen.
Bereken_Bron	Bijlage 1/ Bron + WW Bijlage 2/ T-onttrekkingsbron situatie afh	2E - In deze berekening wordt het bronvermogen bepaald door gebruik te maken van een energiebalans. Voor de F-F-regeling wordt i.p.v. een flowberekening met vaste temperatuurwaarden (uit het prototype) de flow van de bovengrond opgelegd op de ondergrondse flow van zowel TSA1 als TSA3

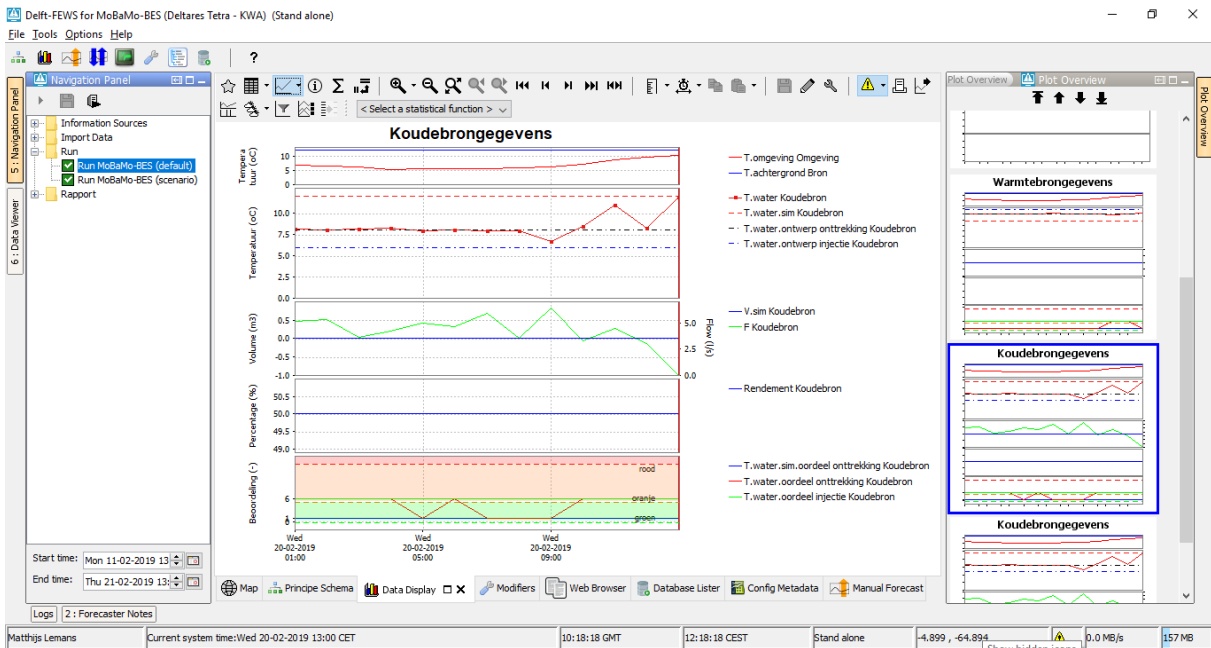
FEWS-file in ModuleConfigFiles	Tabblad excel-sheet uit functioneel ontwerp	Berekening
Bereken_DistributieSysteem_AdditioneleLO	Bijlage 1/ Distributiesysteem	2F - In deze stap wordt bepaald wat het debiet en de temperatuur in de openverdeler. 2G - In deze stap wordt de aanvoertemperatuur en flow voor de verdamper en 'additionele koude laden' berekend.
Bereken_Warmtepomp_DebietAfname	Bijlage 1/Distributiesysteem Bijlage 1/ Additioneel LO	2I - Met behulp van het debiet, aanvoertemperatuur en vermogen wordt de uittrede temperatuur bepaald. 2J - Tot slot kan de uittredetemperatuur van het gebouw worden berekend.
Bereken_SPF	Bijlage 1/SPF	3A - In deze stap wordt de SPF berekend.
Bereken_Verschillen	Bijlage 2/ T -onttrekkingsbron situatie afh Bijlage 2/ TSA01 en TSA02	In deze stap worden verschillen en beoordelingen berekend van verschillende verwachte parameters.

**Bijlage 1: figuur 10: koppeling tussen FEWS-configuratie bestanden en Excel prototype model**

Behalve in de Data Viewer is de output van de modellen ook te zien vanuit de voor gedefinieerde grafieken in de Data Display en Plot Overview, beide gekoppeld aan de node selectie in de Navigation Panel. Er zijn grafieken voor de gebouwgegevens (warmtevraag en koudevraag), warmtepomp, warmtebron, TSA's, koudebron en warmtebron. Zie als voorbeeld Bijlage 1: figuur 10 voor de gebouwgegevens bij warmtevraag en Bijlage 1: figuur 11 voor de koude-brongegevens. In die laatste subplot is ook in achtergrondkleuren duidelijk of de verwachte onttrekkings- en injectietemperaturen binnen vooraf gedefinieerde grenzen vallen.

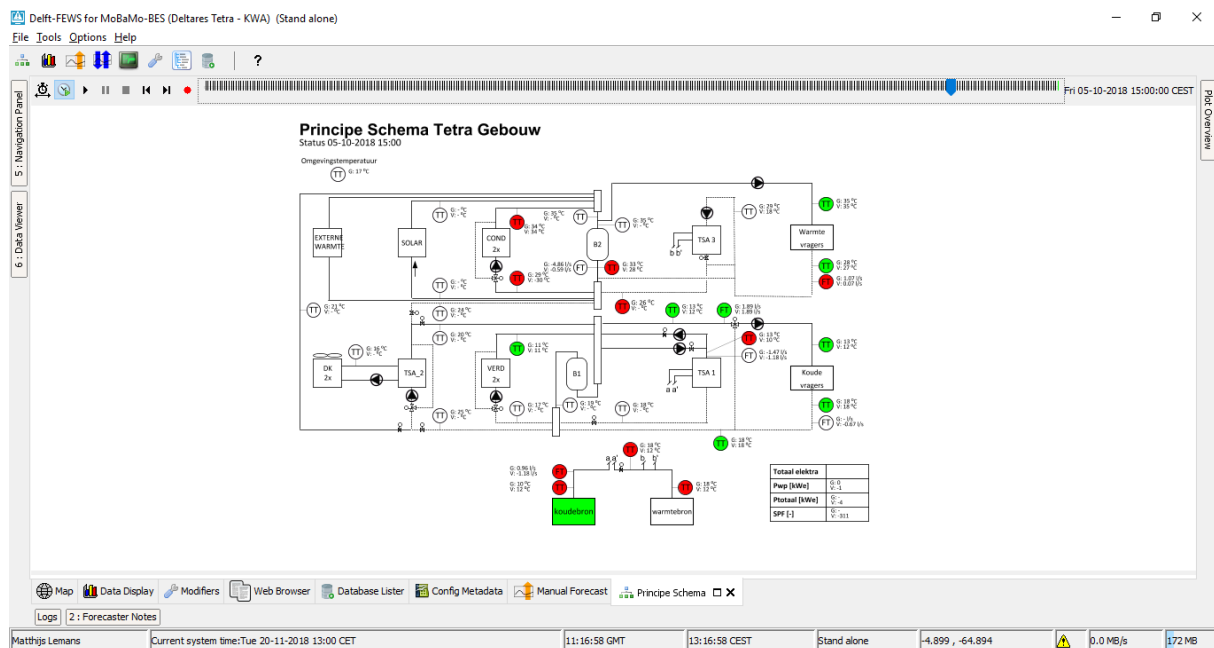


Bijlage 1: figuur 11: voorgedefinieerde grafiek van de gebouwgegevens bij warmtevraag



Bijlage 1: figuur 12: voorgedefinieerde grafiek van de koude-brongegevens

Een andere manier van visualiseren is door gebruik te maken van de Schematic Status Display in FEWS, in de MoBaMo-BES-applicaties heet deze het Principeschema. Zie Bijlage 1: figuur 12. Door te klikken op de sensoren of systeemcomponenten worden de bijbehorende gemeten en/of verwachte tijdseries zichtbaar in een grafiek. De kleuren geven aan of de verwachte waarden binnen acceptabele grenzen liggen van de gemeten of ontwerpwaarden. Als elementen geen kleur bevatten, geeft dit aan de ofwel de gemeten, ofwel de verwachte waarden niet aanwezig is. In de tabel rechtsonder zijn de basis prestatie-indicatoren af te lezen. De configuratie van dit FEWS-Principeschema bestaat uit de Config\ReportImageFiles\principeschemaisso.svg file, in combinatie met de Config\DisplayConfigFiles\BES\_Principeschema.xml.



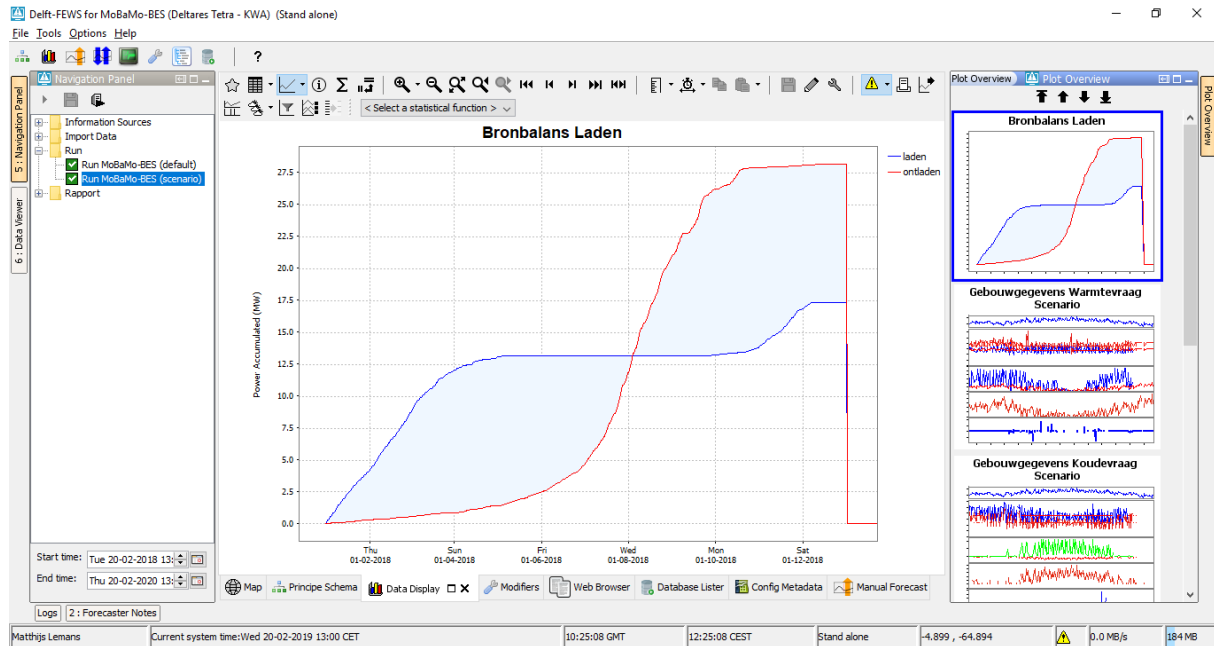
Bijlage 1: figuur 13: FEWS-Principeschema

### 3.2. Run met toekomstscenario's

Vanuit de Navigation Panel kan na selectie van de 'Run MoBaMo-BES (scenario)' node de workflow 'Run\_MoBaMoBES\_Scenario' worden gedraaid. Deze workflow bevat vrijwel identieke modules als de default workflow, zei het dat in de meeste modules mergetransformaties zijn toegevoegd, die de gemeten waarden mergen (samenvoegen) met verwachte waarden voor de simulatieperiode in de toekomst. Hiervoor was het ook noodzakelijk sommige stappen, zoals gedocumenteerd in Bijlage 1: figuur 10, te verplaatsen naar andere modules om sequentieel te kunnen blijven rekenen.

De voorgedefinieerde grafieken zijn qua opzet identiek aan die van de gemeten run, maar bevat een additionele display met een jaar bronbalans van kouden laden versus ontladen. Zie Bijlage 1: figuur 14.

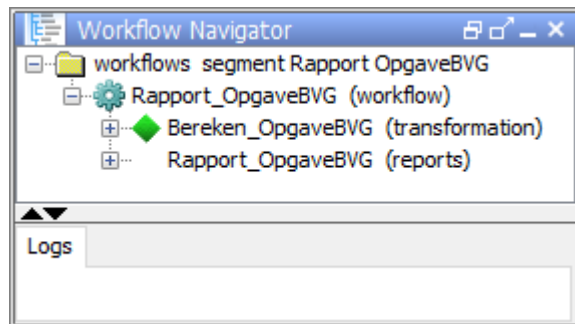




Bijlage 1: figuur 14: voorgedefinieerde grafiek met bronbalans tussen kouden laden en ontladen

## 4. Rapporten

Vanuit de Navigation Panel kan na selectie van de 'Rapport OpgaveBVG' node de workflow 'Rapport OpgaveBVG' worden gedraaid. Deze workflow bevat een transformatiemodule en een rapportmodule, zie Bijlage 1: figuur 15.



Bijlage 1: figuur 15: workflow Rapport\_OpgaveBVG

De Bereken\_OpgaveBVG transformatiemodule bevat identieke berekeningen als in het Excel-model van de ondergrond uit het functionele ontwerp, sheet 'Opgave BVG (jaarlijks)'. Dat zijn verschillende aggregatie transformaties om de uurwaarden van te vertalen naar maand- en jaarwaarden, alsmede beoordelingswaarden, waterbezwaren en SPF's van de bron uit te rekenen.

De 'Rapport\_OpgaveBVG' rapportmodule vult een opgave\_bvg\_template.csvfile (in /Config/ReportTemplateFiles) met de dynamische waarden, en genereert een csv-bestand overeenkomstig aan de 'Opgave BVG (jaarlijks)' spreadsheet uit het functioneel ontwerp, zie Bijlage 1: figuur 16.

Jaarlijkse opgave bevoegd gezag																					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S			
1	Jaarlijkse opgave bevoegd gezag																				
2																					
3																					
4	Maand	Koude laden	Koude lade	Productiv	Maximaal	Gem. T	(? Min. T	(?C	Max T	(?C	Koude ori	Koude ori	Productiv	Maximaal	Gem. T	(? Min. T	(?C	Max T	(?C	Balans ma	Cumulatieve balans (jaarlijks)
5	januari	7.43	1069.92	6.9	1.44	8	8	8	0	1069.92	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.43	7.43	
6	februari	6.72	967.68	6.9	1.44	8	8	8	0	967.68	0	N/A	N/A	N/A	N/A				6.72	14.15	
7	maart	7.43	1069.92	6.9	1.44	8	8	8	0	1069.92	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.43	21.58	
8	april	7.2	1036.8	6.9	1.44	8	8	8	0	1036.8	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.2	28.78	
9	mei	7.44	1071.36	6.9	1.44	8	8	8	0	1071.36	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.44	36.22	
10	juni	7.2	1036.8	6.9	1.44	8	8	8	0	1036.8	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.2	43.42	
11	juli	7.44	1071.36	6.9	1.44	8	8	8	0	1071.36	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.44	50.86	
12	augustus	7.44	1071.36	6.9	1.44	8	8	8	0	1071.36	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.44	58.3	
13	september	7.2	1036.8	6.9	1.44	8	8	8	0	1036.8	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.2	65.5	
14	oktober	7.45	1072.8	6.9	1.44	8	8	8	0	1072.8	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.45	72.95	
15	november	7.2	1036.8	6.9	1.44	8	8	8	0	1036.8	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.2	80.15	
16	december	7.44	1071.36	6.9	1.44	8	8	8	0	1071.36	0	1.44	N/A	N/A	N/A				7.44	87.59	
17	Totaal	87.59	12612.96	6.9	1.44				0	12612.96	0	1.44							87.59	87.59	
18																					
19	Vergund	Resultaat	Oordeel																		
20	Debiet (m3/u)	50	1.44	groen																	
21	Waterbezwaas	130000	12612.96	groen																	
22	Waterbezwaas N/A		12612.96	groen																	
23	Waterbezwaas N/A		25225.92	groen																	
24	Max T (degC)	25	N/A	N/A																	
25	Productiviteit	4.65	6.9	groen																	
26	Productiviteit	4.65	0	N/A																	
27	Balans (MWh)	1	200	groen																	
28	SPF bron Win	4	0.34	rood																	
29	SPF bron Zom	20	0	rood					260	75											
30	SPF bron tota	5	0.26	rood																	
31																					

Bijlage 1: figuur 16: BVG-rapport gegenereerd door FEWS

[www.kwa.nl](http://www.kwa.nl)



# Dé partner voor het bedrijfsleven



**KWA Bedrijfsadviseurs B.V.**

Regentesselaan 2, Postbus 1526

3800 BM Amersfoort

t 033 – 422 13 08

e [info@kwa.nl](mailto:info@kwa.nl)

i [www.kwa.nl](http://www.kwa.nl)