



BTO 2016.004 | Januari 2016

## **BTO** rapport

Weers- en  
seizoensinvloeden op  
waterverbruik in DMA's



# BTO

## Weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik in DMA's

BTO 2016.004 | Januari 2016

### Opdrachtnummer

400698

### Projectmanager

drs. P. G. G. (Nellie) Slaats

### Opdrachtgever

Evides - Speerpuntonderzoek

### Kwaliteitsborger(s)

dr. P (Peter) van Thienen

### Auteur(s)

I. (Ina) Vertommen MSc., dr. ir. E. J. M. (Mirjam) Blokker

### Verzonden aan

Dit rapport is verzonden aan Jan Urbanus (Evides).  
Een jaar na publicatie is het openbaar.

**Jaar van publicatie**  
2016

#### Meer informatie

I. (Ina) Vertommen, MSc  
T +31(0)611599514  
E [ina.vertommen@kwrwater.nl](mailto:ina.vertommen@kwrwater.nl)

#### Keywords

PO Box 1072  
3430 BB Nieuwegein  
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511  
F +31 (0)30 60 61 165  
E [info@kwrwater.nl](mailto:info@kwrwater.nl)  
I [www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl)



BTO 2016.004 | Januari 2016 © KWR

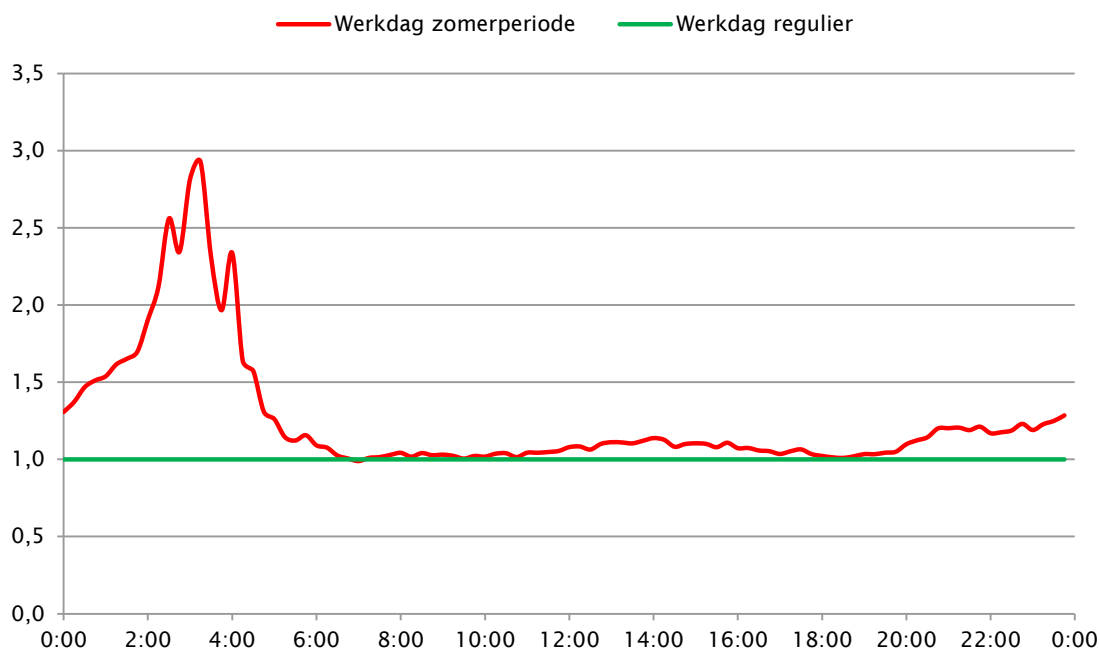
Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

# BTO Managementsamenvatting

## Analyse van metingen geeft inzicht in invloed van weer en seizoen op waterverbruik in DMA's

**Auteur(s)** I. (Ina) Vertommen MSc. en dr. ir. E. J. M. (Mirjam) Blokker

Analyses van metingen van een DMA (District Metered Area) in Gouda wijzen uit hoe weer en seizoen patronen van waterverbruik beïnvloeden. In absolute waarden zijn de verschillen het meest significant rond de ochtenduren, maar ook het verbruik gedurende de avond en het relatieve nachtverbruik vertonen een sterke variatie. Zo ligt op werkdagen het relatieve nachtverbruik in de zomerperiode drie keer hoger dan daarbuiten. Het onderzoek, dat past binnen het BTO Speerpuntonderzoek voor Evides, is van belang om het waterverbruik binnen DMA's beter te kunnen voorspellen en inzicht te krijgen in waterverbruik dat niet in rekening is gebracht. Op basis van reeds beschikbare gegevens zijn verschillende typische (en van elkaar afwijkende) verbruikspatronen geïdentificeerd (zomerperiode, werk-, weekend-, feest- en vakantiedagen). Dit rapport beschrijft (1) een meetplan voor het verzamelen van adequate metingen en (2) een stappenplan voor de identificatie van afwijkende patronen en voor de beschrijving en kwantificering van invloeden van weer, seizoen en demografie op waterverbruik.



Relatief waterverbruik voor werkdagen in de zomerperiode (rood), in vergelijking met werkdagen buiten de zomerperiode (groen). In de zomerperiode is het nachtverbruik tot drie keer hoger. Ook gedurende de avond is er een relatief hoger waterverbruik.

### Belang: invloed van weer, seizoen en demografie op waterverbruik inzichtelijk maken

Voor drinkwaterbedrijven is het van groot belang inzicht te hebben in waterverbruik dat niet in rekening is gebracht, bijvoorbeeld door verborgen lekkages. Daarom is kennis over het huishoudelijk waterverbruik van verschillende DMA's in relatie tot demografie, seizoen en weersinvloeden van essentieel belang. Voordat SIMDEUM voor dit doel kan worden gebruikt moet het waterverbruikmodel verder worden doorontwikkeld. Verschillen tussen landelijke en (rand)stedelijke gebieden moeten in de berekeningen worden meegenomen, evenals seizoens- en weersinvloeden op het waterverbruik. Dit onderzoek stelt vast hoe invloeden van weer, seizoen en demografie op waterverbruik kunnen worden vastgesteld zodat verfijning van SIMDEUM op dit vlak mogelijk is.

### Aanpak: opstellen van meetplan en stappenplan voor interpretatie van afwijkingen

Een meetplan is opgesteld voor verzameling van metingen. Een aanvullend stappenplan legt vast hoe de invloeden van weer, seizoen en demografie op waterverbruik kunnen worden beschreven en gekwantificeerd. Typische verbruikspatronen kunnen worden geïdentificeerd en met elkaar vergeleken. Dit maakt interpretatie van afwijkingen mogelijk, in relatie tot weer, seizoen en demografie. Toepassing van het stappenplan vond plaats op bestaande metingen. Voor identificatie van verschillende dagen en perioden in het jaar met

afwijkende verbruikspatronen is o.a. de VLPV-methode ingezet.

### Resultaten: afwijkende patronen in waterverbruik aangetoond

Er bestaan afwijkende verbruikspatronen tussen werk-, weekend-, feest- en vakantiedagen, zo wordt duidelijk uit de VLPV-analyse van bestaande metingen. Ook in de zomerperiode zijn er verschillen zichtbaar. Op grond van een meer gedetailleerde analyse van een DMA in Gouda blijkt dat in de ochtend en rond de ochtendpiek de absolute variatie tussen verbruikspatronen het grootst is. Het tijdstip en de duur van het verbruik en de piek in de ochtend variëren sterk tussen werk- en niet-werkdagen. Daarnaast is het verbruik gedurende de avond en in de nachturen in de zomerperiode anders dan daarbuiten.

### Implementatie: meetplan en stappenplan gebruiken voor doorontwikkeling SIMDEUM

Voor een doorontwikkeling van SIMDEUM is het van belang om de invloed van weer, seizoen en demografie op het waterverbruik zo kwantitatief mogelijk te bepalen. Hiertoe is het nodig een meetplan uit te voeren met daaropvolgend een stappenplan, zoals uitgewerkt in dit onderzoek. Op basis van de resultaten kunnen hypothesen worden opgesteld en vertaald naar SIMDEUM.

### Rapport

Dit Speerpuntonderzoek is beschreven in rapport *Weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik in DMA's* (BTO-2016.004).

#### Meer informatie

I. (Ina) Vertommen, MSc  
T +31(0)611599514  
E ina.vertommen@kwrwater.nl

#### KWR

PO Box 1072  
3430 BB Nieuwegein  
The Netherlands



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doelstelling	4
1.3	Aanpak en leeswijzer	4
<b>2</b>	<b>Literatuuronderzoek</b>	<b>6</b>
2.1	Invloed van weer en seizoenen op huishoudelijk waterverbruik	6
<b>3</b>	<b>Bepalen van lekverlies in DMA's</b>	<b>8</b>
3.1	Waterverbruik in DMA's en het bepalen van lekverlies	8
3.2	Kleinzakelijk verbruik	9
<b>4</b>	<b>Metingen</b>	<b>11</b>
4.1	Inleiding en doel	11
4.2	Voorstel voor meetplan	11
<b>5</b>	<b>Identificatie van weers- en seizoensafhankelijke verbruiksclusters: analyse van beschikbare metingen</b>	<b>14</b>
5.1	Inleiding en benadering	14
5.2	De VLPV-methode: beknopte toelichting	14
5.3	Beschikbare gegevens	16
5.4	Resultaten	17
<b>6</b>	<b>Stappenplan om weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik te bepalen</b>	<b>22</b>
6.1	Stappenplan	22
6.2	Voorbeeld met beschikbare metingen	24
<b>7</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>31</b>
7.1	Algemene conclusies	31
7.2	Conclusies uit beschikbare gegevens	31
7.3	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	32
	<b>Referentielijst</b>	<b>34</b>
	<b>Bijlage I Voorstel meetlocaties</b>	<b>36</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Evides heeft voor Nederlandse begrippen een ogenschijnlijk hoog NRW (niet in rekening gebracht waterverbruik) van ca. 8%. Middels meten en analyse hoopt Evides meer inzicht te krijgen in het NRW (hoeveel en waar). Een essentieel onderdeel daarin is meer inzicht te krijgen in het huishoudelijk waterverbruik per DMA, inclusief de variatie over het jaar. Het waterverbruiksmodel SIMDEUM kan daarbij een belangrijke rol vervullen.

Evides heeft haar voorzieningsgebied ingedeeld in 34 DMA's, waarvan de inkomende en uitgaande volumestromen op ruim 100 locaties continu worden gemeten. De data van deze meetlocaties worden per 10 seconden gelogd. Van alle grootverbruikers (klanten met een jaarverbruik van 10.000 m<sup>3</sup> of meer) wordt het waterverbruik continu bemeaten met een resolutie van één uur. De huishoudelijke (jaarverbruik 0 – 300 m<sup>3</sup>) en kleinzakelijke aansluitingen (jaarverbruik 300 – 10.000 m<sup>3</sup>) worden slechts één keer per jaar “gemeten”; d.w.z. dat de watermeterstand wordt opgenomen. Hierbij is het probleem dat de meeste watermeterstanden moeten worden omgerekend naar een jaarverbruik (omdat niet exact na één jaar de aflezing plaatsvindt) en dat er ook met schattingen van jaarverbruik wordt gewerkt. Uiteraard is ook de frequentie van aflezen veel lager dan voor de grootverbruikers en het totale verbruik. De grootverbruikers zijn goed voor ca. 30% van het totaal verbruik en hun waterverbruik is door de metingen goed in kaart gebracht. Evides schat dat de huishoudelijke en kleinzakelijke verbruikers ca. 62% van het totale waterverbruik voor hun rekening nemen, terwijl hun waterverbruik slechts grof wordt bepaald in de metingen. Om meer inzicht te verkrijgen in het NRW is daarom vooral meer informatie nodig over de post huishoudelijk en kleinzakelijk verbruik. Het grootste gedeelte van deze post zal door huishoudelijk verbruik worden bepaald. Daarom ligt de focus in eerste instantie op het huishoudelijk verbruik.

Evides wil in verscheidene DMA's metingen van huishoudelijk verbruik verzamelen. Op basis hiervan wil Evides inzicht krijgen in het huishoudelijk verbruik op maandbasis (of mogelijk op dagbasis) waarin demografie en seizoens- of weersinvloeden belangrijke parameters zijn. Deze informatie moet leiden tot inzichten die ook in de andere DMA's toepasbaar zijn.

KWR heeft de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar huishoudelijke (en enkele niet-huishoudelijke) waterverbruiken op een hoog ruimtelijk (het niveau van de kraan en watermeter) en temporeel detailniveau (verloop over de dag, tot op de seconde). Vanwege de grote aanwezige variabiliteit heeft het onderzoek zich gericht op het gemiddelde en de variatie in het waterverbruik. Dit inzicht heeft geleid tot het stochastische model SIMDEUM. SIMDEUM is gevalideerd voor verschillende toepassingen, zoals de voorspelling van maximaal waterverbruik en, in combinatie met een hydraulisch model, van verblijftijden in verschillende testgebieden in Nederland. De belangrijkste invoerparameter voor verschillende gebieden in Nederland zijn nu demografische data (CBS-data per postcodegebied voor gezinssamenstelling en leeftijden). Andere specifieke invoerdata zoals aanwezigheid van bad of buitenkraan wordt bijvoorbeeld ook mede bepaald door de gezinsgrootte.

Momenteel voorspelt SIMDEUM het huishoudelijk waterverbruik in een stedelijke omgeving goed (Blokker en Agudelo-Vera, 2015). Het verschil tussen landelijke en (rand)stedelijke



gebieden wordt nog niet goed door SIMDEUM meegenomen (Van Thienen en Pieterse-Quirijns, 2011). Daarnaast is de invloed van seizoenen en het weer op het huishoudelijke waterverbruik nog onbekend. Met seizoenen worden ook vakantie- en feestdagen bedoeld. Met weersinvloeden worden temperatuur, neerslag en dergelijke parameters bedoeld. Voor de wens van Evides zijn beide factoren belangrijk. Dit onderzoek is erop gericht om SIMDEUM door te ontwikkelen, zodanig dat het door Evides gewenste niveau van voorspelling wordt bereikt. Dit betekent dat SIMDEUM wordt uitgebreid om demografische verschillen nog beter mee te nemen. Daarnaast worden de seizoens- en weersinvloeden op het waterverbruik onderzocht en vertaald naar doorontwikkelingen in SIMDEUM. Een uitgebreide SIMDEUM kan hierdoor het waterverbruik van verschillende DMA's, afhankelijk van demografie, seizoen en weersinvloeden, voorspellen.

## 1.2 Doelstelling

Het oorspronkelijke doel van dit project was om Evides in staat te stellen om het lekverlies in DMA's beter te bepalen. Hiervoor is het nodig om SIMDEUM uit te breiden zodanig dat Evides voor een DMA of reeks van DMA's achteraf het huishoudelijk verbruik kan vaststellen, met kennis van het verleden, waaronder weer, seizoen en demografische gegevens.

Echter, in de loop van het project is vastgesteld dat ook het aandeel kleinzakelijk waterverbruik voor Evides moeilijk in kaart is te brengen. Daarnaast was het niet mogelijk om de metingen, nodig voor het accuraat vaststellen van de invloed van weer, seizoen en demografie op huishoudelijk waterverbruik, tijdig uit te voeren. Dit heeft geleid tot een aangepast projectplan. De aangepaste doelen van het project waren:

- het ontwikkelen van een methodiek om het lekverlies in een DMA te bepalen en kleinzakelijke verbruikers in kaart te brengen;
- het opstellen van een meetplan om adequate gegevens te verzamelen om onderzoek naar de invloed van weer, seizoen en demografie op waterverbruik mogelijk te maken;
- het identificeren van afwijkende verbruikspatronen gerelateerd aan weers- en seizoensinvloeden op basis van metingen van andere drinkwaterbedrijven;
- het opstellen van een aanpak om te bepalen hoe en in welke mate weerparameters en seizoen invloed hebben op het huishoudelijke waterverbruik.

## 1.3 Aanpak en leeswijzer

Om de doelen van dit project te bereiken is de volgende aanpak gevolgd:

- a. **Hoofdstuk 2 - Literatuurstudie:** een beknopte literatuurstudie is uitgevoerd om inzicht te krijgen in welke weerparameters mogelijk het meest invloed hebben op huishoudelijk waterverbruik.
- b. **Hoofdstuk 3 - Bepalen van lekverlies:** een aanpak om het lekverlies in een DMA te bepalen is beknopt toegelicht. Hierin is ook gekeken naar hoe het kleinzakelijk waterverbruik in kaart gebracht kan worden.
- c. **Hoofdstuk 4 - Opstellen meetplan:** voor het opstellen van het meetplan is bepaald hoeveel woningen, met welke kenmerken, op welke locaties en met welke resolutie gemeten moeten worden om de invloed van demografie, weer en seizoen op het huishoudelijk waterverbruik te kunnen onderzoeken.
- d. **Hoofdstuk 5 - Verzamelen en analyse van alternatieve meetreeksen:** in deze stap zijn eerst alternatieve meetsets verzameld. Deze zijn vervolgens geanalyseerd met de VLPV-methode om afwijkende verbruikspatronen door het jaar heen te onderscheiden. Op basis hiervan zijn typische "verbruikclusters" voor verschillende dagen en perioden van het jaar geïdentificeerd;

- e. **Hoofdstuk 6 - Stappenplan formuleren om weers- en seizoensinvloeden op het waterverbruik te bepalen:** in deze stap is bepaald hoe de verbruiksclusters geïdentificeerd in de vorige stap op een meer gedetailleerde wijze onderzocht kunnen worden, o.a., door naar het gemiddelde verbruik, het nachtverbruik en het piekverbruik (tijdstip, lengte en volume) te kijken, en hoe deze gerelateerd kunnen worden aan weerparameters en aan het seizoen (speciale kalenderdagen en vakantieperiodes). Waar mogelijk zijn toepassingen op alternatieve datasets als voorbeeld gegeven. Deze aanpak kan in een vervolgonderzoek toegepast worden op de data verzameld aan de hand van het voorgestelde meetplan in punt 2.
- f. **Hoofdstuk 7 - Conclusies en aanbevelingen:** tenslotte zijn conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek beschreven.

## 2 Literatuuronderzoek

### 2.1 Invloed van weer en seizoen op huishoudelijk waterverbruik

Het huishoudelijk waterverbruik hangt af van verschillende factoren, zoals de gezinssamenstelling, cultuur en gewoontes, routine tussen werk- en weekenddagen en klimaat. Het verband tussen de voornoemde factoren en het waterverbruik is een reeds bekend onderwerp in de literatuur. Met name is de invloed van weerfactoren, zoals temperatuur, neerslag en verdamping op het waterverbruik door meerdere onderzoekers bevestigd. Deze invloed lijkt sterk afhankelijk te zijn van de aard van het voorzieningsgebied en het bestaande klimaat. In Australië (warm en droog klimaat) blijkt dat het waterverbruik voor douchen, sproeien, gebruik van zwembaden en verkoeling (verdampingskoeler) varieert tussen warmere en koudere periodes (Rathnayaka, et al., 2015). De douchefrequentie is hoger in warmere periodes, maar de duur is langer in koudere periodes. Het verbruik voor het sproeien van tuinen neemt toe met de dagelijkse maximale temperatuur. Voor andere tappunten zoals de keukenkraan, wasmachine en dergelijke blijkt er geen variatie te zijn tussen warmere en koudere periodes. Verder blijkt dat de neerslag geen invloed heeft op het waterverbruik (Haque, et al., 2015). Ook in Bangkok en Seoul blijkt dat de temperatuur meer invloed heeft op het waterverbruik dan de neerslag (Praskievicz en Chang, 2009, Babel, et al., 2014). In Duitsland blijkt juist dat de temperatuur geen invloed heeft op het waterverbruik en dat het verbruik licht afneemt wanneer de neerslag toeneemt (Schleich en Hillenbrand, 2009). Ook in Nederland is ondervonden dat waterverbruik gecorreleerd is met het weer: hoge temperaturen en weinig neerslag lijken te leiden tot een hoger waterverbruik, met name op de avond (Bakker, 2014). Uit gegevens van Amsterdam (Goede, 2015), blijkt het volgende:

- In de wintermaanden is de ochtendpiek hoger dan de avondpiek, terwijl dit in de zomermaanden omgekeerd is. Het verbruik via de buitenkraan is verantwoordelijk voor het toename van het verbruik in de zomermaanden.
- Op weekenddagen is de ochtendpiek lager en breder en het verbruik overdag is in het algemeen hoger. Op zondag is de avondpiek meer uitgesproken dan op werkdagen.
- Het verbruik neemt af in juli en augustus i.v.m. de vakantieperiode.
- Het verbruik in de maanden september en oktober is hoger dan het gemiddelde. In deze maanden is de neerslag gemiddeld lager.

Daarnaast blijkt dat voor Nederland, naast weersinvloeden, ook vakantieperiodes zoals de zomer-, herfst-, kerst, voorjaar- en meivakantie, maar ook speciale dagen zoals nieuwjaarsdag, de dag na Hemelvaartsdag en Bevrijdingsdag afwijkende verbruikspatronen tonen (Bakker, 2014).

Ook in het kader van het BTO is door KWR onderzoek gedaan naar weersinvloeden op waterverbruik (Cirkel, et al., 2005, Zwolsman, et al., 2007). Uit de analyse van de gegevens van het pomstation Budel (Brabant Water) blijkt voor landelijk gebied:

- Bij een maximum dagtemperatuur van minder dan 17 °C is er geen relatie is tussen meteorologische variabelen en het waterverbruik. Boven de 17 °C lijkt er een positief lineair verband op te treden tussen de maximum dagtemperatuur en het verbruik.

- Bij minder dan 6 zonuren per dag is er geen relatie met het waterverbruik. Boven deze drempelwaarde lijkt er een positief lineair verband op te treden tussen het aantal zonuren en het verbruik.
- Bij een potentieel neerslagoverschot groter dan 0mm/dag (meer neerslag dan verdamping) is er geen relatie met het waterverbruik. Onder deze drempelwaarde lijkt er een negatief lineair verband op te treden tussen het potentieel neerslagtekort en het verbruik (Cirkel, et al., 2005).

Uit de analyse van de gegevens van het pompstation Tilburg, blijkt voor stedelijk gebied het volgende:

- Het waterverbruik daalt in de zomermaanden (terwijl het in het landelijk gebied juist toeneemt).
- Het waterverbruik wordt sterk beïnvloed door het patroon van werken en vrije tijd: het waterverbruik is op werkdagen zeer constant en op zaterdag en zondag significant lager. Ook vakantieperiodes kunnen uit het waterverbruik afgeleid worden. De invloed van vakanties op verbruiksgegevens wijst erop dat mensen op hun vrije dagen uit het stedelijk gebied wegtrekken.
- Het waterverbruik neemt toe bij een stijging van het neerslagtekort van 1 mm (Zwolsman, et al., 2007).

Op dit moment is de invloed van weer, seizoen en demografie nog niet voldoende gekwantificeerd. Ook de invloed van de voorgenoemde factoren op het nachtverbruik is niet onderzocht. Het doel van dit onderzoek is het bepalen van welke metingen en aanpak nodig zijn om hypothesen over de invloed van weer, seizoen en demografie op waterverbruik vast te kunnen stellen en te vertalen naar invoerparameters in SIMDEUM.

## 3 Bepalen van lekverlies in DMA's

### 3.1 Waterverbruik in DMA's en het bepalen van lekverlies

Er bestaan verschillende methodes om lekverlies<sup>1</sup> in DMA's ( $Q_{lekverlies}$ ) te bepalen (voor een overzicht zie Mesman en van Thienen (2015) en van Thienen en Vertommen (2015)). Een van deze methodes is gebaseerd op het verschil tussen het verwachte waterverbruik in een DMA ( $Q_{DMA,ingeschat}$ ) en het waterverbruik dat daadwerkelijk heeft plaatsgenomen in diezelfde DMA ( $Q_{DMA,ree\ell}$ ), dit is:

$$(1) \quad Q_{lekverlies} = Q_{DMA,ree\ell} - Q_{DMA,ingeschat}$$

Deze vergelijking kan worden toegepast op het totale waterverbruik over een hele dag of op het nachtverbruik. Echter, het bepalen van het lekverlies is accurater wanneer het waterverbruik op het minimum is: gedurende de nachturen (Morrison, et al., 2007).

Om het lekverlies op deze wijze te bepalen is kennis over het reële en ingeschatte waterverbruik nodig. Het reële waterverbruik in een DMA kan worden bepaald aan de hand van metingen. Evides bemetert continu inkomende en uitgaande volumestromen in de verschillende DMA's van haar voorzieningsgebied. Hierbij kunnen meetfouten optreden (Mesman en van Thienen, 2015), waardoor het reële waterverbruik daarom (in nauwkeurigheid) gelijk is aan:

$$(2) \quad Q_{DMA,ree\ell} = Q_{DMA,gemeten} + meetfouten$$

Om het waterverbruik in een DMA in te schatten is het nuttig om inzicht te hebben in de verschillende componenten of soorten waterverbruik die voorkomen in een DMA, met name grootverbruik, kleinzakelijk verbruik en huishoudelijk verbruik. Het ingeschatte waterverbruik is dan gelijk aan:

$$(3) \quad Q_{DMA,ingeschat} = Q_{grootverbruik} + Q_{kleinzakelijkverbruik} + Q_{huishoudelijkverbruik}$$

Deze verschillende componenten kunnen als volgt bepaald worden:

- **Grootverbruik:** het grootverbruik (verbruik  $\geq 10\,000$  m<sup>3</sup>/jaar) kan worden bepaald aan de hand van metingen. Evides bemetert haar grootverbruikers per DMA continu en heeft hier goed inzicht in. Ook in deze component kunnen meetfouten optreden.
- **Kleinzakelijk verbruik:** het kleinzakelijke deel van het waterverbruik kan worden bepaald aan de hand van de Verbruikspatronenbibliotheek (Pieterse-Quirijns en van de Roer, 2013). Dit vereist eerst de identificatie van de bestaande type kleinzakelijke verbruikers die voorkomen in een DMA. Momenteel heeft Evides hier nog niet voldoende inzicht in. Hoofdstuk 3.2 behandelt dit aspect daarom in meer detail. Bij deze aanpak moet rekening gehouden worden met onzekerheden in de vorm van modelfouten.

<sup>1</sup> Nota: wat daadwerkelijk wordt bepaald is het niet in rekening gebrachte waterverbruik (NRW). Lekverlies is hier een onderdeel van, maar NRW bevat ook o.a. verbruik door onbekende aansluitingen, spuiacties en meetfouten.

- **Huishoudelijk verbruik:** het huishoudelijk deel van het waterverbruik kan worden bepaald op basis van SIMDEUM. Het huishoudelijk verbruik kan variëren door invloed van weer, seizoenen en demografie. Om dit deel van het waterverbruik accuraat in te schatten is het daarom nodig om deze invloeden goed te beschrijven en in te werken in SIMDEUM. De focus van dit project ligt met name op dit aspect en wordt in de volgende hoofdstukken uitgewerkt. Ook bij deze aanpak moet rekening gehouden worden met modelfouten.

### 3.2 Kleinzakelijk verbruik

Het kleinzakelijk verbruik is gebruikelijk gedefinieerd als zijnde het verbruik met een volumegrootte tussen de 300 en 10.000 m<sup>3</sup> per jaar. Echter, de grootte van het kleinzakelijk verbruik kan onder deze minimum grens liggen. Het is daarom van belang om de kleinzakelijke verbruikers niet slechts op basis van het jaarverbruik te identificeren, maar ook aan de hand van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen BAG en/of de Standaard Bedrijfs Indeling (SBI) (Handelsregister (2015)).

In dit project is een eerste poging gedaan om kleinzakelijke verbruikers te identificeren via de BAG-codes. Deze benadering bleek echter niet haalbaar te zijn, doordat een groot deel van de gebruiksdoelen meervoudig zijn. Daarom is aan Evides voorgesteld om een inventarisatie van de kleinzakelijke verbruikers te maken aan de hand van de SBI codes. Evides heeft de tien meest significante (op basis van hun totaal verbruik) kleinzakelijke verbruikers in haar voorzieningsgebied geïdentificeerd. Hiervoor is gekeken of de Verbruikspatronenbibliotheek beschikt over standaardpatronen die geschikt zijn voor deze verbruikers. Tabel 1 geeft hier een overzicht van.

TABEL 1. MEEST RELEVANTE KLEINZAKELIJKE VERBRUIKERS IN HET VOORZIENINGSGEBIED VAN EVIDES EN BIJBEHORENDE BESCHIKBAARHEID VAN PATRONEN.

Kleinzakelijke verbruikers	Patronen in Verbruikspatronenbibliotheek	Opmerking
administratiekantoren	Ja: standaardpatroon voor kantoren.	-
basisonderwijs voor leerplichtigen	Ja: standaardpatronen voor lagere, middelbare en hogere scholen.	-
verzorgingshuizen	Ja: standaardpatronen voor zorginstelling met onderscheid tussen verpleeghuizen en woon-zorgcombinatie.	Onderscheid maken tussen verpleeghuizen en woon-zorginstallaties.
hotel-restaurants	Ja: standaardpatronen voor zakelijke, toeristische- en theaterhotels.	-
cafés restaurants	Ja: standaardpatronen voor eetgelegenheden - lunchroom of restaurants.	Onderscheid maken tussen lunchrooms en restaurants.
fokken en houden van melkvee	Nee	In onderzoek kan worden uitgezocht of het mogelijk is om hier standaardpatronen voor te maken.
teelt van groenten, wortel en knolgewassen	Nee	
teelt van overige eenjarige gewassen	Nee	
leggen van riolering, buizen en pijpleidingen, aanleg van bronbemaling	Nee	Het lijkt niet mogelijk om hiervoor standaardpatronen te maken. Verbruikers individueel bemeteren.

Voor zes van de tien geïdentificeerde kleinzakelijke verbruikers is het mogelijk om hun waterverbruik in te schatten aan de hand van het Verbruikspatortenbibliotheek. In enkele gevallen kan het van meerwaarde zijn om op basis van de SBI codes en specifiekere beschrijving van de verbruikers te maken. Voor de andere vier type verbruikers bestaan er nog geen standaardpatronen. Het inschatten van hun verbruik vergt daarom extra onderzoek of het apart bemeteren van deze verbruikers.

## 4 Metingen

### 4.1 Inleiding en doel

Om de invloed van seizoenen, weer en demografie op het huishoudelijk waterverbruik vast te stellen is het nodig om het waterverbruik van huishoudens met verschillend karakter te bemeten gedurende een periode waarin seizoenen variëren, speciale dagen en verlofperiodes voorkomen en weersomstandigheden veranderen.

Voor het simuleren van waterverbruik met SIMDEUM zijn de gezinssamenstelling en de gegevens voor leidingwaterinstallaties van belang. De te kiezen meetlocaties moeten voldoende variatie in deze karakteristieken vertonen tussen meetlocaties, maar idealiter voldoende uniformiteit hebben binnen elk meetlocatie, bijvoorbeeld, redelijk uniform in samenstelling en karakter, en voldoende groot om een goed gemiddelde patroon te verkrijgen. Dit stelt randvoorwaarden aan de meetduur en de grootte van het te bemeten gebied.

Het is te verwachten dat de invloed van seizoenen en weer op de gedragscomponent anders is voor landelijke, stedelijke en voorstedelijke huishoudens. Tussen deze gebieden zijn er namelijk verschillen in gedrag door, o.a., variërende aanwezigheid van mensen thuis (naar verwachting hoger in landelijke gebieden), flexibiliteit in dagelijkse routine (werk), reistijd tussen woning en werk en soort uitgevoerd werk (naar verwachting meer fysiek werk in landelijke gebieden). Ook de gezinssamenstelling kan van belang zijn: huishoudens met tweeverdieners hebben een ander gedrag dan huishoudens met gezinnen met kinderen en dit gedrag kan anders worden beïnvloed door weer en seizoenen (er kan worden gedacht aan schoolvakanties en het vullen van zwembadjes voor kinderen bv.). Bovendien is het ook te verwachten dat het seizoenen en weer vooral invloed hebben op het waterverbruik via de buitenkraan, en dus meer op woningen met een buitenkraan en minder op appartementen. Het type woning en aanwezigheid van een tuin speelt daarom ook een belangrijke rol.

Dit meetplan heeft als doel Evides te ondersteunen in de keuze van de ideale meetlocaties, meetperiodes en tijdstap, om de invloed van seizoenen (incl. speciale dagen en vakantieperiodes), weer en demografie (landelijk, stedelijk en voorstedelijk) op het huishoudelijk waterverbruik in de DMA's vast te stellen.

### 4.2 Meetplan

#### 4.2.1 Meetsets

Voor het opstellen van hypothesen over weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik en het valideren van het daarop aangepaste SIMDEUM, dienen twee meetsets verkregen te worden: meetset 1 voor het verkrijgen van de benodigde informatie om hypothesen op te stellen en op basis daarvan SIMDEUM aan te passen (en kalibreren); en meetset 2 om het aangepaste model te toetsten en valideren. Meetsets 1 en 2 mogen verschillen in meettijd (meetset 2 kan een kortere periode betreffen) en eventueel in locaties.

#### 4.2.2 Aantal woningen

De metingen dienen uitgevoerd te worden op wijk- en appartementsgebouwniveau. De aanbeveling is om tussen 100 en 200 huishoudens te bemeten per meetlocatie. Wat van belang is, is dat de grootte van de wijken en de appartementsgebouwen, met name het



aantal huishoudens, ongeveer gelijk is. De variatie in waterverbruik is niet onafhankelijk van het aantal bemeten huishoudens: deze schaalverschillen dienen vermeden te worden voor het doel van dit project. Dit betekent dat als een appartementsgebouw bv. 100 appartementen bevat, het beste is om ook een wijk met 100 woningen in aanmerking te nemen.

#### 4.2.3 Meetlocaties

Idealiter zouden meerdere locaties met dezelfde kenmerken geselecteerd moeten worden om te controleren dat deze qua waterverbruik inderdaad vergelijkbaar zijn en dat er geen belangrijke beïnvloedingsfactoren worden gemist. Door praktische beperkingen is gekozen om dit niet te doen en de focus te leggen op meetlocaties die verschillen in kenmerken. Aan Evides is voorgesteld om tien meetlocaties in aanmerking te nemen met bepaalde kenmerken. Deze zijn beschreven in de Bijlage. Aan de hand van het voorstel heeft Evides op de negen locaties beschreven in Tabel 2 meters geïnstalleerd.

TABEL 2. MEETLOCATIES GEKOZEN DOOR EVIDES EN BIJBEHORENDE KENMERKEN.

Meetlocatie	Gemeente	Straat	Kenmerken woningen		Kenmerken inwoners (wijkinfo)		
			Aantal woningen	Type woning	Huishoudens eenpersoon	Huishoudens met kinderen	Leeftijd >65
Landelijk 1	Oostvoorne	Van der Meerweg	115	Luxe vrijstaande woningen met tuin	48%	19%	50%
Landelijk 3	Hellevoetsluis	Krab	142	Rijteswoningen met tuin	30%	43%	7%
Landelijk 4	Oostvoorne	Polderslaan	109	Luxe vrijstaande luxe woningen met tuin	26%	39%	30%
Voorstedelijk 1	Spijkenissen	Mildenburgallee	138	Luxe twee-onder-een-kapwoningen met tuin	16%	53%	7%
Voorstedelijk 2 <sup>2</sup>	Spijkenissen	Hongerlandsedijk	onbekend	flat	29%	11%	35%
Voorstedelijk 3	Vlaardingen	Blois van Treslongstraat	125	Appartementen: senioren flat	Senioren flat: wijkinfo is niet representatief		
Stedelijk 1	Rotterdam	Jinnahsingel	112	Luxe woningen met tuin (combinatie vrijstaande en twee-onder-een-kap)	45%	29%	23%
Stedelijk 2	Rotterdam	Doggerstraat	117	Goedkope appartementen zonder tuin	56%	24%	11%
Stedelijk 3	Rotterdam	Emelenkamp	119	Goedkope rijteswoningen met tuin	50%	27% <sup>3</sup>	20%

De gegevens betreffend gezinssamenstelling, arbeid, aantal senioren, woning waarde en inkomen kunnen worden gevonden op de website van CBS. Het type bestaande woningen kan onderzocht worden door middel van Google maps (2014).

<sup>2</sup> Meetlocatie Voorstedelijk 2 is nog niet gerealiseerd.

<sup>3</sup> Geselecteerde woningen betreffen meer gezinnen met kinderen.

#### 4.2.4 Meetperiode

De meetperiodes moeten lang genoeg zijn om variaties in seizoenen en weersomstandigheden waar te nemen. Daarnaast heeft de selectie van de periode niet alleen betrekking op het weer of seizoen, maar ook op demografie: een mogelijke vraag is, bijvoorbeeld, of een vakantieperiode een andere invloed heeft op waterverbruik in een wijk met tweeverdieners dan in een gezinswijk. Om alle seizoensinvloeden mee te nemen, dat wil zeggen, weersinvloeden, maar ook vakanties, feestdagen en anderen, is een heel jaar aan metingen nodig. Idealiter zouden meerdere jaren bemeterd moeten worden om ook extreme weersomstandigheden (bv. een hittegolf of een vorstperiode) in aanmerking te kunnen nemen. Dit is van belang om kennis op te doen en op basis daarvan hypothesen op te stellen en die dan te analyseren. Een kortere meetperiode toepassen betekent dat er een selectie van factoren vooraf moet worden gemaakt die de identificatie van, op dit moment, nog onbekende factoren kunnen beperken.

Om de invloed van weerparameters zoals temperatuur en neerslag te analyseren, is het interessant om gemiddelde en extreme maanden in aanmerking te nemen. Dit zijn gemiddeld (Wikipedia):

- Warmste maand: juli
- Koudste maand: januari
- Droogste maand: april
- Natste maand: oktober
- Gemiddelde maand (temperatuur): oktober
- Gemiddelde maand (neerslag): januari

Voor het meetjaar kunnen deze anders zijn.

#### 4.2.5 Tijdstap

Om de invloed van demografie te bepalen is het belangrijk om de piekverbruiken goed te kunnen meten. Hiervoor is een kleine tijdschaal nodig. Voor het ontwerp van distributienetten is het nodig om een tijdschaal zo klein als een seconde te gebruiken om het maximale waterverbruik nauwkeurig te weten (Pieterse-Quirijns en Beverloo, 2013). Omdat het doel van dit project niet zozeer het ontwerp van een leidingnet is, maar er interesse is in de gemiddelde dagelijkse piek, het moment/tijdstip van de ochtendpiek en in de hoogte van het nachtverbruik, lijkt 10 seconden of een minuut voldoende. Een korte tijdstap is gewenst om het (lage) nachtverbruik en de verandering hierin goed in de metingen waar te nemen.

Voor de invloed van het weer kan de tijdschaal wat grover zijn. Om de VLPV methode toe te kunnen passen en afwijkingen te constateren is een tijdstap van 5 of 15 minuten voldoende. Voor de door Evides gewenste SIMDEUM patronen per dag, uur en minuut-basis, dient een tijdstap van maximaal een minuut (of kleiner).

Het voorstel is daarom, indien er genoeg opslagcapaciteit is, het waterverbruik te meten en te loggen om de 10 seconden en deze later te aggregeren in grotere tijdstappen voor de VLPV analyse. Indien er niet genoeg opslagcapaciteit is, wordt een tijdstap van een minuut voorgesteld, en dan informatie op te slaan van het gemiddelde en maximale verbruik in die minuut.

# 5 Identificatie van weers- en seizoensafhankelijke verbruiksclusters: analyse van beschikbare metingen

## 5.1 Inleiding en benadering

Om inzicht te krijgen in de mogelijke invloed van weer en seizoen op het huishoudelijk waterverbruik zijn metingen van drie drinkwaterbedrijven (8 gebieden) geanalyseerd met de VLPV-methode (Van Thienen en Pieterse-Quirijns, 2011). Deze methode is ingezet om op een eenvoudige en objectieve wijze wijzigingen in het waterverbruik te identificeren.

## 5.2 De VLPV-methode: beknopte toelichting

Metingen zijn een bron van informatie over wat er gebeurt in een netwerk. Echter is het niet altijd eenvoudig om metingen te analyseren en te vertalen naar duidelijke en bruikbare informatie. In dit kader heeft KWR een methode ontwikkeld die een eenvoudige en kwantitatieve analyse biedt van metingen: de Vergelijking van LeveringsPatroon Verdelingen (VLPV). De VLPV-methode identificeert de variatie tussen tijdreeksen van metingen. Bovendien worden veranderingen gekwantificeerd en onderscheid in *consistente* en *inconsistente* veranderingen:

- Een verandering is *consistent* als het leveringspatroon niet van vorm verandert, maar vermenigvuldigd wordt door een schaalfactor (aan bevolkingsgroei of -krimp bv.);
- een verandering is *inconsistent* als het gehele leveringspatroon verschoven wordt door een optelfactor (denk aan een lekverlies bv.).

In deze sub-paragraaf is VLPV-methode beknopt toegelicht. Voor meer informatie wordt de lezer verwezen naar Van Thienen en Pieterse-Quirijns (2011) en Van Thienen (2013).

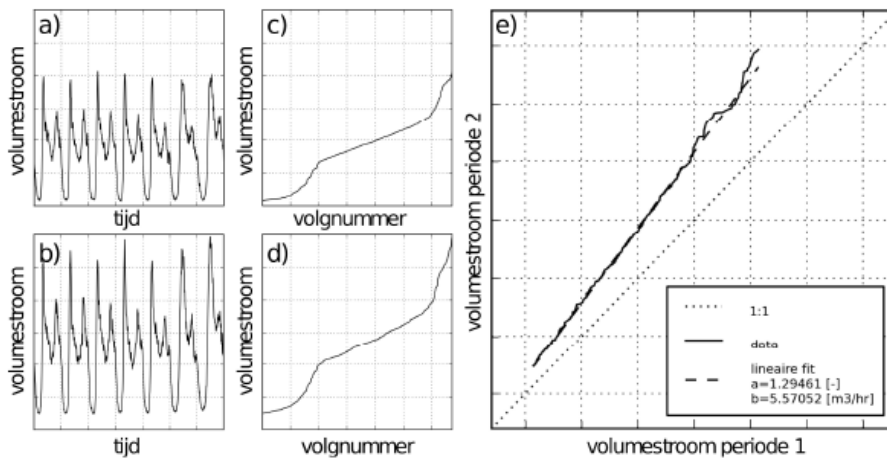
Voor de vergelijking van verschillende perioden binnen een volumestroomtijdreeks is de procedure als volgt:

1. De tijdreeks wordt verdeeld in een aantal gewenste perioden van gelijke duur (bv. een tijdreeks van een jaar kan worden verdeeld in 12 tijdreeksen van een maand);
2. De volumestromen van elke periode worden gesorteerd van laag naar hoog, en de volgnummers van de metingen worden geschaald zodanig dat deze tussen 0 en 1 liggen (Figuur 1a-d);
3. Iedere gesorteerde en geschaalde periode wordt tegen ieder andere periode gezet in een grafiek. Voor ieder paar wordt een curve verkregen waarop een lineaire kleinste-kwadratenfit uitgevoerd wordt. Deze fit levert, voor elk paar van perioden, een helling (a) en een y-asafsnode (b) op (Figuur 1e). De waarden hiervan geven aan of de volumestromen van de perioden van elkaar verschillen en welke type afwijking hiervan de oorzaak is: de helling (a) is gelijk aan de schaalfactor van een consistente verandering, en de y-asafsnode (b) is gelijk aan de optelfactor van een inconsistente verandering. Voor de interpretatie van de waarden a en b zie Tabel 3;

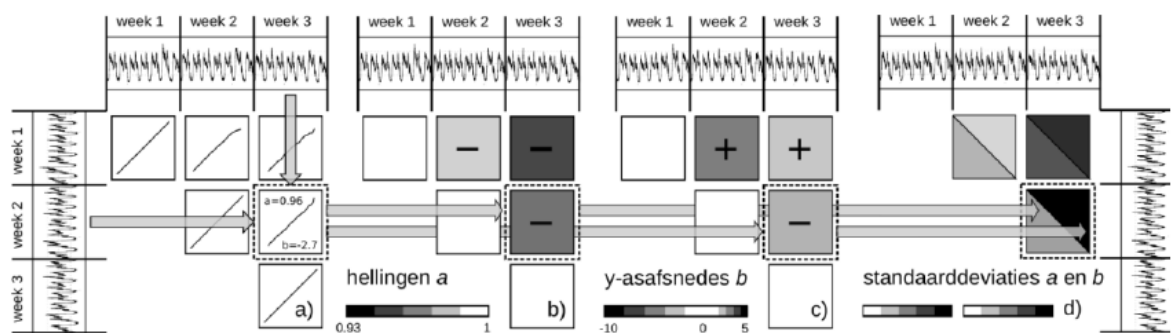
4. Er wordt een blokdiagram gemaakt voor de schaalfactoren  $a$  en een voor de optelfactoren  $b$ . Een blokdiagram is een matrix waarin iedere periode tegen iedere andere periode wordt gezet. De elementen van de matrix zijn de verkregen schaalfactoren of de optelfactoren voor ieder paar van perioden (Figuur 2);
5. Tenslotte wordt de correlatie tussen de schaal- en optelfactoren uitgerekend en een blokdiagram van standaarddeviaties opgesteld.

Op basis van de correlatie kan worden vastgesteld in welke mate de schaal- en optel-factoren onafhankelijk van elkaar zijn. Een kleine correlatie betekent dat de geconstateerde consistente en inconsistente veranderingen goed aan verschillende onafhankelijke mechanismen kunnen worden toegeschreven.

De standaarddeviaties geven een mate van de kwaliteit van de fit van de lineaire curve. Deze bieden daarom een handvat voor de beoordeling van de kwaliteit van de verkregen schaal- en optel-factoren.



FIGUUR 1. VLPV-PROCEDURE: VERGELIJKING VAN TWEE SUBPERIODEN.



FIGUUR 2. VLPV-PROCEDURE: VERKRIJGEN VAN BLOKDIAGRAMMEN VOOR DE VERGELIJKING VAN TWEE TIJDREKSEN.

TABEL 3. INTERPRETATIE VAN VLPV-UITKOMSTEN (SCHAALFACTOR A EN OPTELFACTOR B) NAAR CONSISTENTE EN INCONSISTENTE VERANDERINGEN (PIETERSE-QUIRIJNS, 2014).

	<b>b=0</b>	<b>b&gt;0</b>	<b>b&lt;0</b>
<b>a=1</b>	Geen verandering in leveringspatroon.	Constante toename in volumestroom, die niet het vastgestelde patroon volgt (verschuiving of inconsistente toename)	Constante afname in volumestroom, die niet het vastgestelde patroon volgt (verschuiving of inconsistente afname)
<b>a&gt;1</b>	Toename in watervraag/volumestroom die een vastgesteld patroon volgt (schaling of consistente toename)	Combinatie van toename in volumestroom volgens een vastgesteld patroon (schaling of consistente toename) èn een toename die niet het vastgestelde patroon volgt (verschuiving of inconsistente toename)	Combinatie van toename in volumestroom volgens een vastgesteld patroon (schaling of consistente toename) èn een afname die niet het vastgestelde patroon volgt (verschuiving of inconsistente afname)
<b>a&lt;1</b>	Afname in volumestroom die een vastgesteld patroon volgt (schaling of consistente afname)	Combinatie van afname in volumestroom volgens een vastgesteld patroon (schaling of consistente afname) èn een toename die niet het vastgestelde patroon volgt (verschuiving of inconsistente toename)	Combinatie van afname in volumestroom volgens een vastgesteld patroon (schaling of consistente afname) èn een afname die niet het vastgestelde patroon volgt (verschuiving of inconsistente afname)

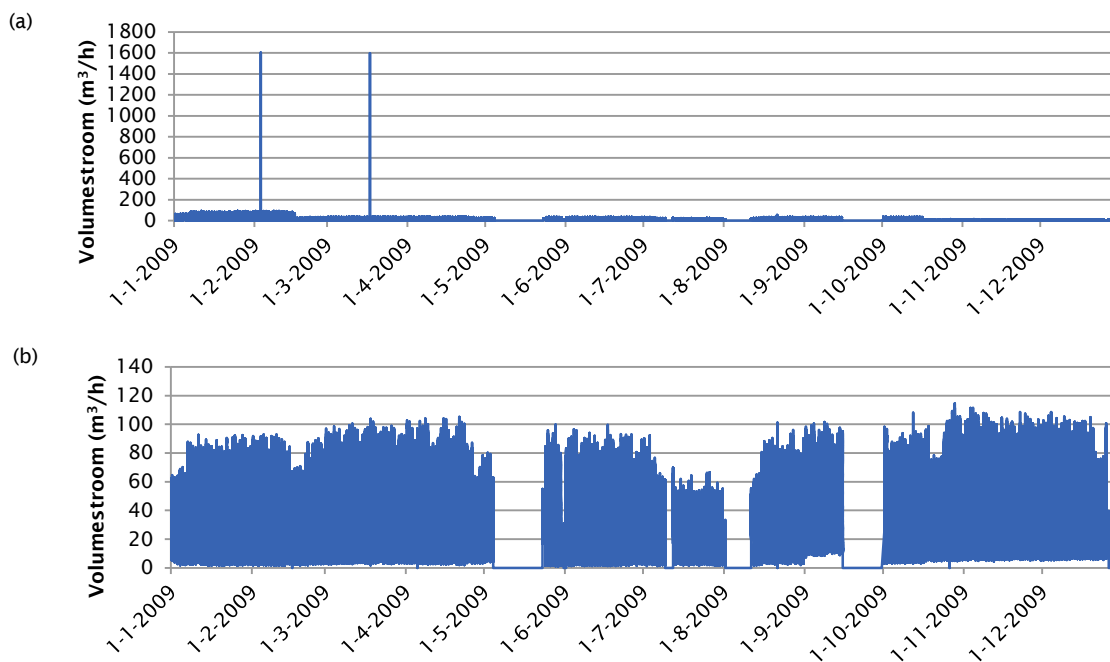
### 5.3 Beschikbare gegevens

Dunea, Oasen en Waternet hebben metingen ter beschikking gesteld. Tabel 4 bevat de kenmerken van de verschillende datasets.

TABEL 4. KENMERKEN VAN DE METINGEN.

Set	Gebied	Meetperiode	Tijdstap	Aantal woningen	Ter beschikking gesteld door
1	Diemen-Noord	2009	1 min.	1800	Waternet
2	Wassenaar	2012	5 min.	?	Dunea
3	Bodegraven-zuid, Gouda, Leimuiden, Reeuwijk, Woubrugge en Zoeterwoude	1-12-2014 t/m 31-08-2015	60 min.	1500 – 3000 aansluitingen	Oasen

De aangeleverde gegevens zijn eerst gecorrigeerd, door outliers te verwijderen (zie voorbeeld in Figuur 3). Daarna zijn de gegevens geanalyseerd met de VLPV-methode om afwijkingen in metingen te identificeren en onderscheiden. Deze analyse is op twee niveaus uitgevoerd: (1) de metingen van een heel jaar zijn op maand- en weekbasis vergeleken; (2) de metingen van elke maand zijn op dagbasis vergeleken. Op basis van de resultaten zijn verschillende dagen en perioden in het jaar met afwijkende verbruikspatronen geïdentificeerd en vertaalt naar “verbruiksclusters” .



FIGUUR 3. METINGEN VOOR DIEMEN-NOORD VOOR 2009: (A) RUWE DATA (MET OUTLIERS); (B) GECORRIGEEERDE DATA (OUTLIERS VERWIJDERD).

De metingen van Diemen-Noord bevatten meerdere hiaten, van enkele uren tot meerdere dagen (zie voorbeeld in Figuur 3), die ook samenvallen met zomermaanden en vakantieperiodes. Deze hiaten hebben de resultaten van de VLPV-analyse voor de betreffende periodes sterk ingeperkt.

Bij de metingen van Wassenaar is het niet-huishoudelijk waterverbruik van het vakantie- en attractiepark Duinrell inbegrepen. Het verbruik van Duinrell is verantwoordelijk voor een significant deel van het totaal verbruik in Wassenaar en is naar verwachting sterk seizoensafhankelijk. Het afleiden van weers- en seizoensinvloeden op huishoudelijk verbruik op basis van deze metingen kan daarom beperkt zijn.

De metingen van Oasen bevatten weinig hiaten en hoofdzakelijk huishoudelijk verbruik. Voor de VLPV-analyse is de tijdstap van 60 minuten ook voldoende. Voor een meer gedetailleerde onderzoek rondom de patronen (incl. tijdstip en vorm van piekverbruik) in een volgende fase is echter een kleinere tijdstap gewenst.

## 5.4 Resultaten

### 5.4.1 Samenvatting

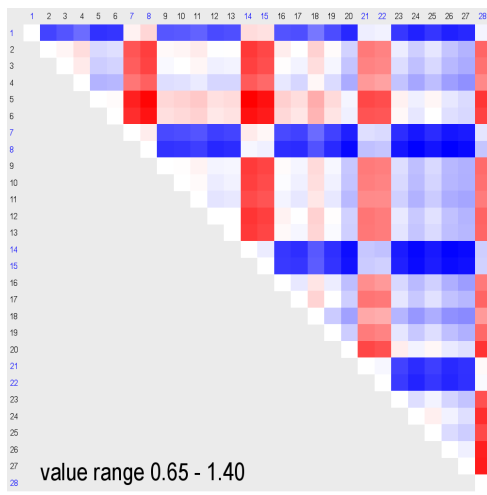
Tabel 5 bevat een samenvatting van de resultaten van de VLPV-analyse van de verschillende datasets. De resultaten laten duidelijk zien dat het verbruikspatroom afwijkt in vakantieperiodes, weekenddagen, feestdagen en in de warmere zomermaanden (zie voorbeeld in Figuur 4). In vakantieperiodes is er een consistente afname in het leveringspatroon, in enkele gevallen gepaard met een inconsistente toename. De consistente afname is veroorzaakt doordat minder mensen thuis aanwezig zijn. Tussen eind juni en begin juli, de warmere periode voor de zomervakantie, is er een consistente toename in het leveringspatroon. Deze toename is mogelijk veroorzaakt door een meer frequent gebruik van de douche en wasmachine. In Wassenaar is tussen begin juli tot eind september een

inconsistente toename zichtbaar. Deze kan worden veroorzaakt door een groter gebruik van de buitenkraan (bv. besproeien van tuinen). Juni 2012 was een abnormale koud en natte maand. In de metingen geleverd door Oasen is de inconsistente toename al vanaf begin juni geïdentificeerd. Tussen werk- en weekenddagen is het leveringspatroon aanzienlijk anders. Op weekenddagen is er een consistente toename en inconsistente afname in het leveringspatroon (zie voorbeeld in Figuur 5). Het verschil tussen werk- en weekenddagen is echter minder duidelijk in de zomermaanden (betreft juli en augustus voor Wassenaar in 2012, en juni, juli en augustus voor de gebieden van Oasen in 2015). De invloed van weer en vakantieperiodes in de zomermaanden lijkt daarom sterker te zijn dan het verschil tussen werk- en weekenddagen. De verbruikspatronen op feestdagen zoals de 2<sup>de</sup> paasdag, Koninginnedag, Koningsdag, Hemelvaartsdag, 2<sup>de</sup> pinksterdag, 1<sup>ste</sup> en 2<sup>de</sup> kerstdag, lijken op weekenddagen: op deze dagen is een consistente toename en inconsistente afname zichtbaar (zie voorbeeld in Figuur 5).

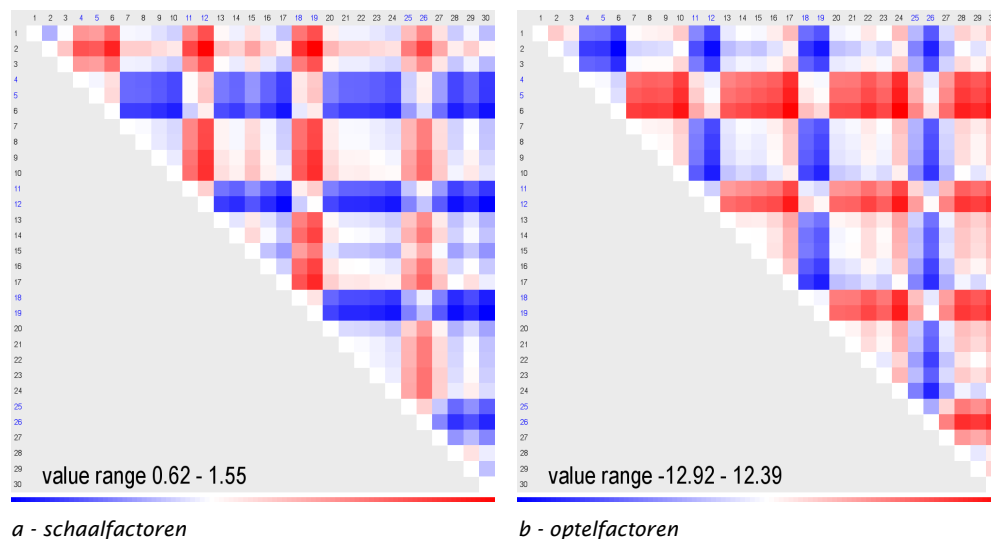
TABEL 5. SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN VAN DE VLPV-ANALYSE VOOR DE VERSCHILLENDE DATASETS.

Periode of speciale dag	Diemen-Noord	Wassenaar	Gebieden Oasen
Voorjaarsvakantie	Consistente afname + inconsistente toename	Consistente afname	Consistente afname
Meivakantie	Consistente afname	-	Consistente afname + inconsistente toename
Zomervakantie	Consistente afname	Consistente afname	Consistente afname
Herfstvakantie	Inconsistente toename	Consistente afname	-
Kerstvakantie	Consistente afname	Inconsistente afname	Consistente toename + inconsistente afname
Warme/drogere periode		Consistente toename in het voorjaar Consistente toename: 23 juni – 8 juli Consistente afname in het najaar Inconsistente toename: 2 juli – 23 september	Consistente toename: eind juni – begin juli Inconsistente toename: 1 juni - 23 augustus
nieuwjaarsdag	Hiaat in gegevens	-	Consistente toename + inconsistente afname In Zoeterwoude: consistente afname + inconsistente toename
2 <sup>de</sup> paasdag	Consistente toename + inconsistente afname	Consistente toename + inconsistente afname	Consistente toename + inconsistente afname
Koningsdag	n.v.t.	n.v.t.	Consistente toename + inconsistente afname
Koninginnedag	-	Inconsistente afname	n.v.t.
Bevrijdingsdag	Hiaat in gegevens	-	-
Hemelvaartsdag	Hiaat in gegevens	Consistente toename + inconsistente afname	-
2 <sup>de</sup> pinksterdag	Consistente toename + inconsistente afname	Inconsistente afname	Consistente toename
1 <sup>ste</sup> en 2 <sup>de</sup> kerstdag	Consistente toename + inconsistente afname	Consistente toename	Consistente toename + inconsistente afname
oudejaarsavond	Hiaat in gegevens	Consistente toename	-
weekenddagen	Consistente toename + inconsistente afname	Consistente toename + inconsistente afname (minder duidelijk in juli en augustus)	Consistente toename + inconsistente afname (minder duidelijk in juni, juli en augustus)





FIGUUR 4. RESULTATEN VAN DE VLPV-ANALYSE VOOR DE MAAND FEBRUARI 2015 OP DAGBASIS VOOR HET GEBIED LEIMUIDEN. NAAST DE AFWIJINGEN TUSSEN WERK- EN WEEKENDDAGEN, IS EEN CONSISTENTE AFNAME TUSSEN 23 EN 27 FEBRUARI ZICHTBAAR. DEZE DAGEN KOMEN OVEREEN MET DE VOORJAARSVAKANTIE.



FIGUUR 5. RESULTATEN VAN DE VLPV-ANALYSE VOOR DE MAAND APRIL 2015 OP DAGBASIS VOOR HET GEBIED GOUDA. DE AFWIJINGEN TUSSEN WERK- EN WEEKENDDAGEN ZIJN DUIDELIJK TE ZIEN: (A) DE SCHAALFACTOREN DUIDEN OP EEN CONSISTENTE TOENAME OP WEEKENDDAGEN EN (B) DE OPTELFACTOREN DUIDEN OP EEN INCONSISTENTE AFNAME OP WEEKENDDAGEN. DE VERBRUIKSPATRONEN OP DE 2<sup>DE</sup> PAASDAG (6 APRIL) EN KONINGS DAG (27 APRIL) LIJKEN OP DE PATRONEN VAN WEEKENDDAGEN.

#### 5.4.2 Conclusie m.b.t. verbruikscusters

Op basis van de resultaten van de VLPV-analyse van de metingen zijn de volgende verbruikscusters of typische verbruiksdagen gedefinieerd:

- gemiddelde werkdag buiten zomerperiode;
- gemiddelde werkdag in zomerperiode;
- gemiddelde weekenddagen buiten zomerperiode;
- gemiddelde weekenddag in zomerperiode;
- feestdagen (2<sup>de</sup> paasdag, Koningsdag, Hemelvaartsdag, 2<sup>de</sup> pinksterdag, 1<sup>ste</sup> kerstdag, 2<sup>de</sup> kerstdag, oudejaarsavond en nieuwjaar);
- vakantiedagen (voorjaars-, mei-, zomer-, herfst- en kerstvakantie).

De gemiddelde patronen van deze verbruiksclusters dienen in meer detail te worden onderzocht om te zien op welke aspecten en in welke maten de patronen afwijken. Op basis daarvan kunnen hypothesen voor weers- en seizoensinvloeden opgesteld worden.

# 6 Stappenplan om weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik te bepalen

## 6.1 Stappenplan

Om aan de hand van metingen (door Evides te verzamelen in 2016) hypothesen op te stellen over de invloed van weer en seizoen op waterverbruik wordt voorgesteld om het volgende stappenplan te volgen:

### 1. Identificeren van relevante verbruiksclusters voor iedere meetlocatie.

Deze stap kan worden uitgevoerd op basis van een VLPV-analyse van de verzamelde metingen (zoals in Hoofdstuk 5) of op basis van de bevindingen uit dit rapport. De eerste optie vergt extra (in zekere mate herhalend) werk maar garandeert dat de juiste/specifieke verbruiksclusters voor de verzamelde data geïdentificeerd worden. Er kan ook gedacht worden aan verbruiksclusters per kwartaal of aan weersafhankelijke verbruiksclusters (door bv. het jaar in te delen in warmere en koudere periodes, of in periodes met meer en minder neerslag, of neerslagtekort).

### 2. Bepalen van gemiddelde patronen voor de geïdentificeerde verbruiksclusters.

In deze stap dient voor ieder meetlocatie één gemiddeld patroon per verbruikscluster uitgerekend te worden (een gemiddeld patroon voor werkdagen, een gemiddeld patroon voor weekenddagen, een gemiddeld patroon voor dagen in de zomervakantie, etc.).

### 3. Vergelijking van de verschillende gemiddelde patronen.

Om de gemiddelde patronen te vergelijken zijn de volgende benaderingen denkbaar:

- a. **standaard deviatie tussen patronen door de dag heen:** door het gemiddelde en standaard deviatie tussen alle patronen op ieder tijdstip uit te rekenen, kan worden gekeken op welke momenten van de dag de patronen het meest (en het minst) afwijken. Dit dient als uitgangspunt voor stap 3b.
- b. **verschillen tussen genormaliseerd patronen:** door (1) het verbruik van elk patroon te normaliseren met het bijbehorend maximaal verbruik, zijn de periodes met lager en hoger verbruik per patroon duidelijk te onderscheiden; (2) de patronen naast elkaar te plotten, kunnen verschillen in start (tijdstip) en duur van deze periodes geïdentificeerd worden. Periodes in de dag waarin de variatie tussen patronen het grootste is (uit stap 3a) verdienen extra aandacht in deze stap. Bv., wanneer in stap 3a geïdentificeerd wordt dat in de ochtend de variatie in verbruik het grootste is, kan in deze stap dieper worden gekeken naar wat deze variatie kan verklaren, bv.: start de ochtendpiek op een andere tijdstip voor de verschillende patronen? en/of is de duur van de ochtendpiek anders?
- c. **relatief verbruik op basis van referentiepatroon:** door de patronen van de verschillende clusters te delen door een gemiddeld of referentiepatroon (bv. reguliere werkdag en reguliere weekenddag) kan het relatieve verschil

tussen patronen gekwantificeerd worden. Dit biedt toegevoegde informatie aan de vorige stappen, die het verschil in absolute waarde duidelijk maken.

De voorgestelde vergelijkingen 3a en 3b kunnen eenvoudig worden uitgevoerd in Microsoft Excel of met behulp van de functie *plot\_pattern\_comparison.m* uit de SIMDEUM toolbox. Deze functie genereert twee figuren die overeenkomen met de vergelijkingen beschreven in 3a en 3b. Hiervoor dienen de patronen eerst in het adequaat *\*.street* formaat te worden verwerkt (dit kan door gebruik van de script *read\_xls\_save\_street.m* in de SIMDEUM toolbox).

#### 4. Interpretatie van de geïdentificeerde verschillen tussen patronen in stap 3.

Aan de hand van kenmerken van de meetlocaties kunnen mogelijke oorzaken worden geformuleerd die de geïdentificeerde verschillen kunnen verklaren. Enkele denkbare voorbeelden zijn:

- a. in de zomerperiode is er meer waterverbruik op de avonduren. Indien dit enkel voor meetlocaties met woningen met een buitenkraan wordt geconstateerd, duidt dit erop dat enkel het waterverbruik via de buitenkraan afhankelijk is van het weer: in de zomerperiode wordt de buitenkraan vaker gebruikt. Indien dit ook voor woningen zonder buitenkraan wordt geconstateerd, duidt dit erop dat het waterverbruik in meer algemene zin afhankelijk is van het weer: in de zomerperiode douchen mensen misschien vaker.
- b. op feestdagen is de ochtendpiek minder uitgesproken en loopt deze uit over de hele dag. Dit duidt op de invloed van seizoen op waterverbruik: op feestdagen zijn mensen minder gebonden aan uren en blijven langer thuis waardoor het waterverbruik meer verspreid is over de dag;
- c. op werkdagen valt de ochtendpiek in het voorstedelijk gebied vroeger op de dag dan in het stedelijk gebied. Dit duidt op de invloed van woon-werkafstand op waterverbruik: mensen moeten vroeger opstaan en douchen om naar het werk te gaan.
- d. op zowel werk- en weekenddagen is er een meer uitgesproken avondpiek voor gezinnen met kinderen dan voor gezinnen zonder kinderen. Dit duidt op de invloed van demografie op waterverbruik: kinderen gaan vaker op de avond in het bad en gaan op vaste tijden naar bed.

#### 5. Model voor weers- en seizoensinvloeden opstellen.

In deze stap dient de interpretatie van de resultaten vertaald te worden naar een model. Dit model kan dan vervolgens in een later stadium geïmplementeerd worden in SIMDEUM. Op basis van de voorbeelden in stap 4 zijn o.a. de volgende hypothesen voor het model denkbaar:

- a. toename van het gebruik van de buitenkraan op de avonduren in de zomerperiode;
- b. toename van het gebruik van de douche op de avonduren in de zomerperiode;
- c. gebruik van de douche- en badkamerkraan verspreid over een langere periode in de ochtend op feestdagen.
- d. vervroegd gebruik (door vervroegd opstaan) van de douche- en badkamerkraan in voorstedelijk gebied;
- e. toename van het verbruik van vullen bad op de avonduren voor woningen met kinderen.

Figuur 6 bevat een schematische samenvatting van het stappenplan:



FIGUUR 6. VOORSTEL VOOR STAPPENPLAN OM WEERS- EN SEIZOENSINVLOEDEN OP WATERVERBRUIK TE BEPALEN AAN DE HAND VAN METINGEN.

## 6.2 Voorbeeld met beschikbare metingen

### 6.2.1 Verbruiksclusters

Als voorbeeld is het voorgestelde stappenplan toegepast op de metingen van het gebied Gouda. Hiertoe zijn de metingen met een tijdstap van 15 minuten door Oasen ter beschikking gesteld.

Aan de hand van de verbruiksclusters geïdentificeerd op basis van de VLPV-analyse in hoofdstuk 4, zijn 17 gemiddelde patronen uitgerekend:

1. reguliere werkdag (buiten de zomer- en vakantieperiodes);
2. werkdag in de zomerperiode (juni, juli en augustus, vakantieperiode uitgezonderd);
3. reguliere weekenddag;
4. weekenddag in de zomerperiode;
5. voorjaarsvakantie;
6. meivakantie;
7. zomervakantie;
8. herfstvakantie;
9. kerstvakantie;
10. nieuwjaar;
11. 2<sup>de</sup> paasdag;

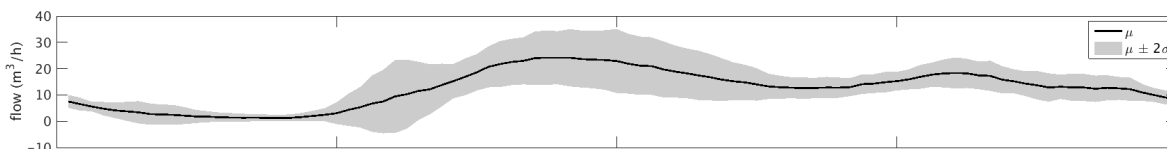
12. Koningsdag;
13. Hemelvaartsdag;
14. 2<sup>de</sup> pinksterdag;
15. 1<sup>ste</sup> kerstdag;
16. 2<sup>de</sup> kerstdag;
17. oudejaar.

Daarnaast zijn ook gemiddelde verbruikspatronen per kwartaal en per temperatuursafhankelijke periodes uitgerekend. Vier temperatuursafhankelijke periodes zijn in aanmerking genomen op basis van de maandelijkse temperatuurgegevens van 2015 (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut): 0-5 °C (periode 1), 5-10 °C (periode 2), 10-15 °C (periode 3) en 15-20 °C (periode 4).

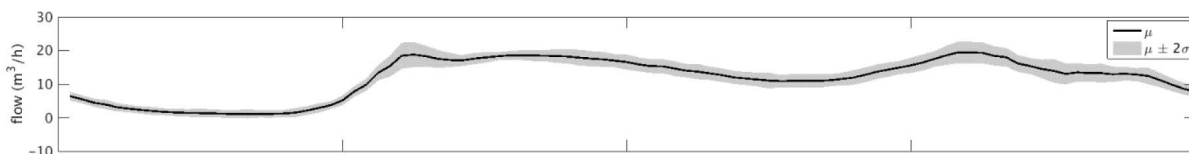
Deze patronen zijn weggeschreven in \*.street formaat en ingelezen in de SIMDEUM script *plot\_pattern\_comparison.m*. De verkregen resultaten zijn weergegeven in Figuren 7 t/m 12.

### 6.2.2 Standaard deviatie tussen patronen

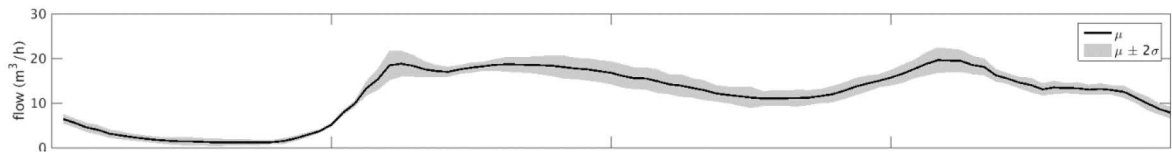
In Figuren 7-9 is voor iedere tijdstap is het gemiddelde (zwarte lijn) en de standaard deviatie (grijze strook) van verbruik tussen de verschillende patronen weergegeven. De breedte van de grijze strook toont hoe groot de variatie, in absolute waarde, tussen de patronen is. Uit deze informatie is te zien op welke momenten van de dag de patronen meer en minder van elkaar afwijken. Voor het voorbeeld van Gouda is het bv. zichtbaar dat de variatie tussen patronen van de verbruikclusters geïdentificeerd op basis van de VLPV-analyse groter is dan de variatie tussen gemiddelde patronen per kwartaal en temperatuursafhankelijke periodes: de grijze strook in Figuur 7 is significant breder dan in Figuren 8 en 9. In Figuur 7 is het zichtbaar dat het verbruik van de verschillende patronen het meest varieert in de ochtend (rondom het geleidelijk toenemend waterverbruik in ochtenduren en de ochtendpiek) en het minst varieert in de late nachturen. Rondom de middag is de variatie minder significant dan in de ochtend en neemt dan geleidelijk toe rondom de avonduren en de eerste nachturen.



FIGUUR 7. GEMIDDELDE EN STANDAARD DEVIATIE TUSSEN DE 17 PATRONEN VAN DE VERSCHILLENDE VERBRUIKSCLUSTRERS GEÏDENTIFICEERD OP BASIS VAN DE VLPV-ANALYSE VOOR HET GEBIED GOUDA (WERK- EN WEEKENDDAGEN BINNEN EN BUITEN ZOMERPERIODES, VERSCHILLENDE VAKANTIEPERIODES EN FEESTDAGEN).



FIGUUR 8. GEMIDDELDE EN STANDAARD DEVIATIE TUSSEN DE GEMIDDELDE PATRONEN PER KWARTAAL VOOR HET GEBIED GOUDA (1 - JANUARI T/M MAART, 2 - APRIL T/M JUNI, 3 - JULI T/M SEPTEMBER, 4 - OKTOBER T/M DECEMBER).



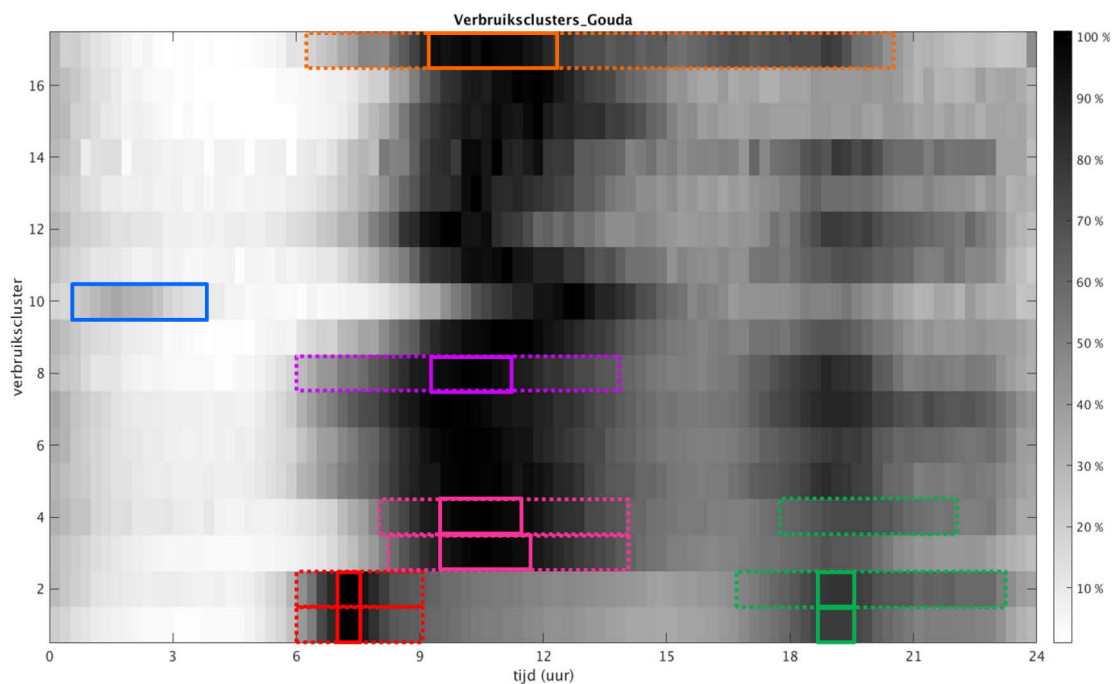
FIGUUR 9. GEMIDDELDE EN STANDAARD DEVIATIE TUSSEN DE GEMIDDELDE PATRONEN VAN TEMPERATUURSAFHANKELIJKE PERIODES VOOR HET GEBIED GOUDA (1 - 0-5 °C, 2 - 5-10 °C, 3 - 10-15 °C EN 4 - 15-20 °C).

### 6.2.3 Verschillen tussen genormaliseerde patronen

In Figuur 10-12 is het genormaliseerd verbruik (genormaliseerd met het maximale dagverbruik) van de verschillende verbruikscusters weergegeven. De intensiteit van de kleur geeft het relatief waterverbruik aan: hoe donkerder de kleur hoe dichter het verbruik bij het maximale verbruik van de dag is. Periodes met lager en hoger verbruik zijn daarom visueel eenvoudig te identificeren. Omdat het genormaliseerd verbruik van de verschillende verbruikscusters naast elkaar geplot is, is het ook eenvoudig te zien in welk opzicht de patronen van elkaar afwijken. Zo is het voor het voorbeeld van Gouda zichtbaar dat de start en duur van de periodes met meer en minder verbruik van de patronen per kwartaal en temperatuursafhankelijke periodes niet heel erg verschillen. In het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> kwartaal is het verbruik op de avond iets hoger in vergelijking met het 1<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> kwartaal (zie Figuur 11). Voor de temperatuursafhankelijke periode 4 is het verbruik op de avond en overdag iets hoger in vergelijking met de andere periodes (zie Figuur 12). Tussen de verbruikscusters geïdentificeerd op basis van de VLPV-analyse zijn de verschillen meer uitgesproken. In Figuur 10 is met name het volgende zichtbaar:

1. Het verbruik in de ochtend (de start van het geleidelijke toenemend dagverbruik en de start en breedte van de ochtendpiek) varieert sterk tussen de verschillende patronen. Bv.:
  - a. De start van het geleidelijke toenemend dagverbruik en ochtendpiek voor reguliere werkdagen en werkdagen in de zomerperiode (patronen 1 en 2) is zo goed als gelijk (zie rode lijn en stippenlijn in Figuur 10).
  - b. Het verbruik in de ochtend voor weekenddagen buiten en in de zomerperiode (patronen 3 en 4) is aanzienlijk anders dan die van werkdagen: de start van het verbruik en de ochtendpiek beginnen later op de dag. De ochtendpiek van weekenddagen is ook aanzienlijk breder dan die van werkdagen (zie roze en rode stippenlijnen en lijnen in Figuur 10).
  - c. In de vakantieperiodes (patronen 5-9) start het verbruik op ongeveer dezelfde tijd als op werkdagen. De ochtendpiek vindt echter later plaats en is breder (zie paarse stippenlijn en lijn in Figuur 10). Het verbruik in de ochtend is dus meer verspreid dan op werkdagen.
  - d. Het ochtendverbruik op feestdagen zoals 2de paasdag, Hemelvaart, 2de pinksterdag en kerstdagen (patronen 11, 13-16) lijkt meer op dat van weekenddagen, alhoewel de ochtendpiek iets smaller is en iets later op de dag valt.
  - e. Het ochtendverbruik op nieuwjaar (patroon 10) begint veel later op de dag dan alle andere patronen;
  - f. Het ochtendverbruik op oudejaar (patroon 17) begint vroeg op de dag net zoals op werkdagen. Het verbruik neemt echter heel geleidelijk toe, loopt door tot de avond, en de ochtendpiek begint later (net zoals op weekenddagen) en is aanzienlijk breder (zie oranje stippenlijn en lijn in Figuur 10).

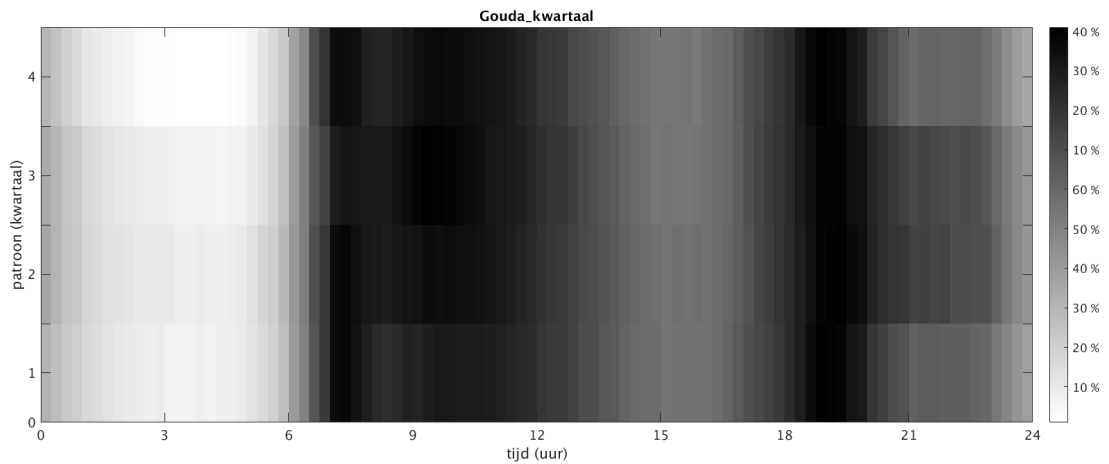
2. Het verbruik op de avond (intensiteit van verbruik op de avond en aanwezigheid van een avondpiek) varieert tussen patronen:
  - a. Tussen reguliere werkdagen en werkdagen in de zomerperiode is de avondpiek redelijk gelijk, maar is er meer verbruik op de avonden in de zomerperiode (zie groene lijn en stippenlijn in Figuur 10).
  - b. Voor weekenddagen buiten en in de zomerperiode is de avondpiek minder uitgesproken dan op werkdagen. Ook voor weekenddagen in de zomerperiode is er meer verbruik op de avonden (zie groene stippenlijn in Figuur 10).
  - c. In de zomervakantie (patroon 7) is er meer verbruik op de avond.
  - d. Op nieuwjaar, hemelvaart en kerstdagen is het verbruik op de avond minder uitgesproken dan voor de andere patronen.
3. Het verbruik overdag (tussen de ochtend- en avondpiek) varieert tussen patronen:
  - a. Op weekenddagen en vakantieperiodes is er meer verbruik overdag dan op werkdagen en feestdagen;
  - b. Op oudejaar is het verbruik overdag veel hoger dan op alle andere dagen en loopt door tot de avondpiek (zie oranje stippenlijn in Figuur 10).
4. Het verbruik in de nachturen is voor alle patronen relatief laag. Opmerkelijk is dat er op nieuwjaarsdag een periode met hoger nachtverbruik is (zie blauwe lijn in Figuur 10). Voor werk- en weekenddagen in de zomerperiode, koningsdag en vakantiedagen is het nachtverbruik ook iets hoger dan voor de andere patronen.



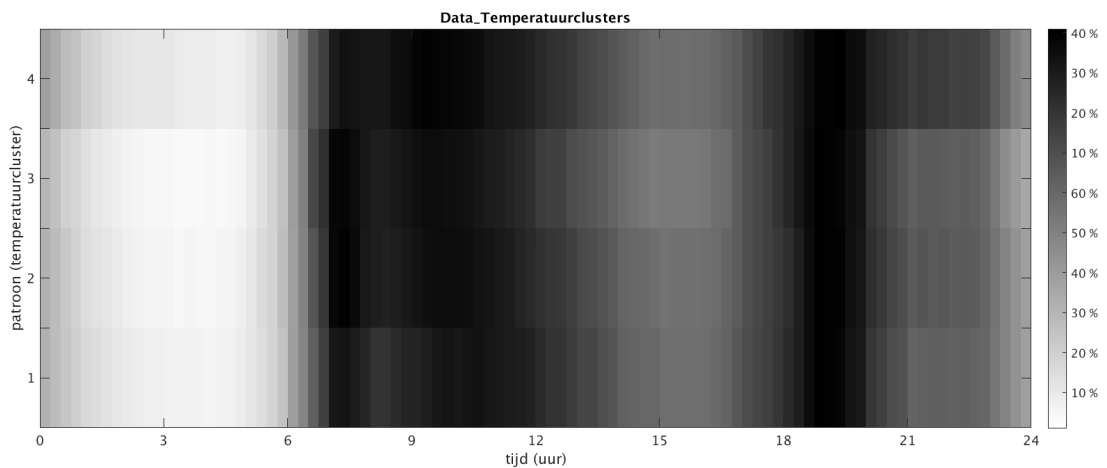
FIGUUR 10. GENORMALISEERDE PATRONEN VOOR DE 17 VERBRUIKSCUSTERS GEÏDENTIFICEERD OP BASIS VAN DE VLPV-ANALYSE. ENKELE ASPECTEN ZIJN GEMARKEERD ALS VOORBEELDEN VOOR INTERPRETATIE: RODE STIPPENLIJN - TOENEMEND VERBRUIK IN DE OCHTEND OP WERKDAGEN, RODE LIJN - OCHTENDPIEK OP WERKDAGEN, ROZE STIPPENLIJN - TOENEMEND VERBRUIK IN DE OCHTEND OP WEEKENDDAGEN, ROZE LIJN - OCHTENDPIEK OP OP WEEKENDDAGEN, PAARSE STIPPENLIJN - TOENEMEND VERBRUIK IN DE OCHTEND IN DE HERFSTVAKANTIE, PAARSE LIJN - OCHTENDPIEK IN DE HERFSTVAKANTIE, ORANJE STIPPENLIJN - TOENEMEND DAGVERBRUIK OP OUDEJAARSDAG, ORANJE LIJN - OCHTENDPIEK OP OUDEJAARSDAG, GROENE STIPPENLIJN - HOGER VERBRUIK OP DE AVONDUREN VOOR WERK- EN



WEEKENDDAGEN IN DE ZOMERPERIODE, GROENE LIJN – AVONDPIEK OP WERKDAGEN; BLAUWE LIJN – HOGER VERBRUIK IN DE NACHTUREN OP NIEUWJAARSDAG.



FIGUUR 11. GENORMALISEERDE PATRONEN PER KWARTAAL (1 – JANUARI T/M MAART, 2 – APRIL T/M JUNI, 3 – JULI T/M SEPTEMBER, 4 – OKTOBER T/M DECEMBER).

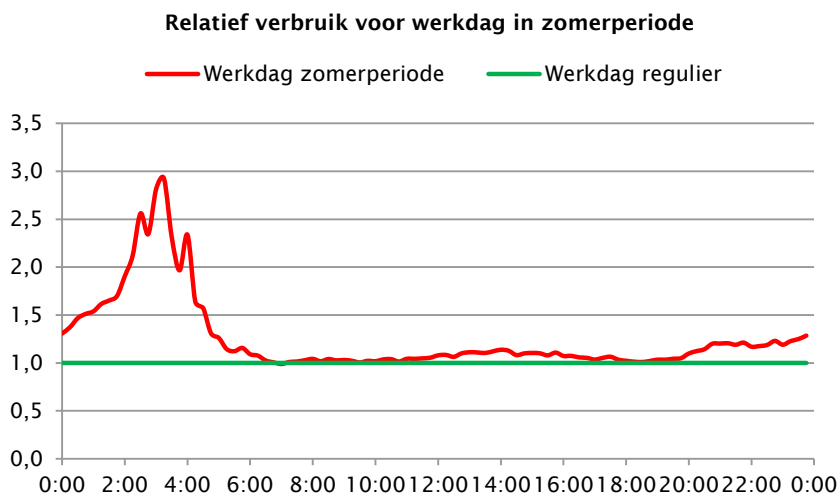


FIGUUR 12. GENORMALISEERDE PATRONEN PER TEMPERATUURSAFHANKELIJKE PERIODE (1 - 0-5 °C, 2 - 5-10 °C, 3 - 10-15 °C EN 4 - 15-20 °C).

#### 6.2.4 Relatief verbruik op basis van referentiepatroon

Figuur 13 en Figuur 14 zijn voorbeelden van de analyse van het relatief verbruik voor bepaalde verbruikscusters op basis van een referentiepatroon.

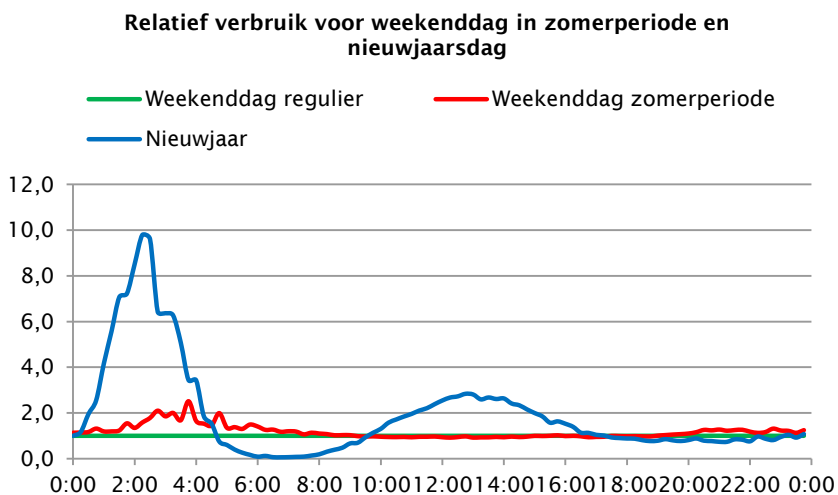
Figuur 13 toont het relatieve waterverbruik op een werkdag in de zomerperiode ten opzichte van het waterverbruik op een reguliere werkdag. Uit de grafiek is te zien dat het nachtverbruik in de zomerperiode relatief veel hoger is dan het nachtverbruik voor een reguliere werkdag. In Figuren 10-12 lijkt dit verschil klein, maar door deze vorm van analyse wordt het verschil duidelijker. Rond 3:00 is het waterverbruik zelfs drie keer hoger in de zomerperiode. Omdat het nachtverbruik laag is in vergelijking met het verbruik overdag, is dit verschil minder duidelijk in de vorige analyses (Figuur 7 en Figuur 10), die de afwijkingen in absolute waarde duidelijk maken.



FIGUUR 13. RELATIEF VERBRUIK OP EEN WERKDAG IN DE ZOMERPERIODE IN VERGELIJKING MET EEN REGULIERE WERKDAG.

Figuur 14 toont het relatief waterverbruik op een weekenddag in de zomerperiode en nieuwjaarsdag ten opzichte van het waterverbruik op een reguliere weekenddag. Uit de grafiek is te zien dat

Tussen een reguliere weekenddag en een weekenddag in de zomerperiode is het verbruik overdag niet erg verschillend. Op de avond neemt het relatieve verbruik in de zomerperiode toe en het nachtverbruik is tot twee keer hoger. Het relatieve verbruik op nieuwjaarsdag is erg verschillend dan dat van een reguliere weekenddag: het relatieve nachtverbruik is aanzienlijk hoger, het verbruik in de ochtend is lager en het verbruik overdag is hoger. Deze resultaten duiden dat het verbruikspatroon op nieuwjaarsdag niet gelijk is aan het typische patroon van een weekenddag.



FIGUUR 14. RELATIEF VERBRUIK OP EEN WEEKENDDAG IN DE ZOMERPERIODE EN OP NIEUWJAARSDAG IN VERGELIJKING MET EEN REGULIERE WEEKENDDAG.

Meerdere vergelijkingen zijn denkbaar, zoals:

- het relatieve verbruikspatroon op de verschillende vakantie- en feestdagen ten opzichte van een reguliere weekenddag. Deze vergelijkingen kunnen verduidelijken of een weekendpatroon toepasbaar is voor vakantie- en feestdagen, of dat het noodzakelijk is om specifieke patronen voor deze dagen te maken;
- het relatieve verbruikspatroon op werk- en weekenddagen per kwartaal ten opzichte van het jaarlijkse gemiddelde verbruikspatroon van deze dagen;
- het relatieve verbruikspatroon op werk- en weekenddagen per temperatuursafhankelijke periode ten opzichte van het jaarlijkse gemiddelde verbruikspatroon van deze dagen.

# 7 Conclusies en aanbevelingen

## 7.1 Algemene conclusies

De volgende conclusies zijn uit dit onderzoek getrokken:

- Om het NRW in een DMA goed te kunnen bepalen is het van belang om het kleinzakelijk en huishoudelijk verbruik goed te kunnen modeleren. Het kleinzakelijk verbruik kan gemodelleerd worden op basis van de Verbruikspatronenbibliotheek en het huishoudelijk verbruik op basis van SIMDEUM. Hierin zijn enkele verbeteringen denkbaar, met name, het uitbreiden van de Verbruikspatronenbibliotheek en het doorontwikkelen van SIMDEUM om ook de invloed van weer, seizoen en demografie op waterverbruik in aanmerking te nemen.
- Onderzoek naar de invloed van weerfactoren op waterverbruik is een reeds bekend onderzoeksthema in de wetenschappelijke literatuur. De huidige bevindingen zijn echter niet universeel en blijken sterk te variëren afhankelijk van de geografische context. Daarnaast zijn enkel weerfactoren niet voldoende: de dag van de week, feestdagen en vakantieperiodes kunnen ook van grote invloed zijn. Om inzicht te krijgen op de invloed van weer en seizoen op waterverbruik in Nederland, dat gedetailleerd genoeg is om SIMDEUM daarop uit te breiden, is het noodzakelijk om gericht onderzoek uit te voeren op dit vlak.
- Gericht onderzoek naar de invloed van weer, seizoen en demografie op waterverbruik vergt de beschikbaarheid van metingen die aan bepaalde voorwaarden voldoen. In dit rapport is hiervoor een meetplan uitgewerkt.
- Op basis van reeds bestaande (en ter beschikking gestelde) metingen is geconcludeerd dat de VLPV-analyse inzetbaar is om afwijkende verbruikspatronen door het jaar heen snel en eenvoudig te identificeren. Op basis daarvan zijn typische verbruikscusters geïdentificeerd worden die op meer detail geanalyseerd kunnen worden.
- Voor de analyse van de patronen van de geïdentificeerde verbruikscusters is een stappenplan uitgewerkt. In dit stappenplan wordt voorgesteld om de patronen van typische verbruikscusters te vergelijken op basis van: absolute standaard deviatie tussen patronen, relatief verbruik tussen patronen en een referentiepatroon, afwijkingen tussen de start en duur van ochtendpiek, intensiteit van verbruik overdag en op de avonduren.
- Dit stappenplan en de voorgestelde analyses kunnen in vervolgonderzoek, en wanneer adequate metingen beschikbaar zijn, ingezet worden om de invloed van weer, seizoen en demografie op waterverbruik te bepalen en te vertalen naar SIMDEUM.

## 7.2 Conclusies uit beschikbare gegevens

Uit de analyse van de beschikbare gegevens zijn de volgende conclusies te trekken:

- De volledigheid van de metingen (d.w.z. meetseries zonder al te veel lacunes) is een randvoorwaarden voor het inzetten van de VLPV-analyse en om de invloed van weer, seizoen en demografie op waterverbruik nauwkeurig te kunnen bepalen.
- De VLPV-analyse van de beschikbare metingen bevestigt het reeds bekende beeld dat de verbruikspatronen tussen werk-, weekend, feest- en vakantiedagen zichtbaar afwijken. Ook in warmere periodes zijn er veranderingen in de verbruikspatronen.

- Het voorgestelde stappenplan voor de gedetailleerde analyse van metingen is toegepast op de metingen van Gouda. Uit de verkregen resultaten is gebleken dat:
  - De verschillende voorgestelde analyses (standaard deviatie tussen patronen, verschillen tussen genormaliseerde patronen en relatief verbruik ten opzicht van referentiepatronen) bieden aanvullende informatie om de invloed van weer en seizoen op waterverbruik te bepalen, met name de significantie van absolute en relatieve afwijkingen tussen patronen.
  - Het waterverbruik in de ochtend, met name de tijdstip van start van verbruik en de tijdstip en duur van de ochtendpiek, varieert tussen werk-, weekend, feest- en vakantiedagen, maar niet binnen en buiten de zomerperiode. Het waterverbruik in de ochtend is dus sterker gerelateerd aan het seizoen (type dag) dan aan het weer.
  - De aanwezigheid, intensiteit en duur van de avondpiek varieert tussen werk- en weekenddagen, maar lijkt minder afhankelijk van het weer dan van het seizoen.
  - Het waterverbruik op de avond- en nachturen voor zowel werk- en weekenddagen is hoger in de zomerperiode, wat duidt op weersafhankelijkheid.
  - Het patroon op feestdagen is niet helemaal gelijk aan dat van weekenddagen. Bv. is op nieuwjaarsdag het nachtverbruik veel hoger en begint het dagverbruik veel later op de dag, en is op oudejaarsdag het verbruik overdag hoger. Voor Hemelvaartsdag is deze afwijking minder groot.
  - de metingen in Gouda zijn van een te groot gebied (met o.a. een te grote variatie in gezinssamenstelling) om de verkregen informatie te vertalen naar hypothesen voor SIMDEUM.

### 7.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Om de invloed van weer, seizoen en demografie op waterverbruik te bepalen, is het van belang om:

- Metingen uit te voeren die voldoen aan de beschreven randvoorwaarden. Hiervoor kan het voorgesteld meetplan gevolgd worden.
- Verbruiksclusters te definiëren op basis van een VLPV-analyse (of de analyse in dit rapport: 17 verbruiksclusters) en/of aanvullend op basis van weerparameters (o.a. gemiddelde of maximale temperatuur per dag, neerslag, neerslagtekort).
- De verzamelde metingen in clusters te onderwerpen aan het uitgewerkte stappenplan. Er kan specifiek worden gekeken naar:
  - Verbruik in de ochtend: met name kijken naar het tijdstip de start van het geleidelijk toenemend dagverbruik, samen met het tijdstip en duur van de ochtendpiek. Dit duidt op het tijdstip waarop mensen opstaan, douchen en vertrekken uit huis. Vermoedelijk is dit beïnvloed door landelijk-, stedelijk- en voorstedelijk gebied (op werkdagen: reistijd naar werk), en door werk-, weekend- en feestdagen.
  - Verbruik overdag (tussen ochtend- en avondpiek): met name de intensiteit van verbruik overdag. Dit duidt op de aanwezigheid van mensen thuis overdag. Vermoedelijk wordt dit aspect beïnvloed door werk-, weekend-, feest- en vakantiedagen.
  - Verbruik op de avond: met name kijken naar de intensiteit van verbruik op de avond en naar het tijdstip en duur van de (mogelijk aanwezige) avondpiek. Dit duidt op de aanwezigheid van mensen thuis op de avonduren. Vermoedelijk is dit beïnvloed door landelijk-, stedelijk- en voorstedelijk gebied (op werkdagen: reistijd van werk naar huis), door werk-, weekend- en feestdagen (aanwezigheid thuis), type woning (namelijk aanwezigheid van een tuin) en door

- weersinvloeden (en meer intensief verbruik kan gerelateerd zijn aan het sproeien van tuinen, of aan een extra douche door warmer weer).
- Verbruik op de nachturen: met name kijken naar de intensiteit van verbruik op de nachturen. Binnenshuis duidt dit op verbruik door wc, wasmachine en lekkende kranen (Blokker en Agudelo-Vera, 2015). Buitenshuis duidt dit op verbruik door bv. sproeinstallaties, mogelijk gerelateerd aan het weer.
  - Op basis van de uitkomsten van het vorige punt, een model opstellen om SIMDEUM uit te breiden. Hierbij moet worden aangesloten bij de filosofie van SIMDEUM, d.w.z. dat er per type verbruik (per tapkraan) en type gebruiker (bijvoorbeeld senioren of kinderen) een hypothese moet worden opgesteld hoe het waterverbruikend gedrag verandert. De type woningen (met en zonder tuin, sociale of luxe woning) en locatie (landelijk, voorstedelijk en stedelijk) kunnen ook van invloed zijn.
  - Het is belangrijk dat de invloeden van weer, seizoen en demografie op waterverbruik zo kwantitatief mogelijk worden gemaakt. Dit kan op basis van de absolute en relatieve afwijkingen tussen de verschillende patronen. Hierbij kan ook worden gedacht aan een gemiddeld patroon in een beperkt aantal kwantitatieve parameters te vangen, bijvoorbeeld: begintijdstip, duur en hoogte van ochtend- en avondpiek, tijdstip en duur nachtminimum en amplitude t.o.v. het daggemiddelde om de twee uur. Deze parameters kunnen vervolgens als functie van het weer, seizoen en demografie uitgedrukt worden.
  - Model vertalen en inbouwen in SIMDEUM. Hierbij is ook belangrijk vast te stellen welke invoer daarbij hoort (o.a. KNMI gegevens, maandnaam, feestdag, seizoen).
  - Kleinzakelijkverbruik beter in kaart brengen door onderzoek te doen naar verbruikspatronen van o.a. agrariërs en veehouderijen. Op basis daarvan kan de Verbruikspatronenbibliotheek ook uitgebreid worden met standaardpatronen voor deze specifieke gebruikers.

# Referentielijst

- Babel, M. S., et al. (2014). "Incorporating future climatic and socioeconomic factors in water demand forecasting: a case study in Bangkok." Water Resour. Manage. **28**: 2049-2062.
- Bakker, M. (2014). Optimised control and pipe burst detection by water demand forecasting, Technische Universiteit Delft. **PhD**: 158.
- Blokker, E. J. M. en C. A. Agudelo-Vera (2015). Doorontwikkeling SIMDEUM waterverbruik over de dag, energie voor warmwater en volume, temperatuur en nutriënten in afvalwater. BTO 2015.210(s), KWR Watercycle Research Institute Nieuwegein, The Netherlands.
- CBS, C. B. v. d. S. "CBS in uw buurt." Retrieved 21-20-2014, 2014.
- Cirkel, G., et al. (2005). Klimaatverandering en grondwaterwinning Kiwa Water Research, Nieuwegein, The Netherlands.
- Goede, A. (2015). Validating the simulation of drinking water use and wastewater discharge of a city district. Urban Environmental Management, Wageningen University. **Master**.
- Googlemaps. (2014). Retrieved 24-10-2014, 2014.
- Haque, M. M. H., et al. (2015). "Assessing the significance of climate and community factors on urban water demand." Journal of Sustainable Built Environment
- Kamer van Koophandel. (2015). "Handelsregister." 2015.
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, M. v. I. e. M. (2014). "KNMI." 2014.
- Mesman, G. A. M. en P. van Thienen (2015). Lekzoeken met hydraulische modellen. BTO 2015.064, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, The Netherlands.
- Morrison, J., et al. (2007). DMA Management Guidance Notes, International Water Association (IWA).
- Pieterse-Quirijns, I. (2014). Handleiding VLPV-methodiek en -softwaretool. KWR2014.049, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, The Netherlands.
- Pieterse-Quirijns, I. en H. Beverloo (2013). Validatie rekenregels voor waterverbruik woontorens. KWR 2013.016, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, The Netherlands
- Pieterse-Quirijns, I. en M. van de Roer (2013). Verbruikspatronenbibliotheek. BTO 2013.058, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, The Netherlands.
- Praskievicz, S. en H. Chang (2009). "Identifying the relationships between urban water consumption and weather factors in Seoul, Korea." Phys. Geogr. **30**: 324-337.
- Rathnayaka, K., et al. (2015). "Seasonal Demand Dynamics of Residential Water End-Uses." Water **21** **7**: 202-216.

Schleich, J. en T. Hillenbrand (2009). "Determinants of residential water demand in Germany." Ecol. Econ. 68(6): 1756-1769.

Van Thienen, P. (2013). "A method for quantitative discrimination in flow pattern evolution of water distribution supply areas with interpretation in terms of demand and leakage " Journal of Hydroinformatics.

Van Thienen, P. en I. Pieterse-Quirijns (2011). Nieuwe lekverliesbepalingsmethoden - Inventarisatie van benaderingen, toepassingen van SIMDEUM en uitwerking naar een nieuwe methode voor het vaststellen van lekverliezen in het distributienet. , KWR Watercycle Research Institute.

van Thienen, P. en I. Vertommen (2015). "Automated feature recognition in CFPD analyses of DMA or supply area flow data." Journal of Hydroinformatics (**uncorrected proof**).

Wikipedia. (28-08-2014). "Klimaat van Nederland." Retrieved 21-20-2104, 2014.

Zwolsman, G., et al. (2007 ). Risicoanalyse van de gevolgen van klimaatverandering voor de drinkwatersector - Waterkwaliteit, waterkwantiteit, ecologie, productie en distributie, Kiwa Water Research Nieuwegein, The Netherlands.



## Bijlage I Voorstel meetlocaties

Aan Evides is voorgesteld om tien meetlocaties te selecteren met de kenmerken beschreven in Tabel 6. De gegevens betreffend gezinssamenstelling, arbeid, aantal senioren, woning waarde en inkomen kunnen zijn gevonden op de website van CBS. Het type woningen is onderzocht door middel van Google maps (2014).

TABEL 6. VOORSTEL VOOR MEETLOCATIES EN BIJBEHORENDE KENMERKEN.

Meetlocatie	Type woning en type inwoners	Gebied
1	<p><u>Type woning</u>: vrijstaande woningen met grote tuin. <u>Type bewoners</u>: gering aantal gezinnen met kinderen, hoog aantal senioren.</p> <p>Bv. Buiten de Vesten (in Veere) Samenstelling Huishoudens: 27% eenpersoons, 65% zonder kinderen, 7% met kinderen Senioren:46 % Arbeid: 64% (32% van totaal inwoners) Gemiddelde inkomen: onbekend Gemiddelde waarde woningen is 403.000 euro</p>	Landelijk (bv. Zeeland)
2	<p><u>Type woning</u>: vrijstaande woningen met grote tuin. <u>Type bewoners</u>: groot aantal gezinnen met kinderen, laag inkomen.</p> <p>Bv. Aagtekerke (in Veere). Samenstelling Huishoudens: 19% eenpersoons, 34% zonder kinderen, 47% met kinderen Senioren:14 % Arbeid: 75% (40% werkend van het totaal inwoners) Gemiddelde inkomen: 24.500 euro Gemiddelde waarde woningen is 258.000 euro</p>	
3	<p><u>Type woning</u>: woningen met tuin. <u>Type bewoners</u>: laag inkomen (mogelijke kortere reistijd?).</p> <p>Bv. Vrouwenpolder Samenstelling Huishoudens: 29% eenpersoons, 39% zonder kinderen, 32% met kinderen Senioren:23 % Arbeid: 75% (46% werkend van het totaal inwoners) Gemiddelde inkomen is 25.300 euro Gemiddelde waarde woningen is 212.000 euro</p>	
4	<p><u>Type woning</u>: vrijstaande woningen met tuin. <u>Type bewoners</u>: hoog inkomen.</p> <p>Bv. Verspreide huizen buiten recreatiegebied Koudekerke Samenstelling Huishoudens: 19% eenpersoons, 43% zonder kinderen, 38% met kinderen Senioren: 26% Arbeid: 73% (61,5% werkend van het totaal inwoners) Gemiddelde inkomen is 30.200 euro Gemiddelde waarde woningen is 495.000 euro</p>	

Meetlocatie	Type woning en type inwoners	Gebied
5	<p><u>Type woning</u>: appartementsgebouwen - luxe woontoren. <u>Type bewoners</u>: gering aantal gezinnen met kinderen, hoog inkomen.</p> <p>Bv. Waterstadtoeren in buurt Stadsdriehoek Samenstelling Huishoudens: 65% eenpersoons, 26% zonder kinderen, 10% met kinderen Senioren: 11% Arbeid: 76% (63% werkend van het totaal inwoners) Gemiddelde inkomen is 36.200 euro Gemiddelde waarde: 194.000 euro</p>	
6	<p><u>Type woning</u>: appartementsgebouwen - sociale woningbouw. <u>Type bewoners</u>: laag inkomen.</p> <p>Bv Landzicht Samenstelling Huishoudens: 41% eenpersoons, 30% zonder kinderen, 28% met kinderen. Senioren: 17% Arbeid: 62% (45% van het totaal inwoners). Gemiddelde inkomen: 22.700 euro. Gemiddelde waarde: 82.000 euro.</p> <p>Of bv. Carnisse Samenstelling Huishoudens: 56% eenpersoons, 20% zonder kinderen, 24% met kinderen Senioren: 8% Arbeid: 71% (54% van het totaal inwoners) Gemiddelde inkomen: 24.500 euro Gemiddelde waarde: 94.000 euro</p>	Stedelijk (bv. Rotterdam)
7	<p><u>Type woning</u>: woningen met tuin. <u>Type bewoners</u>: groot aantal gezinnen met kinderen, laag inkomen.</p> <p>Bv. Witte Dorp Samenstelling Huishoudens: 36% eenpersoons, 22% zonder kinderen, 42% met kinderen Senioren: 10% Arbeid: 55% (41% van totaal inwoners) Gemiddelde inkomen: 22.400 euro Gemiddelde waarde: 149.000 euro</p>	
8	<p><u>Type woning</u>: woningen met tuin. <u>Type bewoners</u>: groot aantal gezinnen met kinderen, groot aantal werkende personen (forensen), hoge waarde woningen.</p> <p>Bv. Sion Samenstelling Huishoudens: 28% eenpersoons, 22% zonder kinderen, 51% met kinderen Senioren: 21% Arbeid: 84% (51% van aantal inwoners) Gemiddelde inkomen: onbekend Gemiddelde waarde woningen: 442.000 euro</p>	Voorstedelijk (forensen) (bv. Rijswijk)
9	<p><u>Type woning</u>: appartementsgebouwen. <u>Type bewoners</u>: hoog aantal gezinnen met kinderen, hoog aantal werkende personen (forensen), hoge waarde woningen.</p> <p>Bv. Sion Samenstelling Huishoudens: 28% eenpersoons, 22% zonder</p>	

Meetlocatie	Type woning en type inwoners	Gebied
	kinderen, 51% met kinderen Senioren: 21% Arbeid: 84% (51% van aantal inwoners) Gemiddelde inkomen: onbekend Gemiddelde waarde woningen: 442.000 euro	
10	<u>Type woning</u> : appartementsgebouwen. <u>Type bewoners</u> : laag aantal werkende personen, laag aantal gezinnen met kinderen, hoog aantal senioren.  Bv. Julianapark Samenstelling Huishoudens: 66% eenpersoons, 22% zonder kinderen, 12% met kinderen Senioren: 54% Arbeid: 38% (16% van aantal inwoners) Gemiddelde inkomen: onbekend Gemiddelde waarde woningen: onbekend	

Bij meetlocaties 1 en 2 komen alleenstaande woningen met een grote tuin in aanmerking. Het voornaamste verschil tussen beide locaties ligt in de type bewoners: bij locatie 1 zijn er weinig gezinnen met kinderen en een hoog aantal senioren, terwijl bij locatie 2 er een hoog aantal gezinnen met kinderen is en het aantal senioren lager is (dicht bij het gemiddelde in Nederland). Deze meetlocaties kunnen de invloed van de gezinssamenstelling op waterverbruik verduidelijken.

Meetlocaties 3 en 4 nemen gelijke type woningen en gezinssamenstelling in aanmerking. Het voornaamste verschil ligt in het inkomen en waarde van de woningen, die behoorlijk hoger zijn bij meetlocatie 4. In duurdere woningen worden meer besparende installaties verwacht, omdat woningen nieuwer zijn, maar wordt er tegelijkertijd ook meer gebruik van een comfortdouche verwacht. Verder kan het onderhoud van de tuin van een duurdere woningen ook meer water vereisen (grotere en meer aangelegde tuin). Bovendien hebben deze inwoners misschien een langere reistijd (verder reizen voor een hoger inkomen), wat ook invloed kan hebben op het verbruikspatroon.

De invloed van inkomen en luxe van de woningen kan verder worden onderzocht op basis van meetlocaties 5 en 6. Tussen deze meetlocaties speelt ook het aantal gezinnen met kinderen een rol. Het aantal gezinnen met kinderen is redelijk laag (10% in meetlocatie 5 terwijl het gemiddelde in Nederland 34% is), en het aantal werkende personen van het totaal aantal inwoners is redelijk hoog.

Meetlocatie 6 kan verder worden vergeleken met locatie 7: de gezinssamenstelling is niet erg verschillend, maar het type woning wel. Deze meetlocaties kunnen duiden op de invloed van het type woning: bij woningen met een buitenkraan wordt een sterkere invloed van het weer verwacht dan bij appartementen zonder buitenkraan.

Een gelijkaardige analyse wordt gedaan voor het voorstedelijke verbruik door locaties 8 en 9 in aanmerking te nemen. Deze locaties verschillen in het type woning: appartementsgebouwen en woningen met een tuin. Het type inwoners is verder gelijk. Deze locaties kunnen dus heel duidelijk de invloed van een buitenkraan op het verbruik tonen. Verder kan locatie 8 vergeleken worden met locatie 7, en duiden op het verschil tussen stedelijk en voorstedelijk verbruik.

Meetlocaties 9 en 10 verschillen voornamelijk in het aantal werkende personen, gezinnen met kinderen en aantal senioren. Vergelijkingen tussen deze twee locaties kunnen de invloed van deze kenmerken op het waterverbruik verder duidelijk maken, met name op het tijdstip van de ochtendpiek en het gemiddelde verbruik over de dag. Bij locatie 9 is de gemiddelde waarde van de woningen hoog, wat kan duiden op een hoger inkomen (alhoewel dit gegeven niet bekend is). Deze gezinnen hebben misschien een langere reistijd (wonen buiten de stad en reizen verder voor een hoger loon).

Tussen landelijke, stedelijke en voorstedelijke meetlocaties kunnen ook vergelijking worden gedaan om beter de invloed van demografie op verbruikspatronen vast te leggen. Locaties 1 en 10 hebben namelijk allebei een laag aantal gezinnen met kinderen en een hoog aantal senioren. Deze locaties verschillen in de type woning (met tuin of appartementsgebouw) en in demografie.

Locaties 2, 7 en 8 hebben een hoog aantal gezinnen met kinderen en gelijkaardige type woningen (met tuin). De locaties verschillen in landelijk, stedelijk en voorstedelijk gebied, en verder in inkomen. De invloed van deze kenmerken op verbruikspatronen kan worden waargenomen door het vergelijken van het waterverbruik van deze locaties. Hier is ook meer invloed van vakantieperiodes en weer te verwachten (met beter weer spelen kinderen meer buiten en dit kan leiden tot een frequenter gebruik van het wasmachine en douche).