

BTO 2017.043 | November 2017

BTO rapport

De gevolgen van klimaatverandering en vakantiespreiding voor de drinkwatervraag

KWR Watercycle Research Institute

BTO

De gevolgen van klimaatverandering en vakantiespreiding voor de drinkwatervraag

BTO 2017.043 | November 2017

Opdrachtnummer
400554-144

Projectmanager
E. (Edu) Dorland

Opdrachtgever
BTO - Thematisch onderzoek - Klimaatbestendige watersector

Kwaliteitsborger
J.P.M. (Flip) Witte

Auteurs
E. (Erwin) Vonk, D.G. (Gijsbert) Cirkel, I. (Inke) Leunk

Verzonden aan
Themagroep Klimaatbestendige Watersector

Jaar van publicatie
2017

Meer informatie
Erwin Vonk, MSc
T +31 (0)30 606 9547
E erwin.vonk@kwrwater.nl

Keywords
Scenario's, extremewaarden, peak-over-threshold, drinkwatervraag, piekfactor, support vector regression, KNMI, CBS

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
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle Research Institute

BTO | November 2017 © KWR

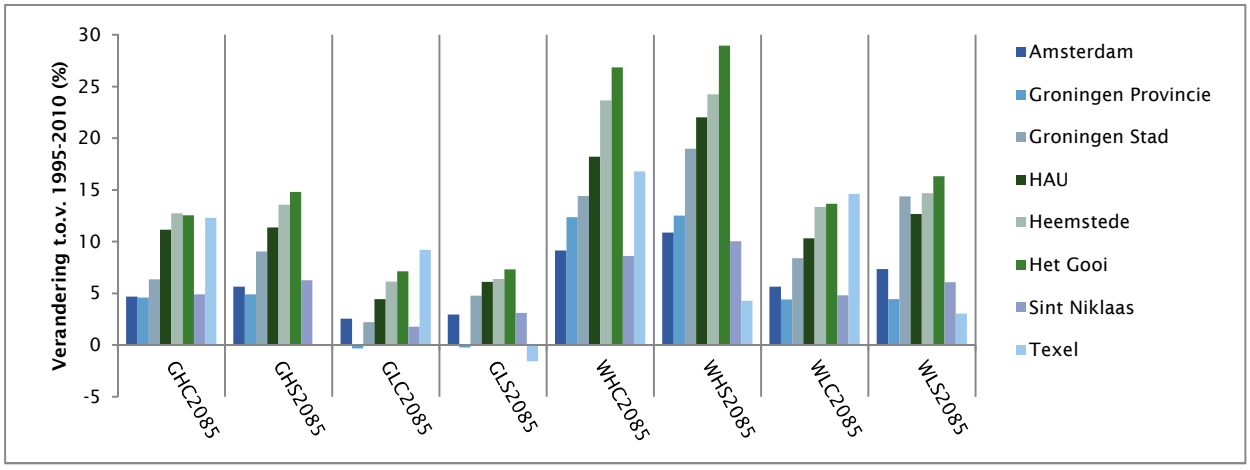
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming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

BTO *Managementsamenvatting*

Grote regionale verschillen verwacht in de invloed van klimaatverandering en vakantiespreiding op de drinkwatervraag

Auteurs Erwin Vonk, Gijsbert Cirkel, Inke Leunk

Voor het plannen van productie- en opslagcapaciteit hebben waterbedrijven behoefte aan gedegen prognoses van de gemiddelde watervraag en variaties hierin. In dit onderzoek is de invloed van diverse klimaat- en vakantiespreidingsscenario's op zowel de gemiddelde watervraag als de extreme watervraag (met een statistische kans van optreden van eens in de 10 jaar) onderzocht voor de zichtjaren 2050 en 2085. De resultaten van dit onderzoek en de ontwikkelde methodiek maken het voor de drinkwaterbedrijven mogelijk om rekening te houden met effecten van klimaatverandering en veranderingen in vakantiespreiding bij het plannen van hun infrastructurele investeringen.



Voorspelde verandering van de dagpiekfactor voor het jaar 2085 per voorzieningsgebied, gerangschikt naar scenario. De eerste twee letters van elk scenario verwijzen naar de meteorologie: de 'W' scenario's gaan uit van sterke wereldwijde temperatuurstijging en de 'G' scenario's van iets mildere temperatuurstijging; 'L' scenario's gaan uit van relatief weinig verstoring in de luchtstroming boven Nederland en de 'H' scenario's van een relatief grote verstoring. Alle scenario's eindigend op de letter 'C' gaan uit van een meer geconcentreerde vakantiepiek; scenario's eindigend op 'S' gaan uit van een meer gespreide vakantiepiek.

Belang: statistisch onderbouwde dagpiekfactor helpt investeringen in infrastructuur onderbouwen

De dagfactor is het gemeten dagverbruik in een gebied ten opzichte van het gemiddelde dagelijkse verbruik in een bepaald jaar. De dagpiekfactor is de dagfactor op een extreme verbruiksdag die statistisch gezien eens in de 10 jaar voorkomt. Drinkwaterbedrijven gebruiken de dagpiekfactor als richtlijn bij belangrijke strategische keuzes, zoals bij het plannen van infrastructuur- en productiecapaciteit. Daarom is accurate schatting van de piekfactor van groot belang. Omdat de watervraag sterk wordt beïnvloed door het weer, is het belangrijk te weten hoe klimaatverandering de piekfactor beïnvloedt. In eerder onderzoek zijn slechts twee voorzieningsgebieden onderzocht met inmiddels verouderde klimaatscenario's. Ook vakantiespreiding heeft invloed op de piekwatervraag. Tot dusver vinden hittegolven en perioden met een hoge temperatuur vooral plaats tijdens vakantieperioden, zodat het totale effect van soms zeer hoge piekvragen per huishouden lager uitvalt omdat veel inwoners afwezig zijn. In de toekomst, wanneer de effecten van

klimaatverandering sterker merkbaar worden, zal de piekwatervraag mogelijk niet langer gecompenseerd worden door vakantieafwezigheid. Er is een robuuste methode nodig om de invloed van klimaatscenario's en vakantiespreiding op de dagpiekfactor te bepalen.

Aanpak: een statistisch betrouwbare methode ontwikkeld en ingezet voor 8 voorzieningsgebieden

Om tot een robuuste schatting van de piekfactortoename te komen, is het van belang met een gestandaardiseerde methode verbruiksreeksen van meerdere voorzieningsgebieden te onderzoeken, inclusief vakantiespreidingseffecten en met de nieuwste klimaatscenario's. In dit onderzoek is voor de jaren 2050 en 2085 bepaald hoe de gemiddelde watervraag en dagpiekfactor veranderen als gevolg van een opwarmend klimaat en mogelijke verandering in vakantiegedrag. Eerst zijn met een statistisch model relaties gelegd tussen de meteorologische omstandigheden, vakantie-afwezigheid en de watervraag. Vervolgens is een zogeheten *peak-over-threshold* extreme-waardenmodel gebruikt om uit de voorspelde watervraag voor 2050 en 2085 de dagpiekfactor af te leiden. De gemiddelde watervraag en dagpiekfactor is voor elk scenario vergeleken met de referentieperiode 1995 - 2015. De onderzochte gebieden zijn: Amsterdam, Heemstede, HAU, Texel, Groningen-Stad, Groningen-Provincie, Sint Niklaas (BE) en Het Gooi.

Resultaten: klimaatverandering vergroot watervraag maximaal 3.1% en dagpiekfactor tot 21.3% in 2050

Voor zowel 2050 als 2085 is een lichte toename in gemiddelde watervraag zichtbaar. Bekeken over alle scenario's gaat het om een toename van 0.8% voor 2050 en 1.2% voor 2085. Tussen de scenario's en voorzieningsgebieden onderling varieert de invloed van -0.2% (scenario GLC2050 – Groningen Provincie) tot +3.1% (scenario WHC2050 – Texel) in 2050. In 2085 loopt deze bandbreedte van -0.2% (GLC2085 – Groningen Provincie) tot +5.1% (WHS2085 – Texel).

Voor 2050 kan gemiddeld over de scenario's een toename van de dagpiekfactor worden verwacht van 6.5%. Daarbij varieert de verandering van -2.9% (scenario GLS2050 – Texel) tot +21.3% (scenario Het Gooi – WHS2050). In 2085 is de gemiddelde toename van de dagpiekfactor 9.6%. De uitersten zijn -1.6% (GLS2085 - Texel) en +29.0% (WHS2085 – Het Gooi).

Implementatie: vertaalslag naar individuele waterbedrijven

Dit onderzoek geeft een statistisch onderbouwde inschatting van de toename in gemiddelde watervraag en dagpiekfactor onder diverse klimaat- en vakantiespreidingsscenario's voor diverse voorzieningsgebieden in Nederland en België. Hoewel er enige modelonzekerheid in het resultaat zit, kunnen de gevonden bandbreedtes door alle waterbedrijven worden gebruikt om vast te stellen of deze invloed belangrijke gevolgen zal hebben voor hun infrastructuur, watervoorraden en investeringen. Om structurele effecten te bepalen moeten ook aanvullende factoren worden meegenomen, zoals demografische trends (vergrijzing), economische ontwikkeling, waterbesparing en stedelijke ontwikkeling. Waterbedrijven kunnen met de methodiek uit dit onderzoek voor hun eigen voorzieningsgebieden soortgelijke resultaten afleiden. Bij investeringen in productielocaties kunnen zij vervolgens rekening houden met de toekomstige dagpiekfactor.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in rapport *De gevolgen van klimaatverandering en vakantiespreiding voor de drinkwatervraag* (BTO 2017.043).

Meer informatie
Erwin Vonk, MSc
T +31 30 606 9547
E erwin.vonk@kwrwater.nl

KWR
PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

KWR Watercycle Research Institute

Inhoud

Begrippenlijst 3

1 Inleiding 4
1.1 Achtergrond 4
1.2 Eerder onderzoek 4
1.3 Onderzoeksdoel en -vragen 6
1.4 Afbakening en methodiek op hoofdlijnen 6
1.5 Leeswijzer 8

2 Databronnen 9
2.1 Studiegebieden 9
2.2 Dagelijks waterverbruik 10
2.3 Meteorologie 11
2.4 Vakantiespreiding 12

3 Analysemethode 14
3.1 Raamwerk 14
3.2 Voorbewerking en verrijking datasets 15
3.3 Vraagfactor-voorspellingsmodel 16
3.4 Scenario-ontwikkeling 19
3.5 Bepaling piekfactor 21
3.6 Inventarisatie adaptieve maatregelen 22

4 Resultaten – toekomstige ontwikkeling watervraagfactor 23
4.1 Gemiddelde watervraag 23
4.2 Piekwatervraag 25
4.3 Regimeverandering 27

5 Resultaten – ervaringen adaptieve maatregelen 29
5.1 Negatieve effecten van hoge watervraag 29
5.2 Oorzaken van hoge watervraag 29
5.3 Maatregelen 30

6 Conclusies en aanbevelingen 31
6.1 Conclusies 31
6.2 Aanbevelingen 32

Referenties 34

Bijlage I Gebruikte meteostations 36

Bijlage II Voorbewerking datasets 39

Bijlage III Transcripties interviews 41

Begrippenlijst

Doorlopend potentieel neerslagtekort

Het cumulatieve verschil tussen verdamping en neerslag. Dit verschil wordt dagelijks gesommeerd in het tijdvak van 1 april tot 1 oktober. Een positief getal geeft een tekort aan, een negatief getal een overschot (KNMI, 2017a).

Dagfactor

Het gemeten dagverbruik in een bepaald gebied, ten opzichte van het jaargemiddelde dagverbruik van dat gebied.

Dagpiekfactor

Dagfactor overeenkomend met een herhalingstijd van eens in de 10 jaar (met een statistische overschrijdingskans van 0.03%).

Hittegolf

Een hittegolf is een opeenvolging van in De Bilt minimaal 5 zomerse dagen (maximumtemperatuur 25,0 °C of hoger), waarvan er minimaal drie tropisch (maximumtemperatuur 30,0 °C of hoger) zijn (KNMI, 2017b).

Jaarlijkse piekwatervraag

Het hoogste dagverbruik in een jaar.

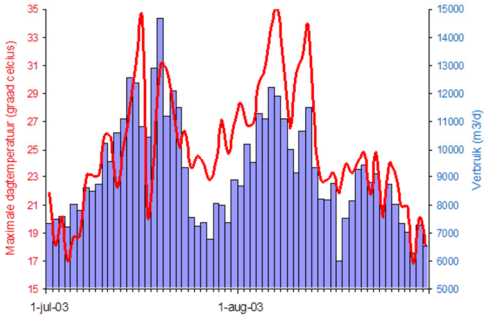
Vakantieafwezigheid

Afwezigheid van de lokale bevolking in een voorzieningsgebied als gevolg van vakantie. Dit is een bruto-afwezigheidseffect: toename van waterverbruikers door instroom toeristen is hierin niet meegenomen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De kans op extreem droge en hete periodes is de afgelopen eeuw sterk toegenomen. Recent heeft het KNMI becijferd dat de herhalingstijd van een hitteperiode zoals die van begin juli 2015 voor De Bilt is toegenomen van eens per 20 jaar naar eens per 3 jaar (Climate Central, 2015). Dergelijke hete en droge periodes hebben een forse invloed op het drinkwatergebruik. PWN leverde bijvoorbeeld op 1 juli 2015 een recordhoeveelheid van bijna 400.000 m^3 drinkwater, ca. 36% meer dan op een normale dag. Voor de stad Amsterdam leverde Waternet op dezelfde dag ca. 17% meer dan op een normale dag.



FIGUUR 1: DUIDELIJKE RELATIE TUSSEN TEMPERATUUR EN WATERVERBRUIK (DAGAFZET WPB BUDEL 2003).

De levering van drinkwater is in juli 2015 ondanks de hoge vraag niet in gevaar geweest. Wel was door de hoge vraag de druk lager dan normaal en resulteerden de hoge stroomsnelheden in het leidingnet op een aantal plaatsen in opwerveling van onder meer in de leiding afgezet mangaan en in bruinwaterklachten. De verwachting is dat een veranderd klimaat en variaties in vakantiespreiding grote invloed kunnen hebben op zowel de gemiddelde watervraag als de piekvraag. Een belangrijke vraag voor drinkwaterbedrijven om te beantwoorden is of de drinkwaterinfrastructuur ook als de verandering van ons klimaat doorzet voldoende is toegerust op vaker voorkomende en mogelijk nog hogere piekvragen.

Piekwatervraag op een tijdschaal van dagen is uit te drukken in de zogenaamde dagpiekfactor; het genormaliseerde dagverbruik (dagfactor) overeenkomend met een herhalingstijd van eens in de 10 jaar. Deze dagpiekfactor vormt de statistische basis waarmee waterbedrijven de capaciteit van hun infrastructuur ontwerpen. De resultaten van dit onderzoek maken het voor de drinkwaterbedrijven mogelijk om rekening te houden met effecten van klimaatverandering bij het opstellen van verbruiksprognoses voor de lange termijn en de hiermee eventueel samenhangende investeringen in productiecapaciteit.

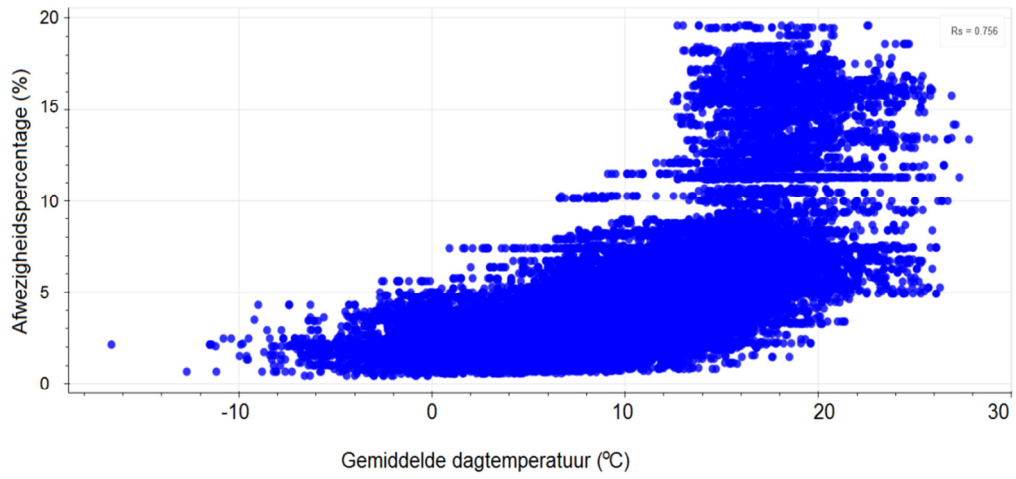
1.2 Eerder onderzoek

Gerelateerd aan dit onderwerp zijn de afgelopen jaren een aantal studies uitgevoerd waarin de invloed van klimaatverandering en demografische ontwikkelingen (WLO scenario's) op de watervraag is beschouwd. Een belangrijke studie in dit kader is die van Baggelaar & Geudens (2008) waarin een prognose wordt gegeven van de landelijke drinkwatervraag in 2025. Hierop voortbouwend zijn analyses uitgevoerd naar de robuustheid van de Nederlandse infrastructuur (Agudelo-Vera & Blokker, 2014; Baggelaar et al., 2010; Blokker & Vloerbergh, 2011; Hofs et al., 2014).

In deze studies, inclusief die van Baggelaar & Geudens (2008), wordt ofwel gebruik gemaakt van de door Cirkel et al. (2005); Cirkel et al. (2006) afgeleide relaties tussen klimaatvariabelen en dagafzet voor pompstation Budel of wordt de invloed van klimaat verwaarloosd ten opzichte van andere ontwikkelingen. Hoe representatief de studie in Budel is, is echter vooralsnog onbekend. In een latere studie door Zwolsman et al. (2007) wordt bijvoorbeeld inzichtelijk gemaakt dat de drinkwaterafzet in stedelijke gebieden wellicht minder klimaatgevoelig is dan die in het landelijke gebied bij Budel. Kwantitatieve onderbouwing van de verschillen tussen deze afzetgebieden ontbreekt echter.

Geconcludeerd moet dan ook worden dat de huidige klimaatprognoses voor waterverbruik in Nederland zijn gebaseerd op statistische analyses voor slechts twee voorzieningsgebieden, waarbij bovendien gebruik is gemaakt van inmiddels achterhaalde klimaatscenario's. Zoals al aangegeven door Zwolsman et al. (2007) is het van belang om verbruiksreeksen van meer voorzieningsgebieden te onderzoeken. Zo kan een robuuste en geactualiseerde maat voor de klimaatinvloed op waterverbruik worden verkregen.

Een factor die in onderzoeken tot nu toe onderbelicht is geweest is de afwezigheid van consumenten door vakanties (vakantieafwezigheid), en spreiding daarvan, op de piekwatervraag. Tot dusver vinden hittegolven en perioden met een hoge temperatuur vaak plaats ten tijde van vakantieperioden (Figuur 2). Wanneer de jaarlijkse piekvraag bereikt wordt (vaak op een zeer warme dag) zijn doorgaans ook veel mensen elders in het land of in het buitenland op vakantie. Dit effect zorgt ervoor dat, hoewel de vraag per persoon op dergelijke momenten wellicht zeer hoog is, het totale effect op de dagafzet geremd wordt. In de toekomst, wanneer de effecten van klimaatverandering sterker merkbaar worden, is het aannemelijk dat hittegolven of perioden met zomerse temperaturen ook buiten de zomerperiode plaatsvinden (zoals bijvoorbeeld in juni 2015 en september 2016). In die situaties zal de piekwatervraag niet langer gecompenseerd worden door vakantie-afwezigheid. Voor een gedegen analyse naar de invloed van klimaatverandering op de piekwatervraag is het dus cruciaal om ook het vakantiegedrag mee te nemen.



FIGUUR 2: RELATIE TUSSEN GEMIDDELDE TEMPERATUUR EN DE VAKANTIEAFWEZIGHEID[1] VOOR DE STUDIEGEBIEDEN DIE IN DIT ONDERZOEK ZIJN BETROKKEN. HET IS DUIDELIJK TE ZIEN DAT OP WARME DAGEN OOK VEEL MENSEN AFWEZIG ZIJN.

1.3 Onderzoeksdoel en -vragen

De centrale doelstelling van dit onderzoek is:

Bepaal de invloed van klimaatverandering en veranderingen in vakantiespreiding op de (piek-)watervraag in Nederland en België en inventariseer welke adaptatiemaatregelen geschikt kunnen zijn om de mogelijke gevolgen mee op te vangen.

In deze context definiëren we de piekwatervraag als de dagpiekfactor: het genormaliseerde dagverbruik (dagfactor) overeenkomend met een herhalingstijd van eens in de 10 jaar. De volgende onderzoeksvragen horen bij deze doelstelling:

1. Welke gegevensbronnen over klimaat en vakantiespreiding kunnen gebruikt worden als mogelijke voorspellers voor de watervraag?
2. Hoe kan de dagpiekfactor voor een voorzieningsgebied berekend worden op basis van gegevens over het klimaat en vakantiespreiding?
3. Wat is de waarschijnlijke bandbreedte waarmee de gemiddelde watervraag en piekwatervraag in de toekomst zullen veranderen?
4. Welke adaptatiemaatregelen worden door waterbedrijven momenteel ingezet in tijden van piekwatervraag en hoe geschikt zijn die bij structurele toename van vraagpieken?

1.4 Afbakening en methodiek op hoofdlijnen

We onderzoeken de invloed van klimaatverandering en veranderingen in vakantiegedrag voor de zichtjaren 2050 en 2085. De mogelijke invloed van deze veranderingen op de (piek-) watervraag vergelijken we met de referentieperiode 1995-2015. Aangezien we bij dit onderzoek vele jaren vooruit kijken is het onmogelijk om een gedegen voorspelling te doen voor de toekomst. Daarom schetsen we middels een achttal scenario's een bandbreedte waarbinnen trends zich waarschijnlijk zullen ontwikkelen de komende jaren.

[1] Afwezigheid van de lokale bevolking in een voorzieningsgebied als gevolg van vakantie. Dit is een bruto-afwezigheidseffect: toename van waterverbruikers door instroom toeristen is hierin niet meegenomen.

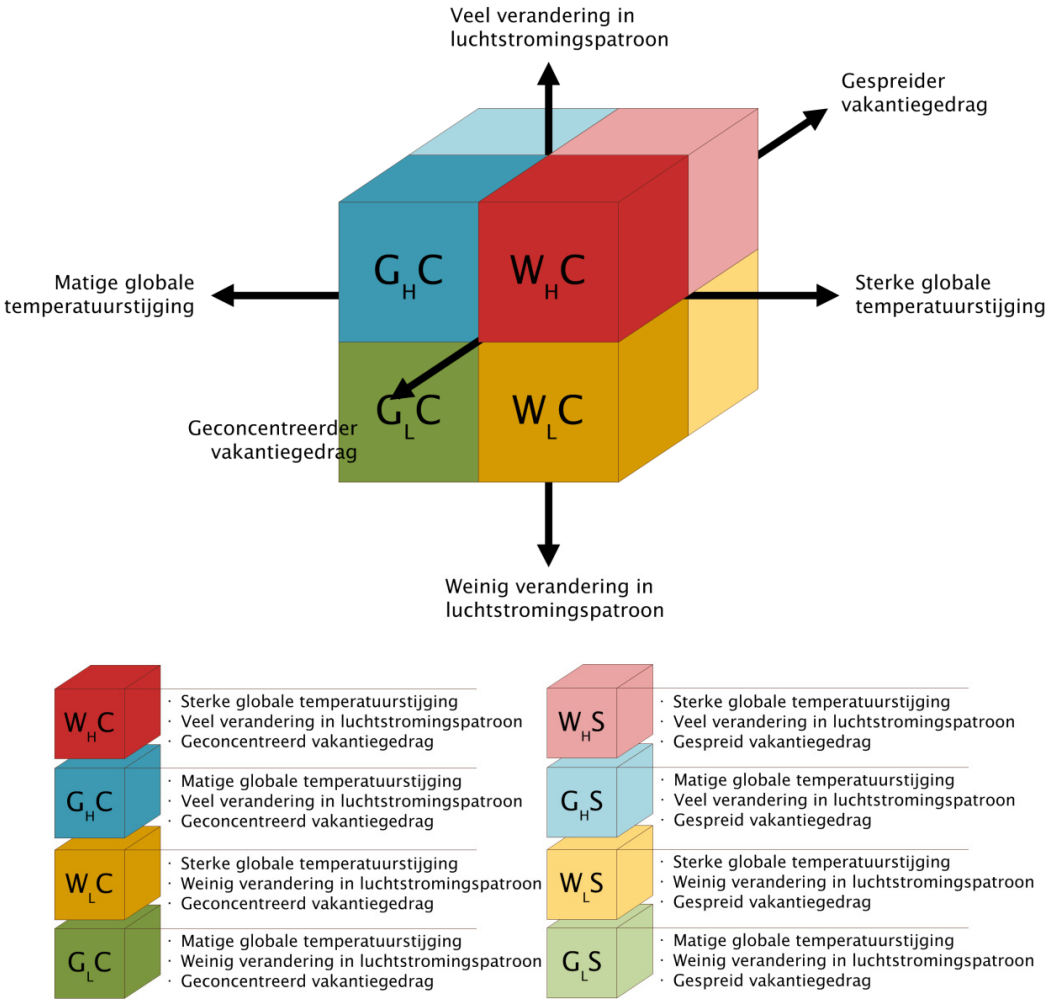
De twee variabelen die we binnen dit onderzoek beschouwen zijn:

1. De mate van klimaatverandering, die volgens het KNMI uit te drukken is in twee cruciale onzekere factoren (KNMI, 2014):
    a. De mate waarin de gemiddelde wereldwijde temperatuur stijgt.
    b. De mate waarin de luchtstroming boven Nederland verstoord raakt.
2. De mate waarin vakantie-afwezigheid in de toekomst geconcentreerder dan wel meer gespreid plaatsvind in vergelijking met het huidige spreidingspatroon.

De twee voornaamste trends zijn dus uit te splitsen naar drie onzekerheidsassen, die in combinatie met elkaar leiden tot een achttal scenario's. De twee klimaat-gerelateerde assen corresponderen met de KNMI 2014 scenario's. De scenario's en hun kenmerken zijn weergegeven in Figuur 3.

De vertaalslag van klimaatontwikkeling en vakantie-afwezigheid naar watervraag maken we met behulp van een zogenaamd regressiemodel. Dit stelt ons in staat te bepalen welke specifieke processen bepalend zijn voor de hoogte van de watervraag op een dag en tevens kunnen we hiermee de watervraag voor de 8 geschetste scenario's doorrekenen. Uiteindelijk gebruiken we de modeluitkomsten om middels een statistische extremewaarden-analyse voor de twee zichtjaren (2050 en 2085) de dagpiekfactor te bepalen. Door uiteindelijk deze toekomstige dagpiekfactoren te vergelijken met de dagpiekfactor in referentieperiode 1995-2015 krijgen we een beeld van de veranderingen die te verwachten zijn.

In dit onderzoek laten we demografische ontwikkelingen zoals vergrijzing van de samenleving, bevolkingsgroei en -krimp en urbanisatie buiten beschouwing. Dit doen we door alleen naar de dagfactoren, oftewel het dagverbruik ten opzichte van het jaargemiddelde dagverbruik. Langjarige demografische trends hebben geen directe invloed op de dagpiekfactor en beschouwing hiervan zou de complexiteit van het onderzoek verder vergroten.



FIGUUR 3: ONDERLINGE SAMENHANG SCENARIO'S EN VOORNAAMSTE KENMERKEN

1.5 Leeswijzer

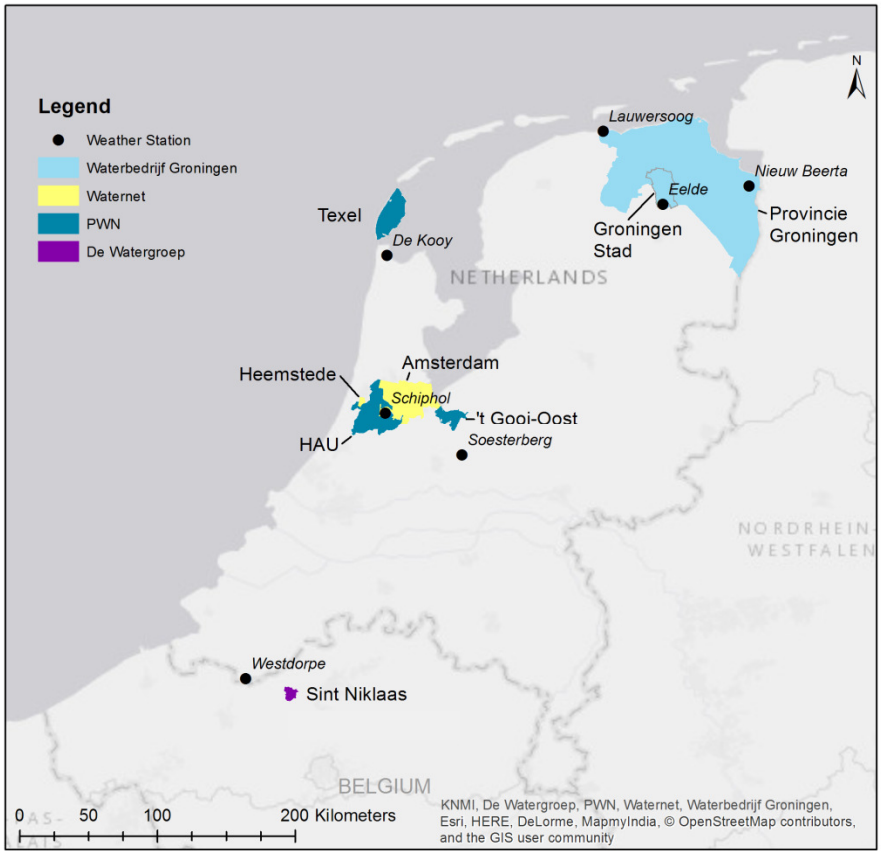
Elk hoofdstuk van dit rapport gaat in op een van de geformuleerde onderzoeksvragen. Zo gaat Hoofdstuk 2 over de gebruikte gegevensbronnen en wordt in Hoofdstuk 3 ingegaan op de analysemethodiek. Vervolgens worden in Hoofdstuk 4 de resultaten gepresenteerd behorende bij de watervraag-analyse en in Hoofdstuk 5 de resultaten van interviews over adaptatie-maatregelen. Tot slot komen in Hoofdstuk 6 de conclusies aan bod.

2 Databronnen

Dit hoofdstuk gaat in op de databronnen die bij dit onderzoek gebruikt zijn. In dit hoofdstuk wordt de eerste onderzoeksvraag (welke gegevensbronnen over klimaat en vakantiespreiding kunnen gebruikt worden als mogelijke voorspellers voor de watervraag) beantwoord.

2.1 Studiegebieden

Voor dit onderzoek hebben Waternet, Waterbedrijf Groningen, PWN en De Watergroep data aangeleverd voor analyse. In totaal zijn daarbij 8 voorzieningsgebieden geanalyseerd, waarvan vier aangeduid kunnen worden als stedelijk voorzieningsgebied en vier een meer landelijk karakter hebben. De onderzochte gebieden en hun voornaamste kenmerken zijn weergegeven in Tabel 1 en Figuur 4.



FIGUUR 4: LOCATIES VAN ONDERZOCHTE VOORZIENINGSGEBIEDEN EN KNMI-STATIONS VOOR DIT ONDERZOEK

TABEL 1: OVERZICHT VOORZIENINGSGEBIEDEN GEANALYSEERD IN DEZE STUDIE, MET DE VOORNAAMSTE KENMERKEN. ONDER HET GEBIED AMSTERDAM VALLEN OOK MUIDEN, OUDER-AMSTEL EN DIEMEN. INWONERSAANTALLEN ZIJN VOOR HET JAAR 2015, MET UITZONDERING VAN GRONINGEN PROVINCIE EN GRONINGEN STAD (BEIDE 2014).

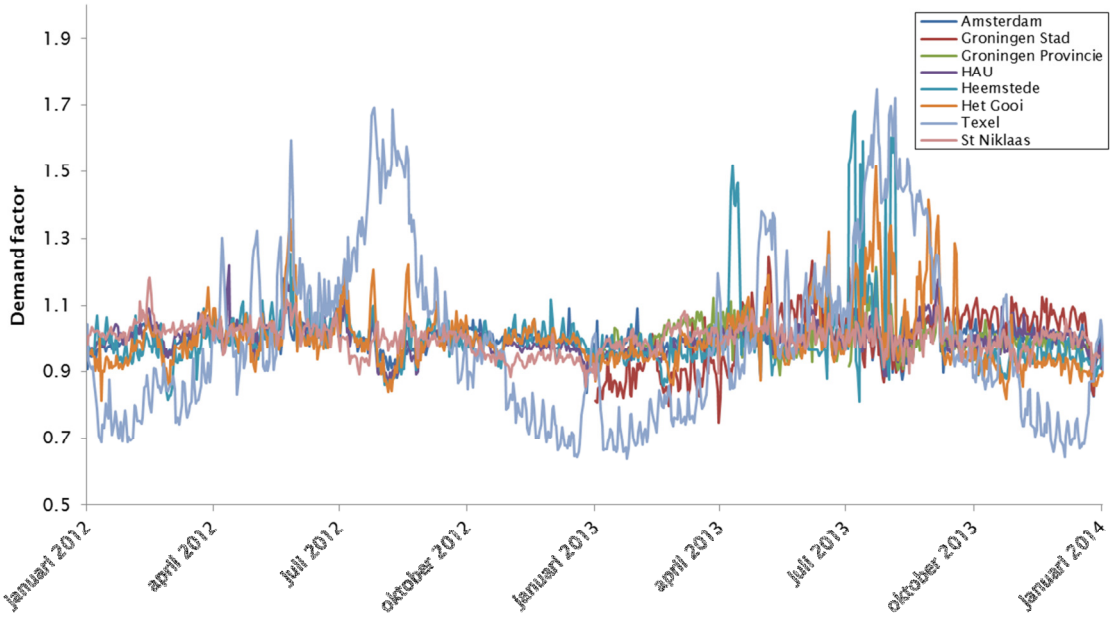
Voorzieningsgebied	Actueel inwonersaantal (duizendtallen)	Type	Waterbedrijf
Amsterdam	955	Stedelijk	Waternet
Groningen Provincie	394	Landelijk	Waterbedrijf Groningen
Groningen Stad	198	Stedelijk	Waterbedrijf Groningen
HAU	215	Landelijk	PWN
Heemstede	26	Stedelijk	Waternet
Het Gooi	112	Landelijk	PWN
Texel	14	Landelijk/toeristisch	PWN
Sint Niklaas	51	Stedelijk	De Watergroep

2.2 Dagelijks waterverbruik

Voor alle voorzieningsgebieden in dit onderzoek zijn meetreeksen verzameld met de dagafzet (in m^3/dag). Deze dagelijkse verbruiken zijn omgerekend naar dagfactoren: genormaliseerde watervraagreeksen waarbij voor elke meetdatum het dagverbruik is gedeeld door het gemiddelde dagverbruik van het betreffende jaar. Door deze normalisatie kunnen we de verschillende voorzieningsgebieden eenvoudig met elkaar vergelijken. Daarnaast worden langjarige trends eruit gefilterd (structurele toe- of afname van het waterverbruik, demografische ontwikkelingen, et cetera), waardoor die geen ruis in de verdere analyse introduceren.

De levering naar HAU schommelt tussen de 13 en 14,5 miljoen m^3 per jaar. Er is sprake van een lichte stijging in de periode 2000 – 2016. Naar Het Gooi schommelt de afzet tussen 7 en 8 miljoen m^3 en is sprake van een lichte daling. Naar Texel is de jaarlijkse afzet redelijk stabiel rond 1,6 miljoen m^3, maar hier zien we een duidelijke seizoensfluctuatie (Figuur 5). Door Waternet is de afzet naar Amsterdam en Heemstede aangeleverd. Tussen 2003 en 2011 neemt de afzet in Amsterdam af en vanaf 2013 neemt de afzet weer wat toe. Bij Heemstede zien we een langzame afname vanaf 1995. Uit Figuur 5 blijkt dat de watervraag in Amsterdam relatief stabiel is.

Voorzieningsgebied Provincie Groningen wordt door De Groeve, Nietap (deels WMD), Onnen, Sellingen en deels door koppelleiding Ruischerburg van water voorzien. Voor het jaar 2004 ontbreken de gegevens van Onnen en Sellingen, waardoor voor dit jaar geen bruikbare afzetgegevens beschikbaar zijn. Dit geldt ook voor voorzieningsgebied Groningen Stad. Metingen in 2012 zijn bij validatie door Waterbedrijf Groningen ook aangemerkt als onbetrouwbaar, deze zijn daarom ook niet meegenomen in dit onderzoek.



FIGUUR 5: UITSNEDE VAN DE DAGFACTOR PER VOORZIENINGSGEBIED VOOR HET HET JAAR 2013. WAT OPVALT ZIJN DE GROTE ONDERLINGE VERSCHILLEN IN WATERVRAAGPATROON TUSSEN DE GEBIEDEN ONDERLING. ZO HEEFT TEXEL EEN STERK SEIZOENSGEBONDEN PATROON EN WORDEN HET GOOI EN HEEMSTEDE GEKENMERKT DOOR RELATIEF GROTE UITSCHIETERS IN DE ZOMERPERIODEN.

2.3 Meteorologie

Er is voor dit onderzoek een breed pallet aan meteorologische meetgegevens op dagbasis verzameld, afkomstig van het KNMI. In Nederland is een beperkt aantal meteostations waar de volledige set aan meteorologische parameters wordt verzameld. Daarnaast is er een groot aantal neerslagstations waar alleen neerslag wordt gemeten. In dit onderzoek maken we alleen gebruik van de meteostations, zodat de verschillende parameters van dezelfde bronnen komen. De volgende parameters zijn daarbij geselecteerd voor verdere analyse:

1. Neerslagsom (mm/dag)
2. Referentiegewasverdamping - Makkink (mm/dag)
3. Gemiddelde dagtemperatuur (˚C)
4. Maximale dagtemperatuur (˚C)
5. Globale straling (J/cm^2)

Parameters als neerslagduur en relatieve luchtvochtigheid hebben potentieel ook voorspellende waarde, maar zijn niet beschikbaar voor klimaatscenario's. Daarom zijn deze parameters in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Voor elk voorzieningsgebied in deze studie zijn de nabij liggende meteostations geselecteerd, op basis waarvan voor elk gebied een gemiddelde representatieve dataset is berekend middels zogenaamde Thiessen-interpolatie (Bijlage 1). Bij gebieden waar minder dan 10% van het oppervlak dichter bij een tweede of derde meteostation ligt dan de overige 90% worden alleen de metingen van het belangrijkste meteostation meegenomen.

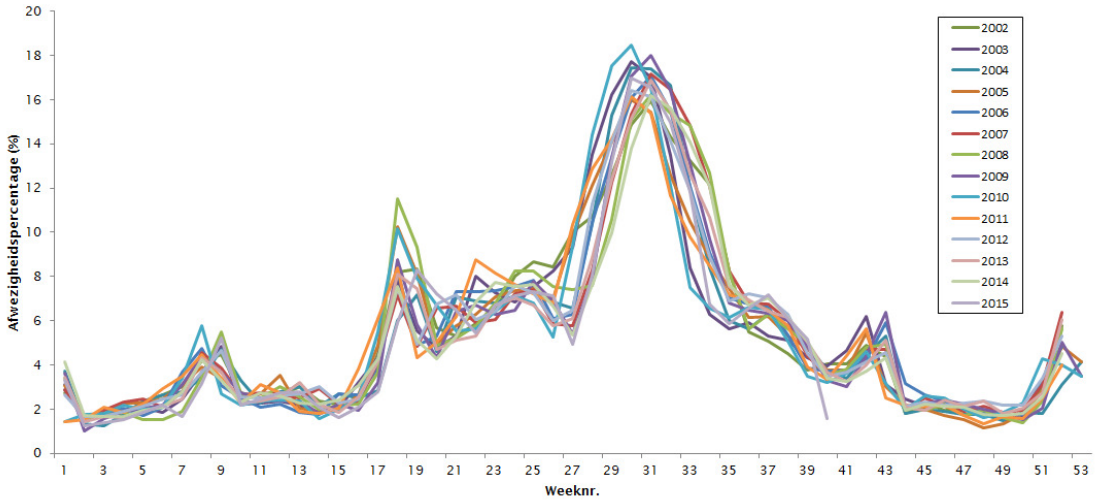
TABEL 2: JAARGEMIDDELDE KLIMAATSTATISTIEKEN PER VOORZIENINGSGEBIED (PERIODE 1995-2015)

Voorzieningsgebied	Gemiddelde temperatuur (°C)	Maximale temperatuur (°C)	Globale straling (J/cm2)	Neerslag (mm/dag)	Verdamping (mm/dag)
Amsterdam	10.6	14.2	1023	858	595
Groningen Provincie	9.7	13.5	990	792	565
Groningen Stad	9.7	13.7	980	814	558
HAU	10.6	14.2	1023	858	595
Heemstede	10.6	14.2	1023	858	595
Het Gooi	10.2	14.3	995	832	569
Texel	10.4	13.2	1063	777	610
Sint Niklaas	10.8	14.9	1031	803	599

2.4 Vakantiespreiding

Door het CBS zijn gegevens over de vakantieafwezigheid per regio aangeleverd van 2000 tot en met 2015. Deze gegevens zijn omgerekend naar een zogenaamd afwezigheidspercentage, dat het deel van de bevolking uitdrukt dat op een bepaalde dag op vakantie is (zowel bestemmingen in binnen- als buitenland). De statistieken van 2000 en 2001 zijn echter met een andere methodiek verzameld dan de jaren daarop, waardoor deze perioden onderling niet vergelijkbaar zijn. Gegevens van 2000-2001 kunnen dus niet gebruikt worden bij verdere analyses.

Voor de vakantiespreiding-dataset werkt het CBS met een indeling van Nederland in vier regio's. Deze regio's komen echter niet overeen met de indeling in drie regio's die voor de spreiding van de schoolvakanties wordt aangehouden. De regio West van het CBS omvat de provincies Utrecht, Noord-Holland, Zuid-Holland en Zeeland. Bij de spreiding van schoolvakanties vallen Utrecht en Zuid-Holland echter in de vakantieregio Midden en valt Zeeland in vakantieregio Zuid (Rijksoverheid, 2017). Groningen Stad en Groningen Provincie vallen in CBS regio Noord. De overige gebieden (Amsterdam, Heemstede, HAU, Het Gooi en Texel) vallen allemaal in regio West. In Figuur 6 is het jaarlijkse vakantiespreidingspatroon voor regio West tussen 2002-2015 weergegeven. Het valt op dat op het hoogtepunt in de zomer doorgaans zo'n 16 tot 19% van de Nederlanders op vakantie zijn.



FIGUUR 6: JAARIJKS VAKANTIEAFWEZIGHEIDSPATROON OP WEEKBASIS VOOR REGIO WEST, VOOR DE JAREN 2002-2015. ZICHTBAAR IS DAT DE PIEK ROND 19% AFWEZIGHEID ZIT, HETGEEN BETEKENT DAT IN DIE BETREFFENDE WEEK EEN OP DE VIJF NEDERLANDERS OP VAKANTIE ZIJN.

Voor Vlaanderen zijn geen vakantieafwezigheidsstatistieken op weekbasis beschikbaar. Wel is bekend wanneer schoolvakanties e.d. beginnen en eindigen. Daarom is voor voorzieningsgebied Sint Niklaas een combinatie gemaakt van het Nederlandse vakantiespreidingspatroon voor regio Zuid en de start- en einddata van schoolvakanties in Vlaanderen: feitelijk is het Nederlandse afwezigheidspatroon dus verschoven zodat de pieken overeenkomen met de Belgische timing van vakanties.

We doen de aanname dat de afwezigheid van Nederlanders in een regio over het algemeen een soortgelijke trend vertoond als aanwezigheid van toeristen (grotendeels ook Nederlanders, die dan elders afwezig zijn). Zodoende kan de vakantie-afwezigheid ook gebruikt worden als maat voor de toerisme-aanwezigheid, om op die manier een netto-effect op de watervraag af te leiden.

3 Analysemethode

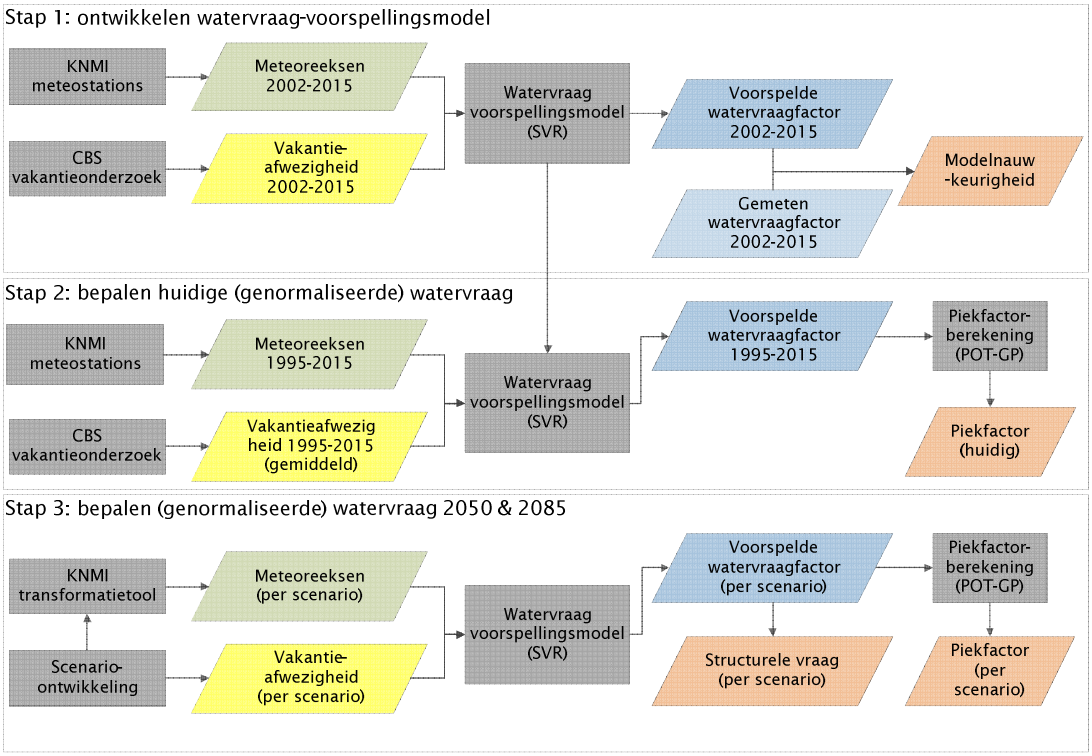
Dit hoofdstuk gaat in op de tweede onderzoeksvraag (hoe kan de dagpiekfactor voor een voorzieningsgebied berekend worden op basis van gegevens over het klimaat en vakantiespreiding). Aan bod komt allereerst een overzicht van het analyseproces als geheel, voorbewerking van de brondata, architectuur en training van het watervraag-voorspellingsmodel, ontwikkeling van toekomstscenario's, extremewaardenberekening t.b.v. het bepalen van de dagpiekfactor en tot slot de methodiek voor het inventariseren van adaptieve maatregelen.

3.1 Raamwerk

Bij dit project maken we gebruik van diverse modellen om de geformuleerde onderzoeksvragen te beantwoorden. De sleutelrol is daarbij weggelegd voor het watervraag voorspellingsmodel, waarmee meteorologische omstandigheden en vakantieafwezigheid vertaald kunnen worden naar de relatieve drinkwatervraag.

Aangezien waterbedrijven over het algemeen geen betrouwbare gemeten dagafzet-gegevens hebben van voor 2000 (veroorzaakt door wisselingen in de bedrijfsvoering, veranderingen in de data-opslagsystemen en onnauwkeurigheden in de meetmethodiek), wordt de periode 2002-2015 gebruikt voor modeltraining en -test. Voor het daadwerkelijk berekenen van de huidige dagpiekfactor is deze meetreeks echter te kort om een statistisch betrouwbare dagpiekfactor berekening te doen. Immers, naar verwachting komt een piek met herhalingstijd van eens in de 10 jaar slechts één keer voor in deze meetreeks. Om de representativiteit van onze dagpiekfactor-berekening te verhogen maken we voor elk voorzieningsgebied een synthetische watervraagreeks voor 1995-2015 met behulp van het voorspellingsmodel dat getraind en getest is op de periode 2002-2015. De synthetische watervraagreeksen kunnen gezien worden als zijnde de representatieve watervraag tussen 1995-2015:

1. bij een vakantiegedrag dat elk jaar hetzelfde is als het gemiddelde vakantiegedrag tussen 2002-2015
2. indien de respons van drinkwaterconsumenten op weersomstandigheden soortgelijk is als tussen 2002-2015 (kortom, hier geldt de aanname dat als een consument tussen 2002-2015 gemiddeld de 20% meer water dan normaal gebruikt op een warme dag, dat hij dat ook in de periode voor 1995-2002 zou hebben gedaan)
3. de statistische betrouwbaarheid van de synthetische watervraagreeksen is gelijk aan de betrouwbaarheid van het model (R^2) op de testsets (zie paragraaf 3.3.2).



FIGUUR 7: ONDERZOEKSOPZET. HET ONDERZOEK BESTAAT IN FEITE UIT DRIE HOOFDSTAPPEN: ONTWIKKELING VAN HET WATERVRAAG VOORSPELLINGSMODEL, BEPALING VAN DE HUIDIGE DAGPIEKFACTOR EN TOT SLOT HET BEPALEN VAN DE DAGPIEKFACTOREN VOOR 2050 EN 2085.

Met de gereconstrueerde relatieve watervraag tussen 1995-2015 en het gekalibreerde watervraagmodel berekenen we de huidige dagpiekfactor. Vervolgens maken we voor de zichtjaren 2050 en 2085 elk 8 toekomstscenario's en gebruiken we die om de relatieve drinkwatervraag te voorspellen. In Figuur 7 zijn de verschillende stappen en rol van de modellen daarin schematisch weergegeven.

3.2 Voorbewerking en verrijking datasets

Uit de ontvangen meetreeksen met meteorologische parameters en vakantieafwezigheids-statistieken zijn alle gaten verwijderd. Uitbijters hebben we laten zitten, omdat we bij dit onderzoek juist geïnteresseerd zijn in de extreme waarden (die zouden bij het verwijderen van de uitbijters deels verloren kunnen gaan, met uiteindelijk een te lage inschatting van de dagpiekfactor tot gevolg). Wel is van enkele voorzieningsgebieden bekend dat metingen over specifieke periodes niet betrouwbaar zijn en waarvan de metingen over een periode van meerdere maanden sterk afwijken van de langjarige patronen. Deze metingen zijn uit de datasets verwijderd. Het gaat om periodes waarin watertorens in een gebied zijn bijgevuld, pompstations gerenoveerd werden, debietmeters defect waren of onjuiste gegevens hebben doorgestuurd of waarin doorleveringen plaats hebben gevonden. In Bijlage 2 is een overzicht opgenomen van alle metingen die uit de reeksen verwijderd zijn.

Na de voorbewerking hebben we nog een aantal aanvullende parameters berekend op basis van de basisparameters die reeds in de meetreeksen aanwezig zijn. Deze afgeleide parameters hebben fysische betekenis en zijn relevant voor het correct voorspellen van de watervraag:

1. Doorlopend potentieel neerslagtekort.
2. Gemiddelde dagtemperatuur, neerslag, verdamping en globale straling op de voorgaande drie dagen ('lag' variabelen).
3. Type weekdag (werkdag of weekenddag).
4. Nationale feestdagen.
5. Maand van het jaar.

Het doorlopend potentieel neerslagtekort is het cumulatieve neerslagtekort dat loopt van 1 april tot 1 oktober (zie ook de exacte definitie in de begrippenlijst). Deze parameter is een maat voor de droogte en houdt verband met het besproeien van tuinen. Temperatuur, neerslag, verdamping en globale straling op de voorgaande dagen zijn waarschijnlijk bepalend voor de timing van het waterverbruik. Zo is het aannemelijk dat iemand eerder de tuin besproeit, als het de voorgaande dagen droog en warm weer is geweest. Indien het neerslagtekort hoog is, kan het waterverbruik op een bepaalde dag toch laag uitvallen omdat het de voorgaande dag nog geregend heeft. Temperatuur en globale straling zijn waarschijnlijk bepalend voor de keuze van consumenten om een zwembad in de achtertuin te vullen of extra te douchen.

Nationale feestdagen worden berekend uit de dag van het jaar, op basis van de feestdagen-kalenders van België en Nederland. Hierbij is ook rekening gehouden met historische veranderingen in de feestkalender (bijvoorbeeld wijziging Koninginnedag naar Koningsdag). Maand van het jaar is een 'restpost', waarmee jaarlijkse watervraagpatronen kunnen worden voorspelt die niet door de andere variabelen worden verklaart. Hierbij valt te denken aan het periodiek bijvullen van watertorens of doorleveren aan andere voorzieningsgebieden, variaties in watergebruik door langer daglicht in de zomermaanden (wanneer men gemiddeld korter slaapt) en niet-lineaire effecten door lokaal vakantie- en feestgedrag dat niet ondervangen wordt met de bredere vakantie-afwezigheid (denk aan carnaval, dorpsfeesten, festivals en andere grootschalige evenementen).

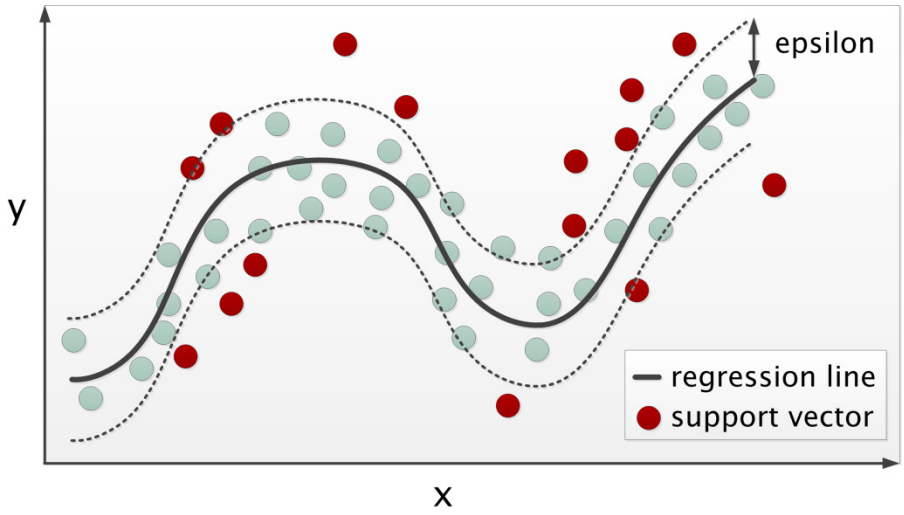
Feestdagen, type weekdag en de maand van het jaar zijn gecodeerd naar zogenaamde 'one-hot vectors'. Bij dit coderen worden variabelen met verschillende categorieën opgesplitst in aparte variabelen voor elke categorie waarbij de waarde altijd 1 of 0 is. Hiermee wordt voorkomen dat een regressiemodel onterecht een volgordelijkheid kan veronderstellen uit de gegevens.

3.3 Vraagfactor-voorspellingsmodel

3.3.1 Support Vector Regression

Het simuleren van de dagfactoren (genormaliseerd dagelijks waterverbruik) op basis van meteorologische gegevens en vakantie-afwezigheid een zogenaamde statistisch regressieprobleem. Voor dergelijke probleemtypen is een breed pallet aan modeltypen beschikbaar. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van Support Vector Regression (SVR). Dit is een robuust machine learning algoritme waarmee recentelijk binnen en buiten KWR veel succesvolle modellen mee gemaakt zijn (Vonk & Vries, 2016).

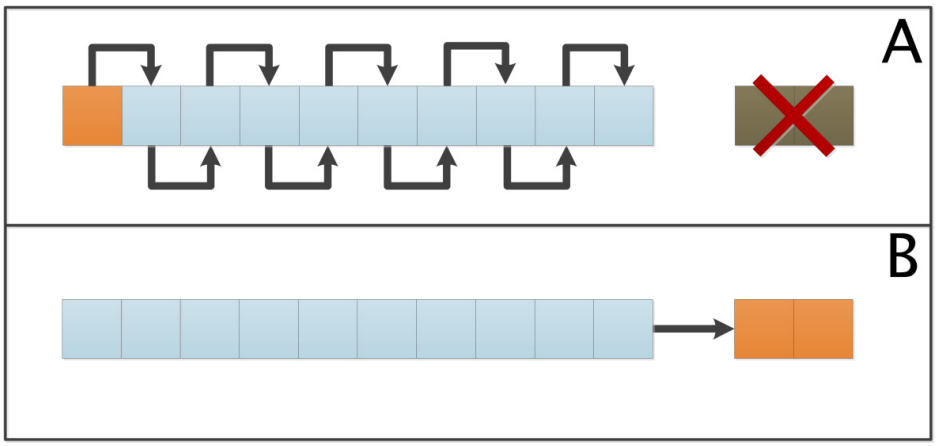
SVR is een uitbreiding op het onderliggende Support Vector Machine (SVM) algoritme, wat ontwikkeld is voor classificatie van data (Vapnik, 2013). In feite tracht het SVR algoritme een functie te fitten op een dataset waarbij de afwijking te opzichte van de trainingsset voor elk punt niet groter mag zijn dan een vooraf gedefinieerde bandbreedte ε (epsilon). Dit resulteert in een convex optimalisatieprobleem waarvoor een enkel globaal optimum gevonden kan worden. De relaties tussen de verschillende input-variabelen en de te voorspellen variabele hoeven daarbij niet lineair te zijn: door de data intern in het model te transformeren met zogenaamde kernel functies kunnen ook niet-lineaire relaties geleerd worden (de 'kernel trick'). Naast lineaire kernelfuncties kunnen ook polynomen, Radiale Basis Functies (RBF) en sigmoïde functies gekozen worden. Over het algemeen zijn SVMs relatief ongevoelig voor overfitting, waardoor de modelresultaten goed generaliseerbaar zijn (Auria & Moro, 2008). Dit is een belangrijke eigenschap voor dit specifieke onderzoek, omdat klimaatverandering zorgt voor meteorologische omstandigheden die in het verleden nog niet eerder gemeten zijn en waarvoor het algoritme gedwongen wordt om te extrapoleren.



FIGUUR 8: VISUELE WEERGAVE VAN DE WERKING VAN EEN SVR-MODEL. GEGEVEN EEN BEPAALDE KOSTENVRIJE BANDBREEDTE EPSILON EN EEN KOSTENPARAMETER *C* VOOR DATAPUNTEN DIE BUITEN DE BANDBREEDTE LIGGEN WORDT GETRACHT OM EEN REGRESSIELIJN TE VINDEN WAARBIJ EEN ZO GROOT MOGELIJK AANTAL DATAPUNTEN IN DE EPSILON-BANDBREEDTE LIGGEN. PUNTEN BUITEN DEZE BANDBREEDTE (ROOD) WEGEN ZWAAR MEE INDIEN EEN HOGE C-WAARDE WORDT GEKOZEN. ZO KAN HET MODEL GEOPTIMALISEERD WORDEN OP HET FITTEN VAN EXTREME WAARDEN OF JUIST DE BULK VAN DE DATAPUNTEN.

De hyperparameters van een SVR-model zijn de 'C' en 'epsilon'. Dit zijn de instellingen gerelateerd aan de architectuur van het model die uiteindelijk bepalend zijn voor de manier waarop invoerdata getraind wordt op de uitvoer. De C-parameter bepaalt daarbij hoe zwaar een onjuist voorspelde waarde meetelt in het optimalisatieproces en de epsilon definieert de bandbreedte rondom de te fitten regressielijn (Figuur 8). Binnen deze bandbreedte worden onjuist voorspelde waarden niet meegewogen in het optimalisatieproces, daarbuiten wel. Hoe groter de C-parameter gekozen wordt, des te zwaarder afwijkende data meegewogen worden in het trainingsproces en des te 'grilliger' de regressielijn wordt (het algoritme probeert dan koste wat kost alles mee te fitten).

Het SVR-model is geïmplementeerd met de Python-module Scikit-learn (Pedregosa et al., 2011). Belangrijk bij de totstandkoming van het model is kalibratie van de zogenaamde hyperparameters. Deze zijn in dit onderzoek bepaald middels 10-voudige kruisvalidatie. Daartoe is de beschikbare data van de periode 2002-2015 van alle voorzieningsgebieden gebruikt[2]. Uit deze set zijn willekeurig 80% van de datapunten geselecteerd als subset voor training en kruisvalidatie en de resterende 20% als subset voor het testen van het model (Figuur 9).



FIGUUR 9: BIJ (A): PER VOORZIENINGSGEBIED WORDEN DE METINGEN IN EERSTE INSTANTIE GESPLITST IN EEN TESTDEEL (BRUIN) EN EEN TRAININGSDEEL (BLAUW-ORANJE). MET HET TRAININGSDEEL DOEN WE DE MODELSELECTIE VOLGENS EEN 10-VOUDIGE KRUISVALIDATIEMETHODIEK ($1/10^E$ WORDT GEBRUIKT VOOR VALIDATIE, $9/10^E$ VOOR TRAINING). BIJ (B): NA MODELSELECTIE WORDT DE GEHELE TRAININGSSET GEBRUIKT OM PER VOORZIENINGSGEBIED HET MODEL DAADWERKELIJK TE TRAINEN. ELK GEBIED WORDT VERVOLGENS GETEST OP DE TESTDATA (ORANJE).

3.3.2 Model- en parameterselectie

De architectuur van het SVR-model is tot stand gekomen middels een zogenaamde geautomatiseerde gridsearch procedure op de kruisvalidatie-subset. Voor het uiteindelijke model is gekozen voor een 3^e graads polynoomkernel. Hoewel de veelgebruikte Radial Basis Function kernel in principe een soortgelijke fit geeft op de data, is de polynoomkernel beter in staat om de pieken juist te voorspellen; een aspect dat erg belangrijk is bij dit onderzoek. De optimale combinatie van hyperparameters die uiteindelijk middels de gridsearch procedure is berekend staat weergegeven in Tabel 3, tezamen met het resultaat van de modeltraining en -test.

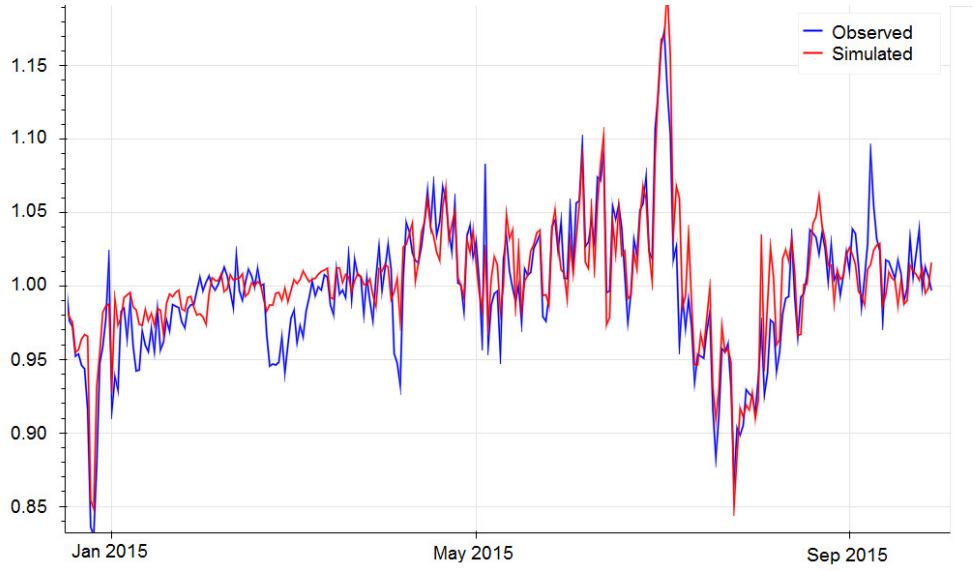
TABEL 3: RESULTATEN MODELTRAINING EN -TEST

Voorzieningsgebied	C	Epsilon	R^2 training	R^2 test
Amsterdam	0.022	0.018	0.70	0.63
Groningen Provincie	0.05	0.022	0.72	0.66
Groningen Stad	0.12	0.04	0.60	0.50
HAU	0.025	0.034	0.62	0.60
Heemstede	0.04	0.027	0.60	0.61
Het Gooi	0.10	0.020	0.80	0.77
Texel	0.14	0.038	0.93	0.91
Sint Niklaas	0.019	0.013	0.44	0.39

[2] Data van 2000-2001 is niet bruikbaar voor modelontwikkeling vanwege de onbetrouwbaarheid van CBS vakantiespreidingsstatistieken in die periode (zie paragraaf 2.4).

Na training zijn de modelsimulaties visueel beoordeeld op correctheid. Over het algemeen worden pieken en dalen in de watervraag netjes gesimuleerd door het model (ter illustratie Figuur 10). In de watervraagreeks van Sint Niklaas zitten een aantal sterke pieken, deels ook in de winter, die het model niet goed weet te voorspellen. Een duidelijke oorzaak van deze pieken is niet bekend: waarschijnlijk zijn dit artefacten in de data maar mogelijk speelt ook het grootschalige gebruik van hemelwateropvang een rol.

Ook voor voorzieningsgebied Groningen Stad en Groningen Provincie worden een aantal pieken door het model onderschat. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat de gebruikte dagafzetreeksen voor deze gebieden in bepaalde periodes een vertekend beeld geven van de werkelijke watervraag. Er zijn namelijk een aantal renovaties geweest aan pompstations en in 2005 is omgeschakeld naar een nieuw datasysteem, waardoor in die periodes de werkelijke watervraag vermoedelijk hoger was dan dagafzet doet vermoeden, met modelmatige onderschatting als gevolg. Wat tot slot opvalt is dat het model goed kan omgaan met de verschillen in vraagdynamiek tussen de voorzieningsgebieden onderling.



FIGUUR 10: GESIMULEERDE (ROOD) EN GEMETEN (BLAUW) RELATIEVE WATERVRAAG IN AMSTERDAM VOOR DE PERIODE SEPTEMBER 2014 – OKTOBER 2015. OPVALLENDE DALEN (KERST 2014) EN PIEKEN (JULI 2015) WORDEN CORRECT GESIMULEERD. DE KLEINE GEMETEN PIEK IN SEPTEMBER 2015 WERD VEROORZAAKT DOOR DE LEKKAGE BIJ VU MEDISCH CENTRUM. DEZE PIEK WORDT GENEGEERD DOOR HET MODEL, AANGEZIEN HET GEEN ECHTE WATERVRAAG BETREFT MAAR EEN ANOMALIE IN DE METINGEN.

3.4 Scenario-ontwikkeling

In dit onderzoek wordt gewerkt met 8 scenario's, voor in totaal 2 zichtjaren (2050 en 2085). De scenario's hebben twee meteorologische onzekerheidsassen (de mate waarin de globale temperatuur stijgt en de mate van verstoring van de luchtstroming in Nederland) en één sociale onzekerheidsas: de mate waarin vakantiespreiding veranderd. In deze paragraaf wordt de totstandkoming van de scenario's op basis van deze onzekerheden toegelicht.

3.4.1 Trendontwikkeling meteorologie

Het KNMI rekent voor de zichtjaren 2050 en 2085 met de zogenaamde KNMI '14 scenario's. Deze scenario's, die in 2014 zijn geactualiseerd, laten de bandbreedte aan aannemelijke ontwikkelingen op klimaatgebied zien. Met behulp van het KNMI-klimaat transformatieprogramma (A. Bakker, 2015) kunnen historische meteorologische metingen worden getransformeerd, zodat de een beeld ontstaat hoe die historische jaren eruit zouden zien onder de nieuwe klimaatomstandigheden. De klimaattransformaties maken onderscheid tussen de verschillende regio's in Nederland. Voor dit onderzoek zijn voor elk voorzieningsgebied de representatieve neerslag, verdamping, globale straling, gemiddelde dagtemperatuur en maximale dagtemperatuur getransformeerd naar hun representatieve toekomstige waarden.

In bredere zin laten de scenario's zien dat klimaatverandering zorgt voor gemiddeld hogere temperaturen, maar dat er tegelijkertijd niet in alle gevallen sprake is van structureel meer droogte. De verdamping neemt namelijk in vrijwel alle scenario's en gebieden toe, maar tevens wordt gemiddeld ook meer neerslag verwacht. In de westelijke regio zorgt dit netto voor een daling van het neerslagoverschot, terwijl in de noordoostelijke regio het neerslagoverschot juist toeneemt in een aantal scenario's. Tabel 4 en Tabel 5 illustreren dit voor voorzieningsgebied Amsterdam (KNMI station Schiphol) en Groningen Stad (station Eelde).

TABEL 4: JAARGEMIDDELDE WAARDEN VOOR VOORZIENINGSGEBIED AMSTERDAM

Scenario	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)	Neerslag-overschot (mm)	Temperatuur gemiddeld (°C)	Temperatuur maximaal (°C)	Globale straling (J/cm²)
1995-2015	858	595	263	10.6	14.2	1023
GL 2085	854	610	244	11.9	15.4	1019
GH 2085	847	624	223	12.2	15.7	1035
WL 2085	861	631	230	13.8	17.2	1016
WH 2085	861	653	208	14.2	17.6	1040

TABEL 5: JAARGEMIDDELDE WAARDEN VOOR VOORZIENINGSGEBIED GRONINGEN-STAD

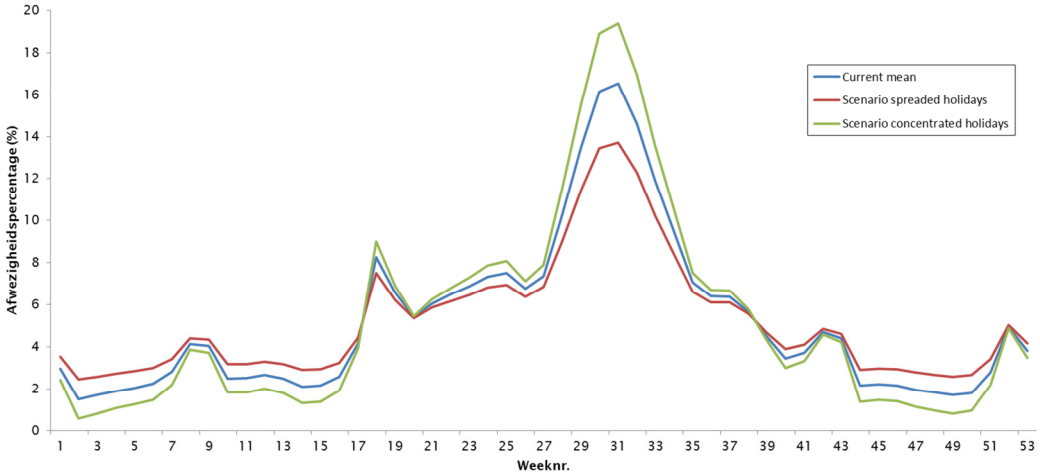
Scenario	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)	Neerslag-overschot (mm)	Temperatuur gemiddeld (°C)	Temperatuur maximaal (°C)	Globale straling (J/cm²)
1995-2015	814	558	256	9.7	13.7	980
GL 2085	858	573	285	11.1	15.0	976
GH 2085	850	587	263	11.4	15.3	992
WL 2085	869	599	270	13.0	16.8	974
WH 2085	865	617	248	13.4	17.2	996

3.4.2 Trendontwikkeling vakantiespreiding

Het is goed mogelijk dat Nederlanders en Belgen in de toekomst gespreider op vakantie zullen gaan dan nu. Immers, indien het klimaat zodanig verandert dat het bijvoorbeeld ook in oktober nog prima weer is om in Noord Europa een wandel- of strandvakantie te doen, zou de noodzaak wegvallen om dit in het voorjaar of in de zomer te plannen. Ook kan de vakantiespreiding door demografische ontwikkelingen egaler worden in de toekomst: door een vergrijzende samenleving komen er in de toekomst in verhouding meer gepensioneerden die niet afhankelijk zijn van schoolvakanties voor hun reizen.

Aan de andere kant is het ook niet ondenkbaar dat in de toekomst vakantiegedrag juist geconcentreerder wordt. Wellicht besluiten veel bedrijven in de toekomst dat het efficiënt is als men in de zomer enkele weken geheel dicht gaat, zodat al het personeel tegelijk op vakantie kan en daarna de processen weer gestart kunnen worden. Wellicht neemt de welvaart in Nederland verder toe, zodat in de toekomst steeds meer mensen in staat zijn om in de vakantieperioden op vakantie te gaan naar het buitenland.

De geschetste mogelijke ontwikkelingen zijn afzonderlijk gekwantificeerd. Dit is gedaan door het jaarlijks gemiddelde vakantiepatroon tussen 2002 en 2015 als uitgangspunt te nemen en dit patroon te verzwakken respectievelijk te versterken met 25% ten opzichte van het gemiddelde (Figuur 11). De versterkte en verzwakte spreidingspatronen liggen net iets buiten extremen voor 2002-2015 (zie Figuur 6). Aangezien er niet noodzakelijkerwijs een langjarig stijgende of dalende trend in de verandering van vakantiegedrag hoeft te zitten, zijn de spreidingscurves gelijk voor zichtjaren 2050 en 2085.



FIGUUR 11: BANDBREEDTE VOOR TOEKOMSTIGE VAKANTIESPREIDING (GROEN EN ROOD), TEN OPZICHTE VAN HET HUIDIGE (2002-2015) SPREIDINGSPATROON (BLAUW).

3.5 Bepaling dagpiekfactor

De eigenlijke dagpiekfactor wordt berekend op basis van de tijdreeksen die uit het watervraag-voorspellingsmodel komen. De dagpiekfactor is het resultaat van een statistische extremewaardenberekening, waarbij uit de gehele watervraag-tijdreeks een selectie wordt gemaakt van de meest extreme vraagpieken. Deze selectie wordt vervolgens gefit op een daarvoor geschikte kansverdelingsfunctie, waardoor het mogelijk wordt om de watervraag corresponderend met een herhalingstijd van 10 jaar te berekenen (De Moel et al., 2006).

Voor het selecteren van extreme waarden uit een dataset zijn twee methodieken gangbaar: Block Maxima (BM) en Peak-Over-Threshold (POT) sampling (Lang et al., 1999). Bij BM wordt de hoogste piek van elk (hydrologisch) jaar geselecteerd uit een tijdreeks. Door de eenvoud is dit een veelgebruikte methodiek. Het nadeel is echter dat relatief veel data niet gebruikt wordt in de analyse. De POT-methode ondervangt dit nadeel, door alle pieken mee te nemen boven een vooraf gekozen grenswaarde. Op die manier kan voor de uiteindelijke dagpiekfactor-berekening veel meer data gebruikt worden. De methodiek is echter wel complexer: zo moet vooraf een grenswaarde gekozen worden en dienen pieken ‘ontclustert’ te worden.

Het dilemma bij het vinden van een goede grenswaarde is dat een lagere grenswaarde zorgt voor veel resterende data en daarmee potentieel precieze fit op de kansverdeling, met als risico dat de te vinden kansverdeling uiteindelijk geen extremewaardenverdeling meer is omdat ook 'normale' watervraagmomenten zijn meegenomen. Andersom zorgt een hoge grenswaarde ervoor dat de enkele resterende pieken ook daadwerkelijk extreem zijn en daarmee passen bij een extremewaardenverdeling, maar met als nadeel dat er relatief veel data niet gebruikt wordt. Er zijn veel methodieken in gebruik om de ideale grenswaarde te vinden. In dit onderzoek hebben we voor elk voorzieningsgebied een Mean Excess Plot gebruikt om gevoel te krijgen voor de ideale grenswaarde (Méndez et al., 2006). Op basis daarvan hebben we het 99% percentiel vastgesteld als veilige grenswaarde. Deze waarde kan voor elk voorzieningsgebied geautomatiseerd bepaald worden, waarbij dan gemiddeld zo'n 2 pieken per jaar gebruikt worden voor het fitten van de kansverdeling.

Het 'ontclusteren' van de dataset is nodig omdat watervraagpieken soms enkele dagen kunnen aanhouden (Kyselý et al., 2010). Zonder ontclustering zou elke individuele dag in een enkele hittegolfperiode geselecteerd kunnen worden, terwijl het feitelijk om dezelfde extreme situatie gaat. Om te voorkomen dat extremen dubbel worden meegerekend wordt daarom als 'regel' bij het samplen aangehouden dat een piek pas meetelt als er in de voorgaande 5 dagen geen piek boven de grenswaarde was.

De geselecteerde extremen zijn gefit op een zogenaamde Generalized Pareto Distribution, een flexibele kansverdeling voor POT-extremen. Er is gebruik gemaakt van zogenaamde 'Bayesian estimation' om de optimale kansverdeling te bepalen. Deze berekening is automatisch uitgevoerd middels scripting in R, met gebruik van de bibliotheek 'extRemes' (Gilleland & Katz, 2016). Uit de gevonden kansverdeling wordt de 1/10 jaar overschrijdingskans bepaald.

3.6 Inventarisatie adaptieve maatregelen

Om een beeld te krijgen van de gevolgen die waterbedrijven verwachten bij toename van watervraagpieken en/of hogere frequentie van watervraagpieken zijn telefonische interviews gedaan bij de waterbedrijven Brabant Water, Dunea, Evides, PWN, Vitens, De Watergroep, Waterbedrijf Groningen en WMD. Tijdens de interviews zijn telkens 8 vragen gesteld, in de hoofdcategorieën:

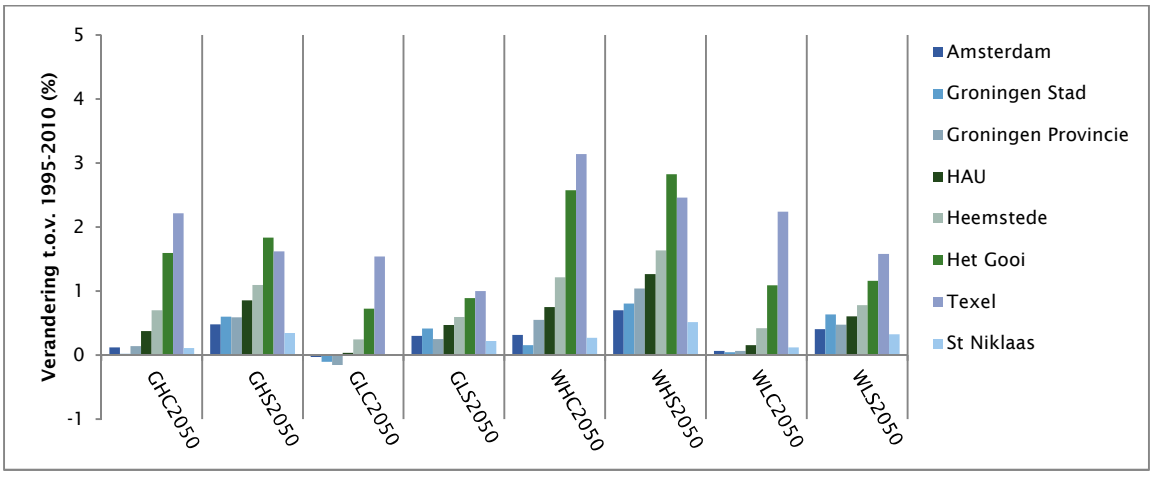
1. Welke effecten zijn er waargenomen tijdens hittegolven en perioden met warm/droog weer?
2. Wat zijn de meest aannemelijke oorzaken achter de waargenomen piekwatervraag?
3. Welke adaptieve maatregelen worden gebruikt ten tijde van hoge piekwatervraag?

4 Resultaten – toekomstige ontwikkeling watervraagfactor

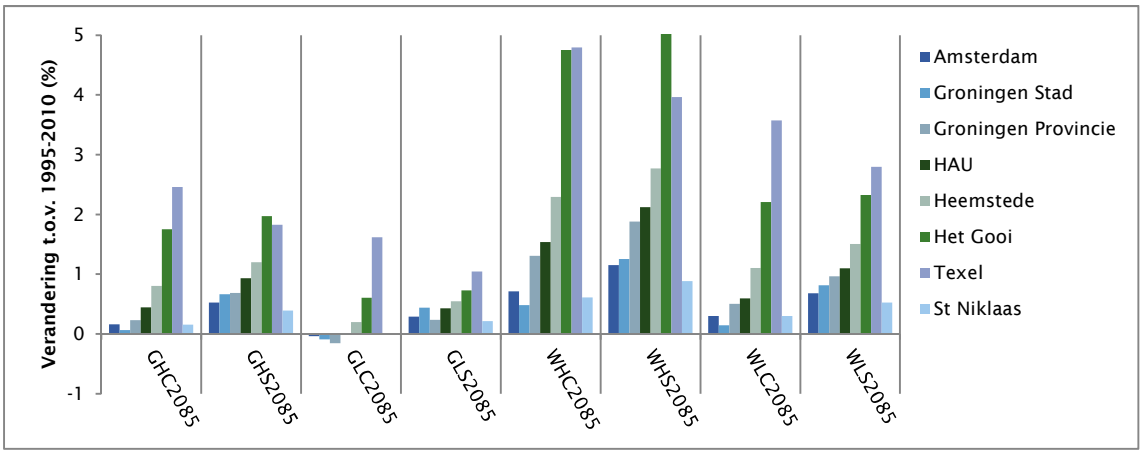
We hebben de analysemethodiek omschreven in hoofdstuk 3 gevolgd om te komen tot een inschatting voor de verandering in gemiddelde watervraag en piekwatervraag ten gevolgd van klimaatverandering en mogelijke veranderingen in vakantieafwezigheid. In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de gemiddelde watervraag, daarna op de dagpiekfactoren en tot slot over het watervraagregime als geheel.

4.1 Gemiddelde watervraag

Voor zowel zichtjaar 2050 als 2085 is een lichte toename in gemiddelde watervraag zichtbaar. Scenariobreed gaat het om een toename van 0.8% voor 2050 en 1.2% voor 2085. Tussen de scenario's en voorzieningsgebieden onderling varieert de invloed van -0.2% (GLC2050 – Groningen Provincie) tot +3.1% (WHC2050 – Texel) in 2050. In 2085 loopt deze bandbreedte van -0.2% (GLC2085 – Groningen Provincie) tot +5.1% (WHS2085 – Texel). Drie belangrijke conclusies die getrokken kunnen worden zijn dat (a) er gemiddeld over de scenario's voor alle voorzieningsgebieden sprake is van een toename in gemiddelde watervraag (b) deze toename in alle gevallen niet groter is dan 3.5% voor 2050 en niet groter dan 5.5% voor 2085 (in beide gevallen ten opzichte van de controleperiode 1995-2015) en (c) dat de exacte toename enkele procenten verschilt tussen de gebieden en de scenario's onderling.



FIGUUR 12: VERANDERING VAN DE GEMIDDELDE WATERVRAAG TEN OPZICHTE VAN PERIODE 1995-2015 VOOR ZICHTJAAR 2050.



FIGUUR 13: VERANDERING VAN DE GEMIDDELDE WATERVRAAG TEN OPZICHTE VAN PERIODE 1995-2015 VOOR ZICHTJAAR 2085.

Verschillen tussen de gebieden onderling zijn relatief groot. Van alle voorzieningsgebieden laten Texel en Het Gooi de duidelijkste stijging zien, vooral voor de WH-scenario's. De vraag op Texel wordt sterk gedreven door het toerisme, waardoor de stijging vooral groot is in de scenario's met een geconcentreerde vakantiepiek (vergeleken bij de scenariovarianten met een gespreide vakantiepiek). Voorzieningsgebied Het Gooi staat bekend als een landelijk voorzieningsgebied waar het besproeien van tuinen een belangrijke drijvende kracht is achter de watervraag. Het is daarom in lijn met de verwachting dat dit gebied een relatief grote toename in watervraag laat zien bij alle klimaatscenario's. Enigszins opvallend is dat Groningen Provincie, Amsterdam en Groningen Stad veel minder sterk reageren op de klimaatinvloeden en voor het GLC scenario in zowel 2050 als 2085 zelfs een kleine daling laten zien.

De daling kan voor Groningen Provincie en Groningen Stad worden verklaard doordat volgens de KNMI klimaatscenario's het neerslagoverschot voor de noordoostelijke regio toeneemt ten opzichte van de huidige periode. Het neerslagoverschot is het grootst in het GL-scenario: 285 mm/jaar (t.o.v. 256 mm/jaar huidig). Dit zorgt ervoor dat het doorlopend potentieel neerslagtekort, een van de factoren in het watervraag-voorspellingsmodel, in een aantal situaties lager uitvalt dan de huidige periode en de daaruit voorvloeiende gemiddelde watervraag ook.

In de westelijke regio wordt juist onder alle scenario's een daling van het neerslagoverschot voorspeld. De gevolgen voor voorzieningsgebieden in die regio zijn daardoor relatief groot. Bij relatief landelijke gebieden (Het Gooi, HAU en Heemstede) is de gemiddelde toename het sterkst, waarschijnlijk omdat inwoners daar gemiddeld een groot tuinoppervlak hebben. Amsterdam is een sterk stedelijk voorzieningsgebied, met een gemiddeld klein tuinoppervlak per inwoner. Daar zien we dan ook dat vakantiespreiding een relatief grote rol speelt in de watervraag (vergelijk de S-scenario's met de corresponderende C-scenario's).

Ook op Texel is vakantiespreiding een belangrijke factor in de watervraag, waardoor concentratie van de vakanties in een korte zomerperiode daar zorgt voor een extra sterke watervraag-toename. De watervraag in Sint Niklaas lijkt relatief evenwichtig te worden beïnvloed door meteorologische factoren en de vakantiespreiding. De modelnauwkeurigheid voor dit gebied is echter relatief laag, waardoor er ook een modelmatige onderschatting van de invloed een mogelijke verklaring is.

De gevonden toenames liggen in dezelfde ordegrootte als gevonden voor voorzieningsgebieden Budel en Tilburg in een eerdere studie door Zwolsman et al. (2007). De gemiddelde toenames die voor die gebieden werd gevonden waren respectievelijk 1.8% en 2.4%. De toenmalige analyse was op basis van oudere 2003-klimaatscenario's. Dat de resultaten uit die studie overeenkomen met de huidige geeft vertrouwen in de robuustheid van de resultaten.

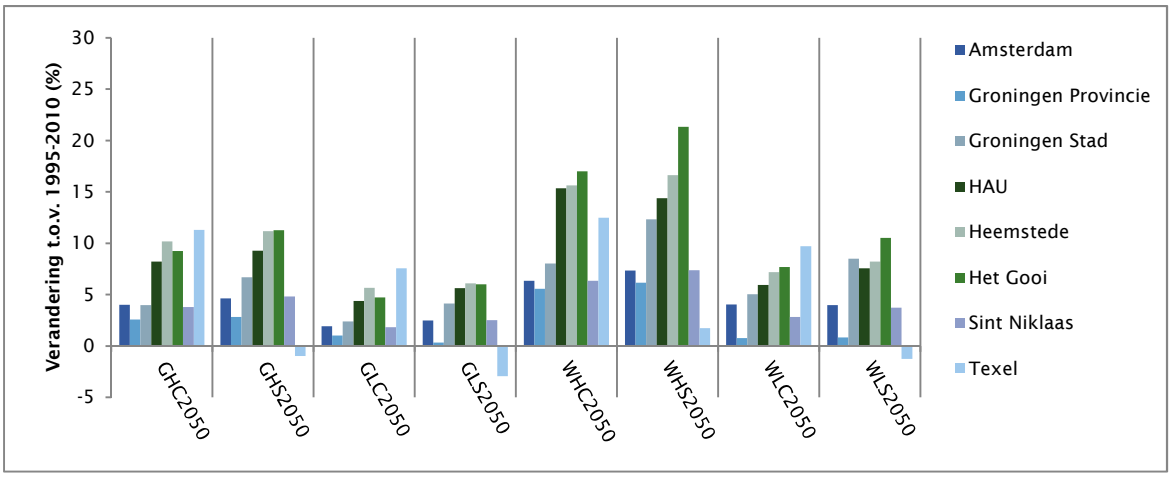
4.2 Piekwatervraag

Figuur 14 en Figuur 15 laten per gebied en per scenario de relatieve verandering in dagpiekfactor zien, ten opzichte van de controleperiode. De absolute dagpiekfactor is per gebied opgesomd in Tabel 6. Deze figuren en de tabel tezamen vatten in feite de belangrijkste uitkomst van dit onderzoek samen. De dagpiekfactoren in Tabel 6 geven een beeld van de verwachtte bandbreedte voor de toekomstige dagpiekfactor voor elk voorzieningsgebied.

TABEL 6: BANDBREEDTE VOOR DE DAGPIEKFACTOR VOOR 2050 EN 2085 PER VOORZIENINGSGEBIED.

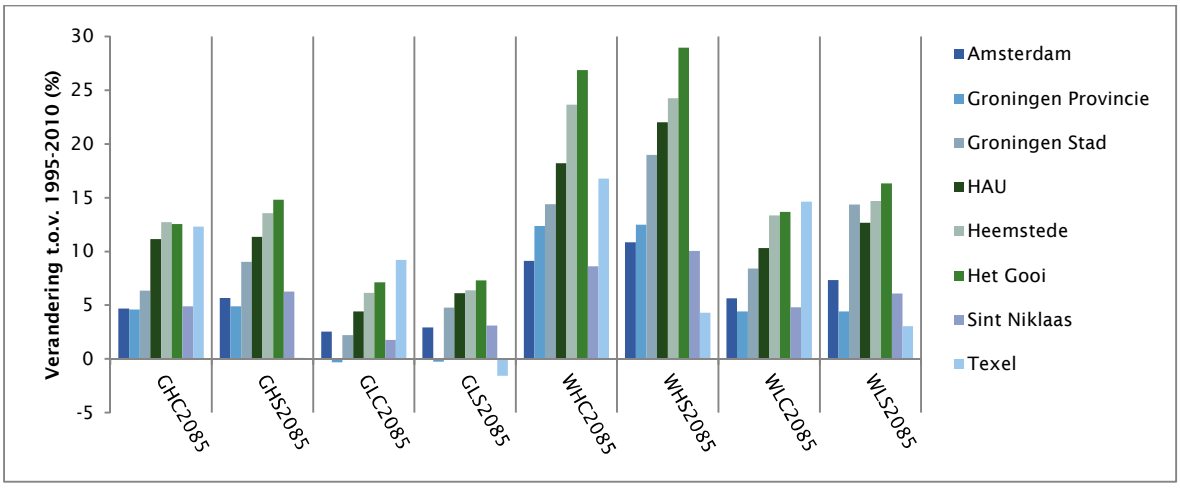
Voorzieningsgebied	Dagpiekfactor huidig	Dagpiekfactor 2050 (min-max)	Dagpiekfactor 2085 (min-max)
Amsterdam	1.19	1.21 – 1.28	1.22 – 1.32
Groningen Provincie	1.30	1.30 – 1.38	1.30 – 1.46
Groningen Stad	1.21	1.24 – 1.36	1.24 – 1.44
HAU	1.34	1.40 – 1.54	1.40 – 1.63
Heemstede	1.50	1.58 – 1.75	1.59 – 1.86
Het Gooi	1.90	1.99 – 2.31	2.04 – 2.41
Texel	1.99	1.93 – 2.24	2.00 – 2.33
Sint Niklaas	1.15	1.17 – 1.24	1.17 – 1.27

Voor 2050 kan scenariogemiddeld een toename van de dagpiekfactor verwacht worden van 6.5%. Daarbij varieert de verandering van -2.9% (GLS2050 – Texel) tot maar liefst +21.3% (Het Gooi – WHS2050). Het valt gelijk op dat in op Texel in drie van de vier scenario's met een meer gespreid vakantiepatroon (de "S" scenario's) de dagpiekfactor afneemt. De meeste andere gebieden laten een hogere dagpiekfactor bij de gespreide scenario's. Dit komt omdat de piek statistisch gezien vaak valt ergens tussen week 27 en 34 (paragraaf 4.3). Dat is ook precies de periode dat doorgaans de vakantieafwezigheidspiek optreedt (Figuur 6). Kortom, indien juist in die periode iets minder mensen op vakantie zijn, ontstaat een hogere dagpiekfactor.



FIGUUR 14: VERWACHTTE VERANDERING VAN DE DAGPIEKFACTOR IN 2050 PER GEBIED, GERANGSCHIKT NAAR SCENARIO.

In 2085 is de scenariogemiddelde toename van de dagpiekfactor 9.6%. De uitersten zijn -1.6% (GLS2085 - Texel) en +29.0% (WHS2085 – Het Gooi). Net als in de 2050-scenario's valt ook nu op dat Texel bij meer vakantiespreiding in een aantal gevallen een dalende dagpiekfactor kan verwachten. Gebieden HAU, Heemstede en Het Gooi laten over de hele linie de sterkste respons zien. Bij Amsterdam, Sint Niklaas, Groningen Stad en Groningen Provincie is de invloed gemiddeld lager. De verklaring hiervoor is, net als bij analyse naar structurele vraagverandering, het toenemende neerslagoverschot in het noordoosten van Nederland, het relatief kleine tuinareaal in Amsterdam en mogelijke modelmatige onderschatting voor Sint Niklaas.

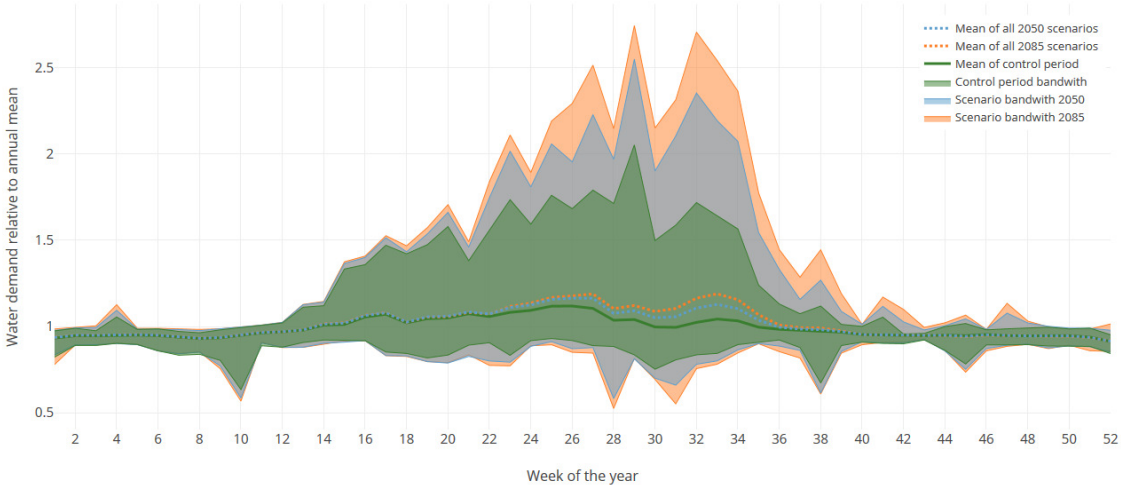


FIGUUR 15: VERWACHTTE VERANDERING IN DAGPIEKFACTOR IN 2085 PER GEBIED, GERANGSCHIKT NAAR SCENARIO.

De in dit onderzoek gevonden dagpiekfactoren zijn over de hele linie hoger dan voorspeld door Zwolsman et al. (2007). In dat eerdere onderzoek werd voor voorzieningsgebied Budel (Brabant Water) een maximale piekfactortoename van 3.7% voorspeld en maximaal 0.61% voor Tilburg (Brabant Water). Echter merkten de onderzoekers destijds al op dat het gebruikte model de vraagpieken over het algemeen onderschatte. Een ander verschil is dat in dit huidige onderzoek gewerkt wordt met KNMI 2014 scenario's, waar in het eerdere onderzoek nog gewerkt werd met de KNMI-2003 scenario's. Tot slot is nu ook vakantiespreiding als expliciete variabele meegenomen.

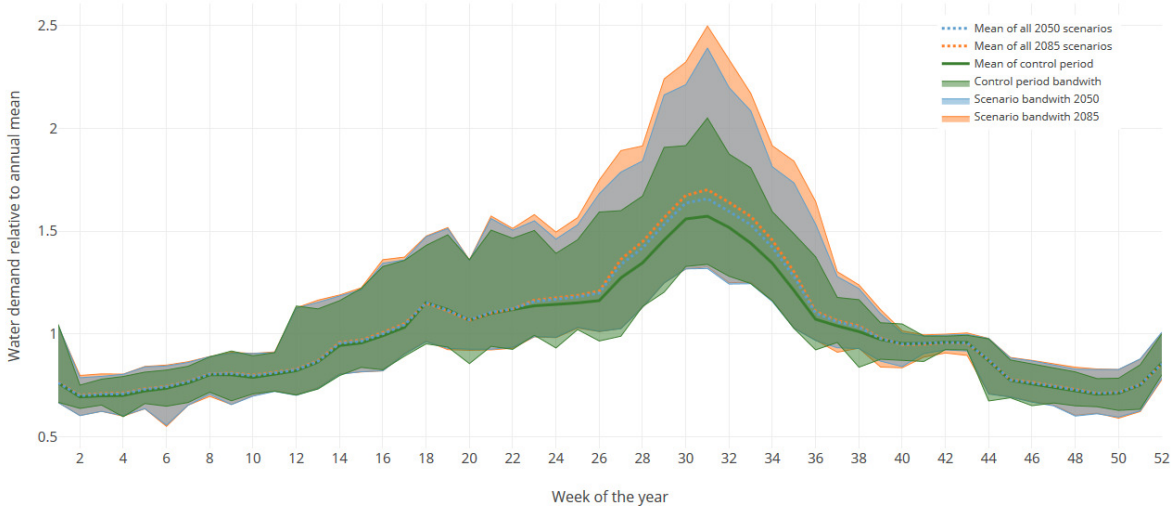
4.3 Regimeverandering

Naast de gemiddelde watervraag en dagpiekfactor is het ook interessant om een beeld te krijgen van de veranderingen in gemiddelde en maximale wekelijkse vraagdynamiek. Met andere woorden, hoe ziet het wekelijkse vraagpatroon er momenteel uit, en straks in 2050 en 2085? Zal de piekvraag nog steeds in ongeveer dezelfde weken van het jaar bereikt worden, of is het straks denkbaar dat we juist of ook in het najaar de extreme watervragen krijgen?



FIGUUR 16: BANDBREEDTE VAN DE RELATIEVE WATERVRAAG VOOR VOORZIENINGSGEBIED HET GOOI. DEZE VISUALISATIE LAAT HET GECOMBINEERDE EFFECT ZIEN VAN GEMIDDELDE VRAAGVERANDERING EN PIEKFACTOR-VERANDERING. DE HOOGSTE PIEKEN IN DEZE FIGUUR ZIJN DAAROM HOGER DAN DE DAGPIEKFACTOR OP ZICHZELF.

Het vraagpatroon is inzichtelijk gemaakt door per voorzieningsgebied alle gesimuleerde jaren over elkaar heen te leggen en voor elke week de meest extreme watervraag te selecteren. Zodoende ontstaat een beeld van de bandbreedte waarin de watervraag zich bevindt in verschillende tijdsperioden. Om het onderlinge verschil tussen voorzieningsgebieden te illustreren is de vraagdynamiek voor Het Gooi weergegeven in Figuur 16 en de dynamiek voor Texel in Figuur 17. Wat op valt is dat Het Gooi naast een sterke toename van de piekwatervraag tevens een duidelijke 'verbreding' van het piekseizoen laat zien, terwijl op Texel vooral het piekmoment omhoog verschuift. Een soortgelijk patroon als voor Het Gooi is ook zichtbaar voor de andere voorzieningsgebieden.



FIGUUR 17: WATERVRAAGPATRONEN VOOR TEXEL

5 Resultaten – ervaringen adaptieve maatregelen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vierde vraag die in dit onderzoek centraal staat, namelijk: welke adaptatiemaatregelen worden door waterbedrijven ingezet in tijden van piekwatervraag en hoe geschikt zijn die bij structurele toename van vraagpieken?

Tien waterbedrijven zijn geïnterviewd om inzicht te krijgen in de effecten van hoge watervraag op de bedrijfsvoering. Er is gevraagd naar de negatieve effecten van de hoge watervraag, naar de oorzaken van de hoge watervraag, adaptieve maatregelen die in de afgelopen jaren zijn genomen en naar extra benodigde maatregelen. In Bijlage III zijn de vragen en per waterbedrijf de antwoorden opgenomen.

5.1 Negatieve effecten van hoge watervraag

Er zijn gebieden waar lage druk in het leidingnet voor komt als gevolg van piekverbruik. Maar de klachten over lage druk komen in die situaties opvallend genoeg uit gebieden waar de druk normaliter relatief hoog is. In gebieden met normaal een relatief lage druk in het leidingnet lijkt men reeds gewend aan het wegvallen van druk op bepaalde momenten. Ook blijkt dat er na een oproep in de media minder snel klachten zijn omdat mensen weten dat er wat aan de hand is. Eventuele problemen met de capaciteit van reinwaterkelders zijn niet genoemd door geïnterviewde waterbedrijven.

Overschrijding van vergunningen is momenteel vrijwel nergens een probleem. Op veel plaatsen is er geen maximale onttrekking per dag opgenomen in de vergunning en maandhoeveelheden worden doorgaans niet overschreden. De bedrijven geven aan dat de levering gedurende de dag in het geheel omhoog gaat op piekdagen, en dat vooral de avondpiek het sterkst stijgt.

Bij grondwaterwinningen komt het voor dat putten tijdens een piekperiode extra worden aangezet terwijl ze in de normale situatie om kwaliteitsredenen of vanwege putverstopping uit staan of minder draaien. Bij winningen met infiltratie in de duinen is vaak een grondwaterwinning als reserve beschikbaar. Inzet hiervan wordt niet gezien als een probleem omdat deze winning juist daarvoor bedoeld is.

5.2 Oorzaken van hoge watervraag

De precieze oorzaak van hoog waterverbruik tijdens warm weer is niet onderzocht. Alle bedrijven geven aan dat ze vermoeden dat het piekverbruik wordt veroorzaakt door huishoudelijk verbruik en dan vooral het sproeien van tuinen in de avond. Dit vermoeden komt overeen met gangbare literatuur, o.a. M. Bakker et al. (2013). Het probleem speelt vooral in het voorjaar en de zomer. In het najaar, aan het eind van het groeiseizoen, wordt veel minder gesproeid.

Het is onduidelijk wat landbouw en industrie bijdragen. In de landbouw wordt veel gebruik gemaakt van eigen onttrekkingen, hoewel voor veedrenking soms ook leidingwater wordt gebruikt. Weersafhankelijke industrie zoals frisdrank- en bierproducenten hebben vaak een eigen watervoorziening en hebben daardoor meestal geen invloed. Koeling van datacentra zou mogelijk wel extra water kunnen vragen. In een aantal gebieden speelt toerisme een belangrijke rol.

5.3 Maatregelen

Verschillende bedrijven geven aan dat een periode met hoge vraag als gevolg van warm weer niet uit de lucht komt vallen en dat er dus op kan worden geanticipeerd. Hierbij worden de volgenden punten genoemd:

- Directe communicatie tussen verschillende afdelingen is noodzakelijk op piekmomenten.
- Op verwachte piekdagen wordt voor zover mogelijk geen onderhoud gepleegd.
- Men zorgt dat reserveonderdelen klaarliggen zodat falende apparatuur snel vervangen kan worden.
- Procesoperators zijn extra alert en er wordt extra monitoring gedaan.
- De druk op het leidingnet wordt overdag kunstmatig verlaagd, zodat er aan het eind van de dag genoeg drinkwater over is voor de geanticipeerde avondpiek.
- Er wordt overgeschakeld naar keldersturing of handmatig ingegrepen op het geautomatiseerde systeem.

Alleen Vitens en de Watergroep geven aan dat in het verleden oproepen zijn gedaan in de media aan het publiek om zuinig met water te zijn. Een aantal andere waterbedrijven geeft aan dat ze zelf geen oproepen doen, maar dat een oproep van Vitens ook in hun voorzieningsgebied effect kan hebben. Verschillende bedrijven geven aan dat ze niet willen oproepen tot zuinig omgaan met water omdat ze het gewenste water gewoon willen kunnen leveren.

Alle geïnterviewde bedrijven geven aan dat er in de huidige situatie geen extra maatregelen nodig zijn. De maatregelen die nu worden genomen zijn voldoende. Voor bedrijven die in de toekomst geconfronteerd worden met een fors hogere dagpiekfactor kunnen de huidige maatregelen in ieder geval eventuele problemen verlichten. Aanvullende maatregelen zullen vooral afhankelijk zijn van de knelpunten die bij specifieke voorzieningsgebieden optreden. Op dit moment is nog niet duidelijk of de voorziene dagpiekfactoren tot knelpunten zullen leiden. Eventuele knelpunten zitten in fysieke leveringscapaciteit (van bron tot tap), regelgeving (winvergunningen) en waterkwaliteit (putverstopping). Concreet kan daarbij ook gedacht worden aan opslagcapaciteit van reinwaterkelders.

6 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van dit onderzoek was om te bepalen wat de invloed is van klimaatverandering en veranderingen in vakantiespreiding op de jaarlijkse piekwatervraag in Nederland en België en om te inventariseren welke adaptatiemaatregelen geschikt zouden kunnen zijn om de mogelijke gevolgen mee op te vangen. De vijf deelvragen van dit onderzoek zijn daarbij hoofdstukgewijs aan bod gekomen. In paragraaf 6.1 wordt per deelvraag kort samengevat wat de conclusies zijn, waarna in 6.2 aanbevelingen worden gegeven.

6.1 Conclusies

In Hoofdstuk 2 is onderzocht welke gegevensbronnen over klimaat en vakantiespreiding gebruikt kunnen worden als mogelijke voorspellers voor de jaarlijkse piekwatervraag. Voor wat betreft het klimaat zijn voor elk voorzieningsgebied de meest nabije KNMI-stations geselecteerd. Van elk station zijn de dagwaarden voor neerslag, verdamping, gemiddelde temperatuur, maximale temperatuur en globale straling verzameld. Vakantiespreiding is gekwantificeerd door gebruik te maken van het CBS vakantieonderzoek, beschikbaar voor de periode van 2002 tot en met 2015.

De relatieve drinkwatervraag is bepaald met een watervraag-voorspellingsmodel in combinatie met peak-over-threshold extremewaarden analyse. In Hoofdstuk 3 is toegelicht hoe met deze modeltrein de dagpiekfactor voor een voorzieningsgebied berekend kan worden op basis van gegevens over het klimaat en vakantiespreiding. Voor het watervraag-voorspellingsmodel is een zogenaamd Support Vector Regression algoritme voor alle voorzieningsgebieden getraind en gevalideerd op watervraagreeksen van 2002 tot en met 2015. Het model correleert de meteorologische dagwaarden en wekelijkse vakantie-afwezigheid met de relatieve watervraag. Uit de watervraagreeksen die het model genereert worden alle dagen geselecteerd (a) waarvan de vraag boven het 99% percentiel ligt en (b) waarbij in de 5 voorgaande dagen geen sprake was van een vraagpiek. De zo ontstane extreme-waarden subset wordt gefit op een Generalized Pareto kansverdeling, en daaruit wordt de relatieve watervraag berekend die past bij en herhalingstijd van 10 jaar.

In Hoofdstuk 4 is ingegaan op de waarschijnlijke bandbreedte waarin de piekwatervraag zich voor de onderzochte voorzieningsgebieden in de toekomst zal bevinden. Geconcludeerd kan worden dat de gemiddelde watervraag als gevolg van klimaatverandering en veranderingen in vakantiespreiding (dit is dus nog los van mogelijke trends in demografie, economische ontwikkeling, verstedelijking, waterconsumptiegedrag, e.d.) rond 2050 toeneemt binnen een bandbreedte van -0.2% tot +3.1%. Voor 2085 is deze bandbreedte van -0.2% tot +5.1%,. Naast deze verandering in gemiddelde watervraag verandert ook de dagpiekfactor. Voor 2050 kan daarbij uitgegaan worden van een bandbreedte van -2.9% tot +21.3%. In 2085 zijn de uitersten -1.6% en +29.0%.

Tot slot is in Hoofdstuk 5 ingegaan op de vraag welke adaptatiemaatregelen door waterbedrijven ingezet worden in tijden van piekwatervraag en hoe geschikt die zijn die bij structurele toename van vraagpieken. Hoewel het in dit stadium onmogelijk is om te bepalen of en welke adaptatiemaatregelen nodig zijn, zijn de volgende maatregelen reeds in gebruik en breder toepasbaar in de toekomst:

- Directe communicatie tussen verschillende afdelingen is noodzakelijk op piekmomenten.
- Op piekdagen wordt voor zover mogelijk geen onderhoud gepleegd.
- Men zorgt dat reserveonderdelen klaarliggen zodat falende apparatuur snel vervangen kan worden.
- Procesoperators zijn extra alert en er wordt extra monitoring gedaan.
- De druk op het leidingnet wordt overdag kunstmatig verlaagd, zodat er aan het eind van de dag genoeg reinwater over is voor de geanticipeerde avondpiek.
- Er wordt overgeschakeld naar keldersturing of handmatig ingegrepen op het geautomatiseerde systeem.
- Middels oproepen in de media wordt getracht de vraag naar water te beperken.

De algehele conclusie is dat de invloed van klimaatverandering en veranderingen in vakantiegedrag sterk afhankelijk zijn van het type voorzieningsgebied. Mede daarom zal ook de noodzaak tot adaptatiemaatregelen per gebied apart bepaald moeten worden. De methodiek uit dit onderzoek geeft waterbedrijven in ieder geval een praktische manier om de invloed van beide processen op de watervraag te bepalen. Daarnaast geven de resultaten in bredere zin een theoretisch onderbouwde bandbreedte voor de dagpiekfactor-toename in 2050 en 2085.

6.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen vallen uiteen in: (a) aanbevelingen ten aanzien van de gebruikte databronnen en methodiek en (b) gebruik van de uitkomsten. Om met het eerste te beginnen: het modelleren van de relatieve watervraag en voorspellen van de dagpiekfactor hebben tot een aantal nieuwe inzichten geleid die van waarde kunnen zijn bij soortgelijk onderzoek. De aanbevelingen zijn:

- Wees behoedzaam bij het selecteren van een geschikt regressiemodel. Het model moet specifiek in staat zijn om de pieken in watervraag juist te voorspellen en voorspellingen intuïtief te extrapoleren naar situaties die niet in de trainingsdata zitten (zo worden in de toekomst temperaturen voorspelt die niet eerder in Nederland gemeten zijn, en die het model dus niet eerder ‘gezien’ heeft). Het model moet kunnen omgaan met colineariteit en interactie tussen de voorspellende variabelen. Bij dit laatste kan gedacht worden aan effecten als: indien het weekend is, én indien ook het doorlopend potentieel neerslagtekort hoog is, dan is de watervraag hoger dan de individuele invloeden van beide parameters doen vermoeden (juist dan gaan veel mensen de tuin besproeien). Veel regressiemodellen (bijvoorbeeld Gradient Boosting Regression, SVR met Radial Basis Function kernel) zijn beperkt ten aanzien van een of meerdere van deze eisen, waardoor bij gebruik daarvan de invloed van klimaatverandering wordt onderschat of geen accurate regressie mogelijk is. Na enkele omwegen is voor dit onderzoek gekozen voor een Support Vector Regression model met 3^{e} graads polynoomkernel.

- Corrigeer volumestroomreeksen intensief voor zaken als lekkages, bijvullen van watertorens en doorlevering naar andere voorzieningsgebieden. Datakwaliteit is bepalend voor de nauwkeurigheid van de modellen die bij dit onderzoek gemaakt zijn en daarmee ook voor de uiteindelijk geschatte bandbreedtes voor de dagpiekfactor. Vooral in de volumestroom-reeksen kan nog veel gewonnen worden ten aanzien van de kwaliteit: in de data zijn over het algemeen veel lastig te verklaren pieken aanwezig die kunnen bijdragen aan onder- of overschatting van de werkelijke watervraag. Mogelijk is met slimme meters de watervraag beter uit te rekenen dan met geaggregeerde volumestroommetingen.
- Gebruik vakantie-afwezigheidsstatistieken op weekbasis. Daadwerkelijk gemeten vakantieafwezigheid op weekbasis blijkt een waardevolle dataset te zijn voor dit type onderzoek. Het geeft een veel genuanceerder beeld dan het modelleren van vakanties als een 'bloksignaal', zoals voorheen vaak gebeurde. De variabele blijkt in vrijwel alle gebieden de belangrijkste voorspeller voor de watervraag te zijn. Een dergelijke dataset voor België zou mogelijk ook het modelresultaat voor Sint Niklaas kunnen verbeteren.

Om uiteindelijk te komen tot een (wetenschappelijk) onderbouwde adaptatiestrategie zou vervolgonderzoek gericht kunnen worden op de volgende vragen:

- Waar zitten bij de verschillende waterbedrijven de knelpunten bij de gevonden dagpiekfactor bandbreedtes voor 2050 en 2085?
- Wat zijn de kosten en baten van mogelijke adaptatiemaatregelen om de knelpunten bij watervraagpieken op te lossen? Naast meer traditionele maatregelen kan hierbij ook gedacht worden aan decentrale watervoorziening of koppeling van voorzieningsgebieden. Er is bij KWR reeds een speerpuntonderzoek voor WML, Dunea en De Watergroep in uitvoering dat in meer detail de mogelijke impact van decentralisatie op de watervraag beschouwd.
- Wat is de invloed van klimaatverandering op de uurpiek (tijdens de maxdag)? Deze zogenaamde uurpiekfactor is relevant voor transportleidingen en processen in het distributienet. De methodiek uit dit onderzoek zou hier deels voor gebruikt kunnen worden.
- Hoe valt de nauwkeurigheid van het watervraag-voorspellingsmodel verder te verbeteren en hoe zijn de resultaten verder inzichtelijk te maken? Te denken valt aan het meenemen van aanvullende parameters zoals het gemiddelde tuinoppervlak per voorzieningsgebied om meer algemene uitspraken daarover te kunnen doen in relatie tot de watervraag (zit nu impliciet in de training van modelparameters). Mogelijk kunnen ook historische weersvoorspellingen toegevoegd worden als voorspellende variabele (om eventueel anticiperend gedrag van consumenten mee te nemen). Ook het verder verbeteren van de datakwaliteit van de watervraag-reeksen, bijvoorbeeld middels (semi-)automatische datakwaliteitscontrole, verdient aandacht. Tot slot is voor een totaalplaatje van de gemiddelde watervraag ook demografie en waterconsumptiegedrag van belang. Een overweging kan zijn om deze invloeden gezamenlijk mee te nemen in een langetermijn-model. Overigens is reeds een project bij Evides gestart om vanuit een fysische analyse met het programma SIMDEUM het waterverbruik te voorspellen. Daarbij wordt op kleinere schaal gekeken naar variabelen als demografie, gezinssamenstelling, type woningen en meteorologische variabelen (project 'seizoensinvloeden op waterverbruik IIb').

Referenties

Agudelo-Vera, C., & Blokker, E. J. M. (2014). *How future proof is our drinking water infrastructure* (BTO 2014.011). Nieuwegein

Baggelaar, P. K., & Geudens, P. J. J. G. (2008). *Prognoses landelijke drinkwatervraag tot 2025* (2008/85/6222). Rijswijk

Baggelaar, P. K., Hummelen, A. M., & Büscher, C. (2010). *Vier scenario's voor de drinkwatervraag in 2040* (2010.012). Nieuwegein

Bakker, A. (2015). *Time series transformation tool: description of the program to generate time series consistent with the KNMI'14 climate scenarios* (Technical Report TR-349). De Bilt

Bakker, M., Vreeburg, J., Van Schagen, K., & Rietveld, L. (2013). A fully adaptive forecasting model for short-term drinking water demand. *Environmental modelling & software, 48*, 141-151.

Blokker, E. J. M., & Vloerbergh, I. N. (2011). *Kwantitatieve toekomstscenario's waterverbruik* (BTO 2011.060). Nieuwegein

Cirkel, D. G., Baggelaar, P. K., & Doomen, A. (2005). *Klimaatverandering en grondwaterwinning - Effecten van klimaatverandering op drinkwaterverbruik en grondwaterdynamiek* (05.030). Nieuwegein

Cirkel, D. G., Van Griensven, E., & Broers, E. (2006). Klimaatverandering en grondwaterwinning. *H2O*(22), 39-42.

Climate Central. (2015). Europe heat wave 2015 statement (revised July 10, 2015) [Press release]

De Moel, P. J., Verberk, J. Q., & Van Dijk, J. C. (2006). *Drinking Water - Principles and Practices*. Singapore: World Scientific Publishing Co.

Gilleland, E., & Katz, R. W. (2016). Extremes 2.0: an extreme value analysis package in r.

Hofs, B., Baggelaar, P. K., Harmsen, D., & Siegers, W. (2014). *Robuustheid zuiveringen DPW 2012-2103; zomer en winter* (2014.022). Nieuwegein

KNMI. (2014). *KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland*. De Bilt

KNMI. (2017a). Historisch verloop neerslagtekort. Opgevraagd van https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/historisch-neerslagtekort

KNMI. (2017b). Hittegolven. Opgevraagd van https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/lijsten/hittegolven

Kyselý, J., Picek, J., & Beranová, R. (2010). Estimating extremes in climate change simulations using the peaks-over-threshold method with a non-stationary threshold. *Global and Planetary Change, 72*(1), 55-68.

Lang, M., Ouarda, T., & Bobée, B. (1999). Towards operational guidelines for over-threshold modeling. *Journal of hydrology, 225*(3), 103-117.

Méndez, F. J., Menéndez, M., Luceño, A., & Losada, I. J. (2006). Estimation of the long‐term variability of extreme significant wave height using a time‐dependent peak over threshold (pot) model. *Journal of Geophysical Research: Oceans, 111*(C7).

Pedregosa, F., Ga, #235, Varoquaux, l., Gramfort, A., Michel, V., . . . Duchesnay, d. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *J. Mach. Learn. Res., 12*, 2825-2830.

Rijksoverheid. (2017). Welke regio's zijn er voor de spreiding van de schoolvakanties? Opgevraagd van https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/schoolvakanties/vraag-en-antwoord/welke-regio-s-zijn-er-voor-de-spreiding-van-de-schoolvakanties

Vapnik, V. (2013). *The nature of statistical learning theory*: Springer science & business media.

Vonk, E., & Vries, D. (2016). *Datamining voor assetmanagement - inventarisatie en voorbeelden uit de watersector* (BTO 2016.007). Nieuwegein

Zwolsman, G., Cirkel, D. G., Doomen, A., Jalink, M., Van der Berg, G., Maas, C., . . . Mesman, G. (2007). *Risicoanalyse van de gevolgen van klimaatverandering voor de drinkwatersector* (BTO 2007.032).

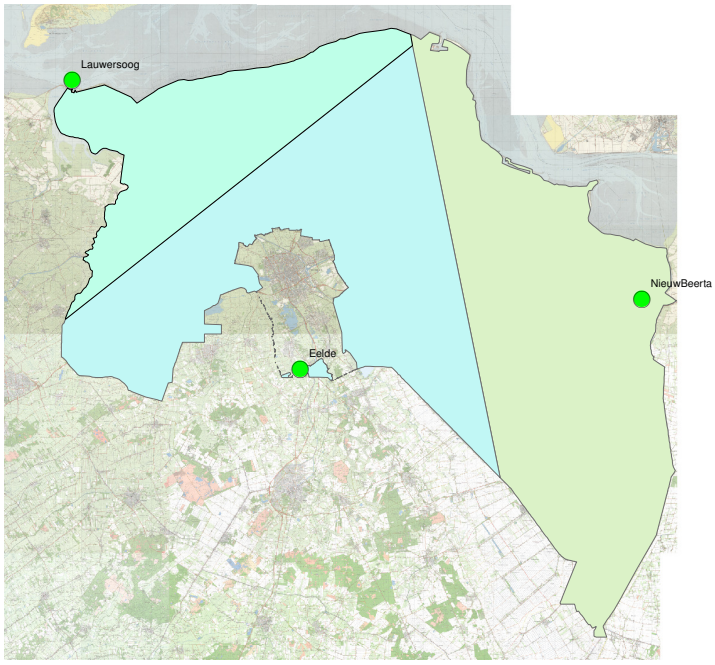
Bijlage I Gebruikte meteostations

In Nederland is een beperkt aantal meteostations waar een groot aantal parameters wordt verzameld. Daarnaast is er een groot aantal neerslagstations waar alleen neerslag wordt gemeten. In dit onderzoek maken we alleen gebruik van de meteostations, zodat de verschillende parameters van dezelfde bron komen.

Een aantal gebieden liggen tussen twee of meer meteostations in, in die gevallen is nader gekeken welke station gebruikt moeten worden door gebruik te maken van Thiessen-polygonen. Met Thiessen-polygonen wordt een vlak opgedeeld op basis van de nabijheid van opgegeven punten. Op Texel ligt bijvoorbeeld 37% het dichts bij meetpunt Vlieland en 63% ligt het dichts bij De Kooi. Op basis hiervan berekenen we gemiddelde waarden voor de meteorologische parameters. In enkele gevallen ligt een klein deel (<10%) dichter bij een ander station, in die gevallen zijn alleen de metingen van het belangrijkste meteostation meegenomen.

Waterbedrijf Groningen

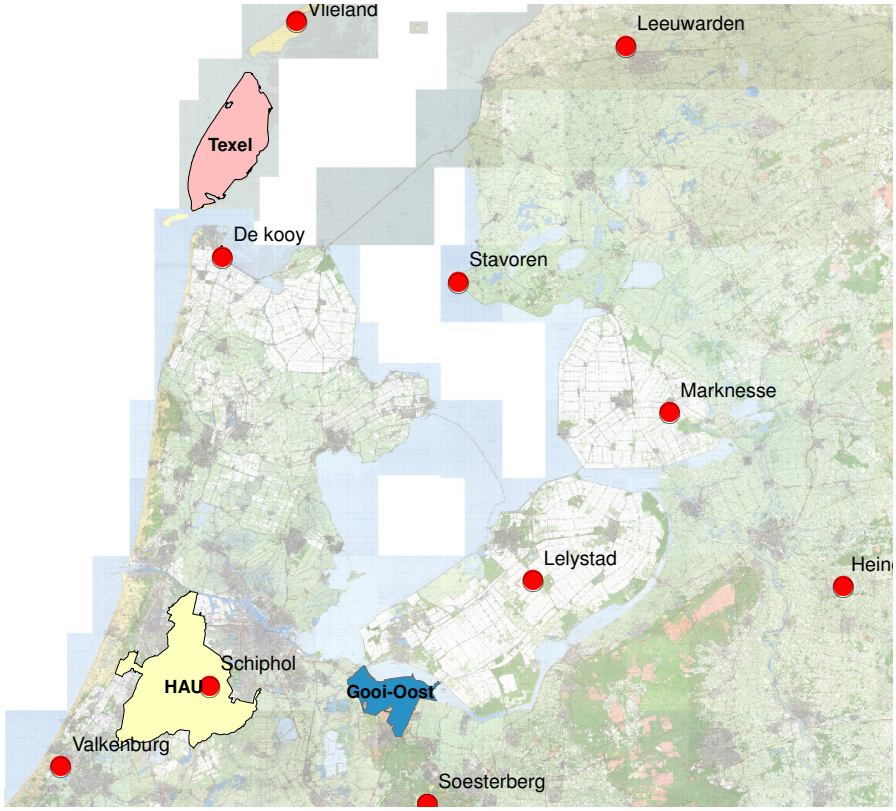
In de Provincie Groningen liggen 3 meteostations: Eelde, Nieuw Beerta en Lauwersoog. Op basis van zogenaamde Thiessen-polygonen is de provincie op gedeeld in drie delen. De gemeten parameters worden gewogen op basis van de oppervlakte. Voor de stad Groningen gebruiken we de meteogegevens van KNMI station Eelde.



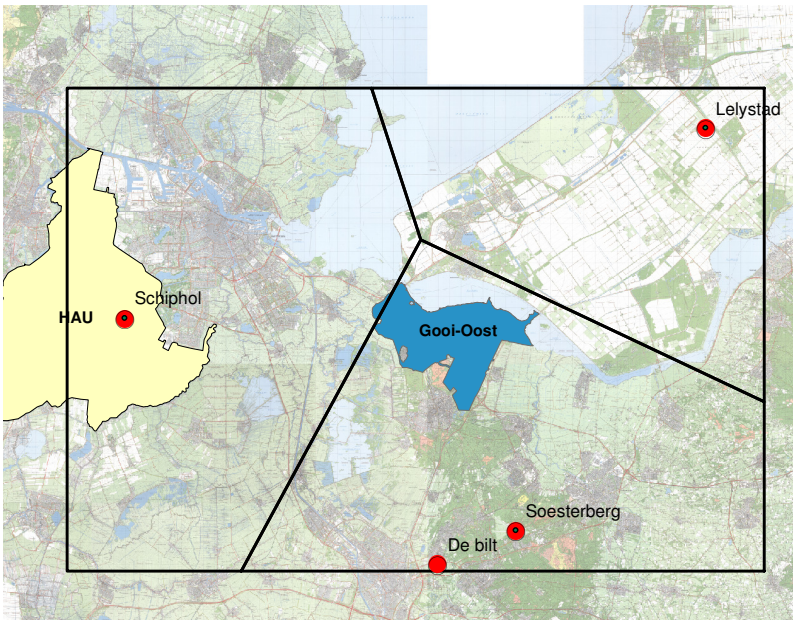
Deel van provincie	Oppervlakte (km²)	Deel (%)
Lauwersoog	449	19.6
Eelde	859	37.6
Nieuw Beerta	979	42.8
Totaal	2287	100

PWN

Door PWN zijn drie gebieden aangeleverd. In het zuiden HAU en Gooi-Oost en in het noorden Texel.



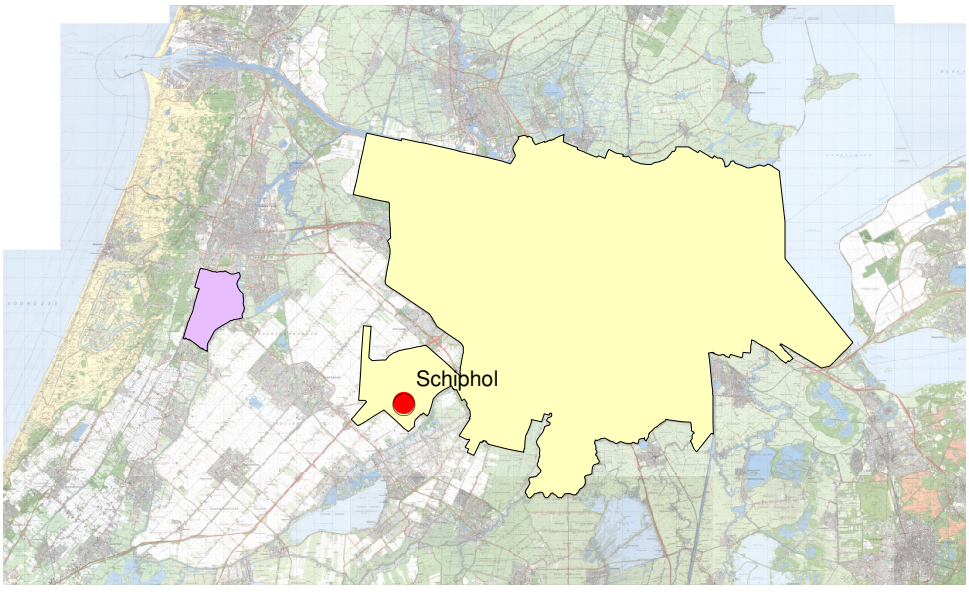
Voor HAU gebruiken we de gegevens van Schiphol omdat 97% van het gebied het dichtst in de buurt van meteostation Schiphol ligt. Gooi-Oost lijkt midden tussen Soesterberg, Schiphol en Lelystad te liggen, maar als we een Thiessenpolygoon maken, dan blijkt dat 98% van het gebied het dichts bij Soesterberg ligt, we gebruiken daarom de meteogegevens van Soesterberg. Meteorologische parameter “globale straling” is voor Soesterberg beschikbaar tot 16-11-2008, daarna gebruiken we de globale straling van Schiphol.



Texel ligt tussen de meteostations De Kooy en Vlieland in. Op Vlieland ontbreken zijn alleen temperatuur, luchtvochtigheid en de bewolking gemeten. In de temperatuurreeks zitten veel gaten en de bewolking is pas vanaf 4-4-2007 gemeten. We besluiten daarom niet te middelden tussen de twee meteostations, maar voor alle parameters station De Kooy aan te houden.

Waternet

Voor zowel Amsterdam als Heemstede ligt het meteostation Schiphol het dichtst bij.



De Watergroep

Voorzieningsgebied Sint Niklaas van De Watergroep ligt in de buurt van KNMI meteostation Westdorpe. We gebruiken dit station voor alle meteorologische gegevens.

Bijlage II Voorbewerking datasets

Per voorzieningsgebied zijn onbetrouwbare gegevens verwijderd uit de aangeleverde dagafzetreeksen. In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de data die verwijderd zijn.

Groningen-stad

- 1-9-2002 –1-5-2003
- 1-1-2004 – 31-12-2004
- 8-6-2006
- 10-3-2008
- 1-1-2012 – 31-12-2012
- 26-6-2006 – 28-6-2006
- 7-9-2009 – 8-9-2009
- 19-1-2011
- 19-3-2011

Groningen-provincie

- 1-1-2002 –31-12-2004
- 1-1-2011 – 31-12-2012
- 9-1-2013
- 1-7-2013 – 2-7-2013
- 7-2-2014 – 8-2-2014
- 16-2-2015 – 17-2-2015

Sint Niklaas

- 1-3-2002 – 2-3-2002
- 26-2-2002 – 27-2-2002
- 29-2-2004 - 1-3-2004
- 14-5-2004 - 15-5-2004
- 18-10-2004 – 19-10-2004
- 15-4-2005 – 16-4-2005
- 24-5-2005 – 25-5-2005
- 8-3-2006 – 17-3-2006
- 28-5-2006 – 29-5-2006
- 31-12-2013 – 1-1-2014
- 31-12-2014 – 1-1-2015
- 1-1-2008 – 31-12-2008
- 28-4-2009 – 29-4-2009
- 7-12-2009 – 8-12-2009
- 31-12-2011
- 1-4-2013

HAU

- 22-7-2002

Heemstede

- 30-12-2011
- 26-2-2014

- 9-5-2015 – 10-5-2015
- 10-8-2013 - 1-10-2013

Bijlage III Transcripties interviews

Brabant Water

Interview met dhr. S. Philips (Hoofd Strategie & Beleid).

1. Waargenomen effecten tijdens vraagpieken

a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Dit komt vooral voor als het verbruik snel toeneemt. Daardoor ervaart de klant bruin water, vooral als binnen enkele dagen het verbruik met 20% stijgt. Dit wordt over het hele voorzieningsgebied waargenomen.

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Ja, lage druk wordt vooral tijdens piekuren gemeten. De gemeten lage druk en het drukverschil dat klant ervaart komen niet altijd overeen. Gebied die van oudsher al krap zitten hebben doorgaans minder klachten vandaan: mensen die hele hoge druk gewend is gaan eerder klagen

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?

Incidenteel wordt een dagvergunning overschreden, maar in de meeste gevallen is er geen maxdag vastgelegd. De maandvergunning wordt niet overschreden.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping?

Ja dat komt voor. Er worden soms putten aangezet om kelders vol te krijgen. De procestechnologen weten welke putten minder zwaar belast mogen worden en die worden als eerste weer teruggeschakeld.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?

Alleen in piekuren. Het normale patroon is een hoge ochtendpiek, dan een redelijk snelle afname en een dip en aan het eind van de dag een afgevlakte toename in de avond. Bij hittegolven neemt de ochtendpiek iets toe, de dip is minder en avondpiek is hoger en duurt langer (3-4 uur i.p.v. circa 2 uur).

2. Oorzaken

Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?

Dit is niet onderzocht, maar het idee is dat de uurpiek vooral door huishoudelijk verbruik wordt veroorzaakt, 's avonds vooral door sproeien van de tuin. Mogelijk zorgen industrie en landbouw voor een deel van de toename in de dagpiek, wellicht door wat meer koelwater. Bij Brabant Water is de dagpiekfactor in stedelijk gebied 1,3 en in landelijk gebied 1,6-1,7. Dit komt door minder tuinen en dus minder sproeien in stedelijk gebied.

3. Adaptieve maatregelen

a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?

Alert blijven tijdens warme periode. Vroeger werd gedacht dat het systeem het wel aan moet kunnen, maar dit gaat nu meer proactief. Op het gebied van procesautomatisering doen we aan betere voorbereiding. Prognosebesturing gaat de meeste dagen vanzelf goed, maar tijdens piekdagen moet het beter in de gaten gehouden worden. Tijdig overschakelen naar keldersturing (kelder al vol sturen). Boven een bepaald gebruik komen een aantal afdelingen samen om te checken of voorzorgsmaatregelen nodig zijn.

Brabant Water doet geen oproepen in de media. Er zijn geen extreme pieken zoals in toeristische gebieden in Zeeland en Friesland, dus dat is ook minder nodig. De oproep van Vitens heeft wel effect, ook bij Brabant Water.

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?

Brabant Water weet niet waardoor het verbruik (het sterkst) stijgt, dus ook niet welke maatregelen het meest effect kan hebben. Bewust omgaan met water zou waarschijnlijk de meest zinvolle maatregel zijn. Je kan wel beïnvloeden en ook gebruik spreiden.

Je kan bruinwater nooit helemaal vermijden, ook niet bij een zelfreinigend net. Grondwater is een natuurlijk product en dus krijg je uitvlokking. Bij sterke toename gaat het toch wervelen. Met de standaard zuivering van grondwater hou je altijd uitvlokken. Goed spuibeleid kan het aantal bruinwater klachten binnen de perken houden. We zien geen verbeterpotentieel om het piekverbruik en lagere drukken en bruinwater echt te tackelen.

4. Overige opmerkingen

Als de zomervakantie begint neemt de kans op extreme piek af. Door vergrijzing verwachten we uitgevlakte vakanties, mensen gaan vaker voor en na de vakantie op vakantie. De pieken duren momenteel doorgaans 1,5 tot 2 weken en dan zakt het weer naar normaal niveau.

Er zit nog wel wat ruimte in voor stijging van de piek, maar waterbedrijven zijn over het algemeen veel efficiënter gaan werken. De productie, winning, zuivering en distributie worden steeds meer afgestemd op het verwachte verbruik, dus scherper aan de wind zeilen. Maar bij Brabant Water is alles een open net, en er is nog wel ruimte. Beïnvloeding van het publiek is als maatregel nog niet eens ingezet.

Waternet

Interview met dhr. J. Louter (Assetmanager).

1. Waargenomen effecten tijdens vraagpieken

a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Eigenlijk geen mangaan (geen grondwater). Bruin water met name in centrum Amsterdam, maar daar zijn de vraagpieken niet zo sterk. In het centrum zijn bijvoorbeeld geen grote tuinen en zwembaden. Bruin water komt vooral door brandkranen of lekkage en bij onderhoud (ingrepen in het net zelf en niet consumptie).

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Geen last van gehad, waarschijnlijk omdat alles aan elkaar zit, waardoor winningen elkaar opvangen.

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?

Nee, niet als gevolg van hittegolf-pieken. Er zijn twee grote winningen en daar zit genoeg voorraad tussen.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping?

Dit zien we wel in bepaalde toekomstscenario's. Bij lange droogte ontstaan door lage rivierafvoeren van de Rijn hoge concentraties van diverse lastig te zuiveren stoffen in het Lekkanaal. In die situatie zou waarschijnlijk de calamiteitenwinning in Nieuwegein ingeschakeld moeten worden. Deze heeft echter een beperkte vergunningscapaciteit.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?

Piekdagen zijn met name gerelateerd aan risico's aan de capaciteitskant. Eventueel kunnen we in die situaties afspraken maken met PWN om kijken of zij nog wat over hebben.

2. Oorzaken

Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?

We zien dat het huishoudelijk verbruik in Heemstede duidelijk anders is dan in Amsterdam. De mechanismen zijn niet precies onderzocht, maar vermoedelijk is dit vanwege de grotere tuinen en zwembaden, en die zijn er niet in Amsterdam. Omdat de pieken in Heemstede ook hoger zijn dan in Amsterdam, ligt de oorzaak vermoedelijk in die tuinen en zwembaden.

3. Adaptieve maatregelen

a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?

Dit is tot nu toe nooit nodig geweest. Een probleem dat we wel voorzien is dat door langdurig hogere omgevingstemperaturen ook de temperatuur van het drinkwater in het leidingnet te hoog kan worden. Mogelijke oplossingen die we hiervoor voorzien zijn leidingen dieper leggen of warmte onttrekken om het water te koelen.

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?

Vooral op het gebied van bewustwording. Mensen zouden chloor kunnen gebruiken voor zwembadjes zodat ze minder vaak het water daarin hoeven te verversen. Eventueel kunnen we mensen aanmoedigen om minder te douchen of op andere momenten. Wij weten niet

precies door welk proces het verbruik (het sterkst) stijgt, dus is het lastig om aan te geven welke maatregelen het meeste effect zullen hebben.

4. Overige opmerkingen
Geen.

Dunea
Interview met mevr. C. Rood (Adviseur Natuurbeheer).

1. **Waargenomen effecten tijdens vraagpieken**
a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?
Niet bekend of dit specifiek voor komt bij vraagpieken.

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?
Er is een lagere druk gemeten (dan normaal) in delen van het voorzieningsgebied, maar alleen tijdens de avondpiek. De uurpiek op een maximum dag is niet extreem veel hoger dan op een normale (weekend)dag. Op de maximumdag treedt de uurpiek 2 keer op: 's ochtends en 's avonds. Er zijn geen drukklachten gemeld.

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?
Nee.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping?
Ja en nee. Toelichting: ja, er worden diepe winningen of diepinfiltratiewinningen ingezet om het hogere drinkwaterverbruik op te kunnen vangen. Deze zetten we echter liever niet in, omdat het duurder is en omdat het wat lastiger is om dit weer middels infiltratie aan te vullen. Maar nee, dit is niet erg omdat de periodes (tot nu toe) met hogere watervraag relatief kort duren.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?
Het probleem zit hem in het piekuur en met name de avondpiek. Het peil in onze buitenbergingen gaat dan wel richting de bodem.

2. Oorzaken
Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?
Het is voornamelijk huishoudelijk (circa 75%). De oorzaak zal dus ook voornamelijk in het huishoudelijk verbruik zitten. We denken aan twee keer douchen en tuin sproeien in de avond).

3. Adaptieve maatregelen
a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?
Er wordt geen onderhoud gepland in deze periodes. Procesoperators letten beter op en grijpen eventueel in (het productieproces bij Dunea is volledig automatisch). Maximumdagen komen niet plotseling uit de lucht vallen, dus er kan op geanticipeerd worden.

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?
Dunea heeft nog geen sproeibeperking gecommuniceerd. Klanten willen op deze dagen graag nog douchen voor het slapen gaan. Sproeien midden op de dag heeft ook niet veel zin (met huidige sproeimethodes).

Evides

Interview met dhr. C. Lafort (Hydroloog).

1. Waargenomen effecten tijdens vraagpieken

a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?
Niet bekend of dit specifiek optreedt bij vraagpieken.

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?
Er komt wel een lagere druk voor tijdens piekuren, maar we voldoen ruimschoots aan de bedrijfsnorm.

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?
Nee.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping?
Zelden.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?
Wij hebben geen problemen van dergelijke omvang.

2. Oorzaken

Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?
Hoofdzakelijk huishoudelijk verbruik. In sommige gebieden speelt toerisme een rol.

3. Adaptieve maatregelen

a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?
Nee.

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?
Via afdeling communicatie doen wij een standaardcampagne over bewustwording van waterverbruik. Onze ontwerprichtlijnen worden geactualiseerd met als doel o.a. beperking van overdimensionering.

PWN

Interview met dhr. H. Van Duist (Beleidsadviseur).

1. Waargenomen effecten tijdens vraagpieken

a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Niet bekend of dit specifiek optreedt bij vraagpieken.

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Er wordt gestuurd op druk, dus er komt geen lage druk voor.

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?

We hebben voldoende ruimte in de winningsmogelijkheden, bijvoorbeeld Andijk en Nieuwegein. De kwaliteit gaat daarom niet achteruit in droge perioden.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping?

Bij hoog verbruik gaan ook duinwinning aan: dit is het piekscheren. Deze winning worden alleen ingezet bij hoog verbruik, slechts een aantal dagen per jaar. Dit is geen probleem, want we kunnen deze enkele weken aanzetten. Vergunningen gaan over jaarhoeveelheden, dus hoge pieken zijn ook met het oog daarop geen probleem.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?

Als hoeveelheid echt heel hoog is (meer dan 430.000 m^3/dag), dan krijg je probleem. Records werden gebroken in 2006 met 412.000 m^3/dag en 2015 met 400.000 m^3/dag. Je weet niet precies waar de praktische max zit omdat je niet precies weet hoe het systeem reageert als alles gelijk aanstaat. PWN heeft veel voorraad/buffer. De uurpiek is geen probleem.

2. Oorzaken

Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?

De uurpiek komt door huishoudelijk verbruik. Maar ook de basislast is omhoog gegaan, dus ook de dagpiek. Niet alleen tijdens de piekuur gaat de vraag omhoog, maar ook over de hele dag wordt meer gebruikt. Waterfeesten, kranen openzetten, emmers vullen. Industrie en landbouw gedurende de dag. Er wordt ook door bijvoorbeeld datacenters meer koelwater gebruikt. Deze worden met drinkwater gekoeld bij temperaturen hoger dan 25 graden. Het is niet onderzocht hoeveel water deze datacenters precies nodig hebben, waar ze het vandaan halen en welke invloed er is op drinkwaterpiekverbruik.

3. Adaptieve maatregelen

a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?

Nee, nooit nodig geweest voor piekverbruik (wel calamiteiten).

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?

Wij weten niet waardoor het verbruik (het sterkst) stijgt, dus weet ook niet zeker wat het meest effect heeft. Er is genoeg drinkwater, dus geen maatregelen nodig. PWN zou dit niet snel doen omdat je een leveringsplicht hebt. Je gaat pas degelijke maatregelen nemen als je het water niet kan leveren.

Kelders zijn groot genoeg voor de maxdag (eens in de 10 jaar overschrijding). Op basis van afgelopen jaren wordt de eens in de 10 jaar overschrijding bepaald. Er is nooit gesimuleerd hoe dat zou veranderen bij veranderend klimaat. Als basislast hoger wordt, wordt bij gelijkblijvende piek het verschil kleiner.

PWN heeft al een zelfreinigend net, overal voldoende snelheid, waardoor geen neerslag voor komt. Door een kleinere leidingdiameter halen we hogere stroomsnelheden in het distributienet en we plaatsen afsluiters op een andere manier. We moeten nu al bouwen aan het net van de toekomst; je werkt toe naar de optimale situatie 2040.

Vitens

Interview met dhr. S. Rijpkema (Hydroloog).

1. Waargenomen effecten tijdens vraagpieken

a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Opwervelingen hebben vooral te maken met toerisme. Veel campings hebben in de periode september tot april een laag verbruik en dan begint het seizoen met vooral in de vakanties een hoog verbruik. Verbruik verdrievoudigd en dat geeft bruinwater. Met warm weer valt het wel mee, de verhoging in dagafzet gaat dan toch nog redelijk geleidelijk.

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Dit komt regelmatig voor, vaak ingesteld door Vitens zelf. Overdag is er dan een lagere druk zodat voldoende overblijft voor de avondpiek. Hiermee kan veel water bespaard worden en het levert niet snel klachten.

Vitens zoekt media op om oproepen tot spreiding. Dit zorgt er ook voor dat mensen minder snel klagen over lagere druk. Het is afhankelijk van het gebied. Zo zijn er in de omgeving Utrecht totaal geen problemen, maar in andere gebieden (bijvoorbeeld de Achterhoek) is geen overcapaciteit. Er zijn veel fusies geweest en daardoor verschillen in structuur.

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?

Bij een lange warme zomer dan zijn er gebieden/winningen waar de vergunning wordt overschreden. De provincies maken er nu niet zo'n probleem van, omdat het weinig voorkomt. Niet-operationele reserve is er wel, maar die is niet binnen een half jaar operationeel. Bovendien hangt het af van de locatie: je kan een overschot in Culemborg niet gebruiken voor een tekort in Eibergen.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping?

Ja, in een warme zomer worden ook de "slechte "putten bijgezet. De situatie is wel verbeterd sinds het OPIR-systeem draait op winningen: slechte putten worden nu minder ingezet. Een piekdag zie je wel aankomen.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?

De dagpiek is nooit een probleem, het gaat vooral om de piekuren tussen 18:00 en 23:00 uur. De ochtendpiek valt wel mee. Zwembadjes zijn niet het grote probleem; deze genereren misschien 5% extra watervraag. Ook de pauze van een voetbalwedstrijd kan je goed opvangen. Het zit vooral in het sproeien van de tuin.

2. Oorzaken

Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?

Tuinsproeien is het grote verbruik, want Vitens levert veel in landelijk gebied met grote tuinen. Douchen en zwembadjes is maar klein verbruik. Op zich is er voldoende water, maar men wil het in één keer. Als een deel op andere tijden zou sproeien zou er geen probleem zijn, maar iedereen wacht tot de zon onder is. In de landbouw wordt geen leidingwater gebruikt en industrie is ook niet het probleem.

3. Adaptieve maatregelen

a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?

Er worden oproepen gedaan in de media, dit is gebiedsafhankelijk. Vitens werkt met stoplicht (groen, oranje rood); bij rood doen we meer monitoring. Per gebied liggen hiervoor grenswaarden vast. In Utrecht is de grens een piek van 1,35, maar bij Epe is het 1,1 of 1,15. Boven de bepaalde piekfactor wordt constant gemonitord, tot 1 uur 's nachts en vanaf vroeg in de ochtend. Er mag dan niets misgaan en we letten goed op dat er geen storingen voorkomen.

Als adaptieve maatregel zien wij vooral het opschalen in de calamiteiten-organisatie. Eventueel schakelen we de media in. Liever te snel dan te laat, niet alleen bij pieken, maar ook bij calamiteiten.

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?

Oproepen tot ander verbruik wordt al gedaan. Dat gaat niet over douchen, maar over tuinsproeien. We zijn momenteel bezig met aanpassingen aan onze winningen en kelders. Kelders van 800-900 m^3 gaan uit bedrijf en we investeren in meer grotere centrale opslag. In de Achterhoek gaan we van meerdere locaties doorleveren naar één centrale locatie voor ontharding, vanuit waar het water dan weer terug geleverd wordt. Dit wordt vooral gedaan vanwege onderhoudskosten.

Als je zou kiezen voor grotere leidingen, dan krijg je slechtere kwaliteit in de winter. Het van oudsher vermaasde leidingnet gaat nu meer naar een vertakt leidingnet en wordt daardoor zelfreinigend. Er wordt niet preventief gespoeld.

4. Overige opmerkingen

In sommige toeristische gebieden kunnen problemen optreden. Bijvoorbeeld Epe (Veluwe), maar ook in Friesland, omdat hier maar vier pompstations zijn en dan is het soms in de hete periode niet bij te houden.

Vitens ziet veel vergrijzing en het wegtrekken van de bevolking naar stedelijk gebied. Leegloop heeft ook effect op het waterverbruik. Nu zijn er 2,4 inwoners per aansluiting en dit zal omlaag gaan. De dagpiekfactor zal misschien wel gelijk blijven, maar dan heb je misschien wel vergunningsruimte over. Dit ligt buiten de scope van dit onderzoek, maar het kan wel een belangrijk effect zijn.

Recent heeft Vitens contact gehad de gemeente Apeldoorn. Droogte en hitte geeft namelijk ook meer risico op bosbranden. Bij bosbranden heeft de brandweer soms in een keer zoveel water nodig, dat er bijna niets meer uit te kraan komt. Uiteraard zijn er ook wel brandputten, maar toch wordt vaak leidingwater gebruikt bij het blussen. Het duurt namelijk even voordat een brandput operationeel is.

De Watergroep

Interview met mevr. B. Van Limbergen (Hydrogeoloog).

1. Waargenomen effecten tijdens vraagpieken

a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Dit komt waarschijnlijk wel voor bij vraagpieken, afhankelijk van het gebied. De mate waarin is niet precies bekend.

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?

Waarschijnlijk wel, afhankelijk van het gebied. Dit is niet precies bekend.

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?

Af en toe zit een winning tegen het maximum of net er overheen. Dit moet gemeld worden bij de Vlaamse Milieu maatschappij. Er zijn een paar winningen die regelmatig tegen de jaarvergunning zitten en met droogte krijg je dan een overschrijding.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping?

Dit komt wel voor. Er is een schakelpatroon om putten langer goed te houden, maar bij een piek moet alles aan.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?

Dit is nog niet bekend.

2. Oorzaken

Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?

Met name huishoudens.

3. Adaptieve maatregelen

a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?

Er worden in bepaalde gebieden oproepen gedaan (melding of per brief) maar kan ook algemeen in het nieuws. Dit is niet standaard ieder jaar; het kan ook in het ene jaar in de ene regio het andere jaar in de andere regio. Bij normaal verbruik kunnen problemen wel opvangen worden. In iedere vergunning zit wel een marge, maar soms is de buffer op in een regio.

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?

Onbekend waardoor het verbruik (het sterkst) stijgt, dus wij weten ook niet zeker wat het meest effect heeft. Tijdens een hittegolf vinden wij bewustwording belangrijk. Daarnaast hebben we algemene campagnes over spaarzaam zijn met water.

Er wordt geprobeerd om extra reserveputten te bouwen om hogere capaciteit te kunnen leveren. Meestal gaat het om uitbreidingen/updates om meer ruimte te krijgen. Iedere 20 jaar moet een vergunning opnieuw aangevraagd worden, in het slechtste geval moeten we dan een winning sluiten.

4. Overige opmerkingen
Er wordt zowel oppervlaktewater als grondwater als bron gebruikt. IJzer wordt bij grondwater eruit gehaald tot minimaal de drinkwaternorm. De Watergroep levert water aan Vlaanderen, exclusief Antwerpen. Limburg en Vlaams Brabant worden bijna volledig door De Watergroep voorzien.

Waterbedrijf Groningen
Interview met dhr. W. Kompagnie (Beleidsadviseur Waterlevering).

1. Waargenomen effecten tijdens vraagpieken
a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?
Die komen vooral voor in pendelgebieden met een beperkte/overgedimensioneerde diameter en vermaasde gietijzer distributienetten. Deze klachten ontstaan als gevolg van plotselinge verandering van de hoeveelheid debiet en/of verandering van stromingsrichting waardoor het sediment wordt opgewerveld.

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?
Lage druk komt sporadisch voor, eigenlijk alleen tijdens de piekuren. Vooral in de zogenaamde onrendabele gebieden: landelijk afgelegen gebieden met soms forse verbruikers (agrarisch of camping).

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?
Nee, niet vanwege de dagonttrekking. Bij pompstation De Punt is het wel krap. Dit komt door een combinatie van vraag en het vaker moeten spoelen van filters als gevolg van groei van kiezelwieren in de ruwwaterbuffer (oppervlaktewater Drentsche Aa). Waterbedrijf Groningen is bezig met een optimalisatie van de bedrijfsvoering.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping.
Nee.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?
Opwervelingen en lage druk doen zich (in beperkte mate) voor bij piekuren. Pieken komen vooral in het voorseizoen (voor de zomervakantie voor); in mei is de kans het grootst op een maxdag. Meer hittegolven in de herfst is minder erg omdat er aan het eind van het groeiseizoen veel minder gesproeid wordt. In de stad Groningen zijn vanaf juni/juli veel minder studenten, waardoor de zomerpiek gedempt wordt.

2. Oorzaken
Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?
Huishoudelijk verbruik: douchen, tuinsproeien en zwembad vullen. Daarnaast door industrieel verbruik door de koelbehoefte in de Eemshaven.

3. Adaptieve maatregelen
a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?
Waterbedrijf Groningen heeft zelf geen adaptieve maatregelen genomen, maar heeft mogelijk wel profijt gehad van campagnes van Vitens. Maatregelen zijn tot nu toe niet nodig,

maar wij maken klanten wel bewust van hun waterverbruik (hoewel niet specifiek gericht op waterverbruik tijdens hittegoven). In 2016 is “Code Blauw” afgegeven, een ludieke code om toch vooral maar voldoende water te drinken tijdens warme dagen.

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?
Waterbedrijf Groningen wil de operationele reservestelling in productiecapaciteit vergroten. We proberen met leidingsaneringsprogramma’s de watervoorziening richting de “onrendabele gebieden” te verbeteren (capaciteit en redundantie). Daarnaast wordt in sommige gevallen maatwerk geleverd. De klant bouwt dan bijvoorbeeld zelf een buffertank.

WMD
Interview met dhr. N. Van der Moot (Beleidsmedewerker Watervoorziening en Asset-management).

1. Waargenomen effecten tijdens vraagpieken
a. Komen opwervelingen van mangaan en bruin water voor? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?
Klachten over bruin water komen wel voor, maar er is voor zover bekend geen relatie met piekdagen/uren.

b. Komt lage druk voor? Hele dag of alleen tijdens piekuren? Overal of alleen in delen van het voorzieningsgebied?
Dit komt altijd wel voor. In een groot buitengebied waar leidingen met minder grote diameters liggen is er een afweging tussen verblijftijd en druk. De doorstroming moet het grootste deel van het jaar goed zijn. Dan kan de druk tijdens een hoge piek wel laag worden, maar voldoet deze nog wel aan de eisen van drinkwaterwet.

c. Zijn er winningen die max dag, maand of jaar vergunning overschrijden?
Nee, dit komt niet voor.

d. Zijn er putten die (extra) worden ingezet terwijl je ze eigenlijk liever uit (of minder lang aan) hebt, bijvoorbeeld vanwege kwaliteit of putverstopping.
Door koppeling van wingebieden komt dit niet voor. Er zijn wel een aantal putten reserveputten die normaal niet draaien en alleen aangezet worden om te verversen.

e. Voorzien jullie eventuele uitdagingen met name in relatie tot de piekuren of vooral in de dagpiek als geheel?
Niet van toepassing omdat er geen probleem is.

2. Oorzaken
Waar heeft volgens jullie de verbruikspiek (dagpiek of uurpiek) tijdens warme dagen/hittegolf mee te maken?
Huishoudelijk verbruik is het belangrijkste. Zo’n 80% van het verbruik is huishoudelijk. De landbouw heeft veelal eigen winningen en het bedrijfsgebruik in Drenthe wordt vrijwel niet beïnvloed door het weer (geen bierbrouwers of frisdrankproducenten).

De belangrijkste oorzaak is het sproeien van tuinen, ook vanwege het tijdstip van verbruik. Vanaf 19:00 uur begint het verbruik op te lopen en rond 21:30-22:00 is dan de grootste piek. De uurpiekfactor is dan 2: een max uur heeft 2 keer zoveel verbruik als gemiddeld over de max dag.

3. Adaptieve maatregelen

a. Zijn er de afgelopen jaren tijdens hittegolven / warme periode adaptieve maatregelen genomen? Zo ja, welke maatregelen zijn genomen?

Winningen zijn aan elkaar gekoppeld: niet vanwege piekverbruik, maar vanwege leveringszekerheid. Dit heeft echter wel een positief effect gehad voor winningen die niet heel ruim zaten bij piekverbruik.

Soms worden aanpassingen gedaan bij instellingen van bepaalde distributiekelders. Bij een max dag wordt tijdens de ochtendpiek wat geknepen, zodat er ‘s avonds wat meer overblijft. Kortom, we gaan creatief met het systeem om.

b. Op welk gebied zijn maatregelen nodig? Ander verbruik, winning, distributie?

WMD weet niet waardoor het verbruik (het sterkst) stijgt, dus is ook niet zeker wat het meest effect heeft. Op dit moment is er geen enkele aanleiding voor maatregelen.