



Modelleren van niet- huishoudelijk waterverbruik

Waterverbruik van kantoren, hotels,
zorginstellingen en veehouderij

BTO 2009.013
Augustus 2009



Watercycle Research Institute

Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik

Waterverbruik van kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij

BTO 2009.013
Augustus 2009

© 2008 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

Colofon

Titel

Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik

Projectnummer

B111626, A307101 (ST21)

Projectmanager

drs. P.G.G. Slaats

Opdrachtgever

BTO-deelnemers, Uneto-VNI, TVVL

Kwaliteitsborger(s)

dr. ir. J.H.G. Vreeburg

Auteur(s)

dr. ir. E.J. Pieterse-Quirijns, ir. E.J.M. Blokker en ing. A.J. Vogelaar

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

Samenvatting

In de afgelopen jaren is in het BTO het model SIMDEUM ontwikkeld waarmee het huishoudelijk waterverbruik uitstekend kan worden gemodelleerd. Het model is gebaseerd op het modelleren van het gedrag van mensen met betrekking tot hun waterverbruik en daarmee kan zowel het totale waterverbruik als ook het verbruik over de dag goed worden voorspeld. SIMDEUM is nu ook geschikt gebleken voor het modelleren van niet-huishoudelijk verbruik, zoals voor het waterverbruik van kantoren, hotels en zorginstellingen.

Belang

De interesse in niet-huishoudelijk waterverbruik komt zowel vanuit de waterbedrijven als vanuit de binneninstallatiebranche. Men stelt belang in het piekverbruik (zowel in het distributienet alsook koud en warm water in een gebouw) en het verbruik over de dag (in verband met opwarming en andere waterkwaliteitsaspecten). Eind jaren zeventig van de vorige eeuw is het piekverbruik van enkele niet-huishoudelijke verbruikers vastgesteld (Kiwa Mededeling 93). De formules voor het piekverbruik zijn slechts op een beperkt aantal metingen gebaseerd (o.a. 3 scholen, 29 kantoren, 14 bejaardenhuizen en 11 verpleeghuizen; elk gedurende maximaal 3 weken gemeten) en bovendien is het aannemelijk dat metingen van 30 jaar oud niet langer representatief zijn voor het huidige waterverbruik. Deze metingen geven bovendien geen inzicht in het warmwaterverbruik of het verbruikspatroon over de dag. Er is derhalve behoefte aan een model dat niet-huishoudelijk waterverbruik beter beschrijft. De projectbegeleidingsgroep (vanuit het BTO en de verenigingen TVVL en Uneto-VNI uit de binneninstallatie) heeft aangegeven de meeste interesse te hebben in kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij.

Aanpak

Omdat SIMDEUM als methode voor het beschrijven van huishoudelijk waterverbruik goed werkt is dezelfde methode gevolgd voor niet-huishoudelijk waterverbruik. De methode SIMDEUM houdt in dat het gedrag van mensen met betrekking tot hun waterverbruik wordt gemodelleerd; rekening houdend met de verschillen in installatie en waterverbruikende apparaten. Dat wil zeggen dat de volumestroom en duur van een tapping bepaald kan worden door de installatie (bijvoorbeeld de wasmachine) of door de gebruiker (hoe lang staat iemand onder de douche), de gebruiksfrequentie (het aantal keer dat een toilet gespoeld wordt) en tijdstip van waterverbruik wordt vrijwel volledig door de mens bepaald.

Voor niet-huishoudelijk verbruik is een vergelijkbare aanpak gekozen. Daarbij zijn enkele nieuwe waterverbruikende apparaten gedefinieerd (zoals de koffieautomaat op kantoor) en nieuwe typen gebruikers geïntroduceerd (bijvoorbeeld de schoonmaker en kantoormedewerker). Informatie over deze nieuwe apparaten en gebruikers is verzameld uit de literatuur en een aantal specifieke enquêtes. Daarnaast is elk gebouw opgedeeld in functionele ruimtes zoals een kantoor, een restaurant, een hotelkamer, etc. Met deze modulaire opbouw kunnen allerlei gebouwen worden geconstrueerd. In dit project zijn specifiek kantoren, hotels en zorginstellingen gesimuleerd en gevalideerd. Voor de simulaties van de verschillende zorginstellingen was slechts één enquête beschikbaar; de overige specifieke informatie is van de betreffende websites gehaald.

Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd om vast te stellen wat de invloed is van de verschillende functionele ruimtes op het totaal verbruik, het verbruikspatroon over de dag en de variatie in verbruik, wat de invloed is van verschillende onzekerheden in aannames (zoals de verhouding tussen toilet- en urinoirgebruik door mannen), en wat de invloed is van bekende variatie (zoals de bezettingsgraad van hotelkamers).

De gesimuleerde verbruikspatronen zijn gevalideerd met metingen; de data besloegen ca. 1 maand aan volumestroommetingen op één-, vijf- of tien-minutenbasis. Validatie vond plaats op basis van totaal waterverbruik (gemiddelde en variatie) en het verbruik over de dag (verbruikspatroon). SIMDEUM voor niet-huishoudelijk verbruik is gevalideerd op basis van vier verschillende kantoren (met tussen 200 en 1500 medewerkers); vier hotels (luxe zakenhotels, een theaterhotel en een studentenhotel) en vier zorginstellingen (verpleeghuizen met en zonder aanleunwoningen).

Het simuleren van waterverbruik van veehouderijen vergt een andere aanpak dan SIMDEUM. De ruimtelijke schaal is niet het verbruik aan de kraan of de watermeter, maar de toevoerleiding naar een cluster veehouders. De tijdschaal is niet een minuut of een kwartier, maar een dag. Bovendien is 'de' veehouderij erg divers, het maakt nogal uit of het gaat om varkens, runderen of pluimvee en of de dieren naar buiten mogen of de hele dag op stal staan. Ook is belangrijk of leidingwater of bijvoorbeeld water uit eigen winningen wordt gebruikt. Dat betekent dat de SIMDEUM aanpak onnodig veel detail vraagt, terwijl deze detailliekennis van waterverbruik van vee niet voorhanden is. Een aanpak op basis van een statistische analyse van verbruiksmetingen is voldoende en makkelijker te realiseren. In dit project is geen model voor veehouderij gerealiseerd.

Resultaten

SIMDEUM voor niet-huishoudelijk verbruik blijkt het waterverbruik van kantoren, hotels en zorginstellingen goed te voorspellen. Dit geldt voor zowel het gemiddelde en de variatie van het verbruik per dag als voor het verbruik over de dag.

Bij kantoren is de toiletspoeling de belangrijkste bijdrage aan het totale waterverbruik; de variatie in waterverbruik per dag komt vooral door een variabele bezettingsgraad. Met de inzet van waterbesparende (of zelfs waterloze) toiletten en een hoog gebruik van urinoirs kan het totale waterverbruik afnemen. Met een toename in deeltijdwerken en telewerken zal de variatie in waterverbruik per dag ook toenemen.

Bij hotels vindt het meeste waterverbruik plaats in de hotelkamers. Het patroon van het waterverbruik van hotels is vergelijkbaar met huishoudelijk waterverbruik. Hotels met luxe comfortdouches verbruiken beduidend meer water. De invloed van het type hotel blijkt duidelijk uit het verbruik over de dag; het theaterhotel dat veel bezoekers in de avond heeft, heeft het piekverbruik niet in de ochtend, door het toiletgebruik van de theaterbezoekers. Dit patroon wordt ook goed gesimuleerd.

Bij zorginstellingen dragen verschillende onderdelen ongeveer evenveel bij aan het totale waterverbruik. Het patroon over de dag wordt in verpleeghuizen vooral bepaald door de werkschema's van het personeel, terwijl in verzorgingshuizen met een meer zelfstandige woonfunctie het verbruik over de dag meer op het huishoudelijk verbruikspatroon lijkt. De patronen over de dag worden goed gesimuleerd. Het gemiddelde verbruik en de variatie in het verbruik worden bij 3 van de 4 zorginstellingen goed voorspeld; de verzamelde informatie van de andere zorginstelling is waarschijnlijk onvolledig.

De huidige ontwerpformules voor maximum momentaan verbruik geven ten opzichte van de metingen en de simulaties een overschatting. De maximale volumestroom voorspeld door SIMDEUM ligt in de buurt van de gemeten maximale volumestromen en kan daarom een bijdrage leveren aan het herzien van ontwerprichtlijnen op basis van maximale verbruiken.

Advies / implementatie

SIMDEUM kan nu ook ingezet worden voor vraagstukken over niet-huishoudelijk verbruik. In navolging van de inzet van SIMDEUM voor huishoudelijk verbruik liggen verschillende toepassingen in het verschiet, zoals het opstellen van rekenregels voor het ontwerp van de binneninstallatie (dimensionering van leidingdiameters en warmwaterbereider; dimensionering van drinkwaterleidingnetten; etc.).

De waterbedrijven stoppen veel energie in het verfijnen van leidingnetmodellen door ook de kleinere leidingen in het model op te nemen. De volgende logische stap is om ook energie te stoppen in een betere verbruikstoewijzing. SIMDEUM is daar een geschikte methode voor en zeker nu niet alleen huishoudelijke maar ook allerlei niet-huishoudelijke verbruiken gemodelleerd kunnen worden.

Voor meer inzicht in het waterverbruik van veehouders is het nodig om een grote meetset met waterverbruik van verschillende typen veehouderij te verzamelen en te analyseren.

Inhoud

Samenvatting	1
Inhoud	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding en doel	5
1.2 Aanpak	6
1.3 Leeswijzer	7
2 Uitbreiden van SIMDEUM	9
2.1 Algemeen	9
2.2 Functionele ruimte	9
2.3 Gebruikers	10
2.3.1 Type gebruikers	10
2.3.2 Relatie type gebruikers en waterverbruik	11
2.3.3 Aantal gebruikers	11
2.4 Tijdstippen van verbruik	12
2.4.1 Douche	13
2.5 Type tappunten: volumestroom, duur en frequentie van verbruik	14
2.5.1 Toilet en urinoir	15
2.5.2 Kraan	16
2.5.3 Koffieautomaat en waterautomaat	17
2.5.4 Afwasmachine	17
2.5.5 Wasmachine	17
2.5.6 Douche en bad	18
3 Kantoren	19
3.1 Literatuuronderzoek waterverbruik kantoren	19
3.2 Waterverbruik op basis van de enquêtes	20
3.3 Invoergegevens SIMDEUM	21
3.3.1 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip van gebruik	21
3.3.2 Functionele ruimtes: tappunten	21
3.3.3 Bezettingsgraad	23
4 Hotels	27
4.1 Literatuuronderzoek waterverbruik hotels	27
4.2 Waterverbruik op basis van de enquêtes	28
4.3 Invoerdata SIMDEUM	28
4.3.1 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip van gebruik	28
4.3.2 Functionele ruimtes: tappunten	29
4.3.3 Bezettingsgraad	31
5 Zorginstellingen	33

5.1	Indeling van zorginstellingen	33
5.2	Literatuuronderzoek waterverbruik zorginstellingen	35
5.3	Waterverbruik op basis van de enquêtes	37
5.4	Invoerdata SIMDEUM	37
5.4.1	Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip van gebruik	37
5.4.2	Functionele ruimtes: tappunten	38
5.4.3	Bezettingsgraad	40
6	Veehouderij	41
6.1	Inleiding	41
6.2	Literatuuronderzoek waterverbruik	41
7	Validatie verbruiksmodel	47
7.1	Kantoren	47
7.1.1	Specifieke invoer SIMDEUM per kantoor	47
7.1.2	Gevoeligheidsanalyse waterverbruik kantoren	48
7.1.3	Validatie waterverbruik patronen in kantoor	51
7.1.4	Validatie totaal waterverbruik kantoren	54
7.1.5	Conclusie	55
7.2	Hotels	56
7.2.1	Specifieke invoer SIMDEUM per hotel	56
7.2.2	Gevoeligheidsanalyse waterverbruik hotel	58
7.2.3	Validatie waterverbruik patronen in hotel	61
7.2.4	Validatie totaal waterverbruik hotel	64
7.2.5	Conclusie	65
7.3	Zorginstellingen	66
7.3.1	Specifieke invoer SIMDEUM per zorginstelling	66
7.3.2	Gevoeligheidsanalyse waterverbruik zorginstelling	69
7.3.3	Validatie waterverbruik patronen in zorginstelling	71
7.3.4	Validatie totaal waterverbruik zorginstellingen	73
7.3.5	Conclusie	74
8	Toepassing bij ontwerp	75
8.1	Inleiding	75
8.2	Vergelijking met SIMDEUM	75
9	Conclusies en aanbevelingen	79
9.1	Conclusies	79
9.2	Aanbevelingen	79
9.3	Implementatie	80
10	Literatuur	83
I	Kentallen niet-huishoudelijk verbruik uit literatuur	85
II	Enquêteformulieren	91
III	Methode voor objectieve beoordeling van gesimuleerde afnamepatronen	97

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Leidingnetmodellen worden steeds gedetailleerder doordat ook de kleinere leidingen in het model worden opgenomen. Hierdoor ontstaat de behoefte naar een betere verbruikstoewijzing. In de afgelopen jaren is in het BTO het model SIMDEUM (SIMulation of Demand, an End-Use Model) ontwikkeld waarmee het huishoudelijk waterverbruik uitstekend kan worden gemodelleerd (Blokker 2006a, 2006b). De patronen van het waterverbruik die hiermee voorspeld worden kunnen gebruikt worden bij het toekennen van waterverbruik aan de knopen. In navolging van het modelleren van het huishoudelijk waterverbruik is de vraag gerezen of ook het niet-huishoudelijke verbruik gemodelleerd kan worden; wat de waterbedrijven *bijzondere verbruiken* noemen.

SIMDEUM voor huishoudelijk verbruik is de laatste jaren toegepast om, in opdracht van Uneto-VNI en TVVL, simulaties uit te voeren om van verschillende type woningen (qua luxe van installatie en aantal bewoners), zowel binnen de woning als in woongebouwen en woontorens, te bepalen wat de maximum moment volumestroom is voor koud en warm water en hoeveel warm water er maximaal verbruikt wordt in 10 minuten, 1 uur, 2 uur en per dag. Voor woongebouwen zijn bovendien relaties bepaald tussen deze kentallen en het aantal woningen (Blokker e.a. 2007; Pieterse-Quirijns, 2008). Op basis van deze kentallen zal in de toekomst de installatie van woongebouwen kunnen worden gedimensioneerd. Rekenregels voor gelijksoortige kentallen zijn ook wenselijk voor het niet-huishoudelijke verbruik, wat bij installateurs bekend staat als utiliteitsbouw. Tot nu toe wordt er gebruik gemaakt van ontwerpregels, die gebaseerd zijn op verouderde metingen. Eind jaren zeventig van de vorige eeuw is namelijk een aantal metingen uitgevoerd om het piekverbruik van enkele niet-huishoudelijke verbruikers vast te stellen (Mededeling 93). De resultaten van deze metingen zijn overgenomen in de ISSO-richtlijnen voor het ontwerp van tapwaterinstallaties in de U-bouw (ISSO-55). De formules voor het piekverbruik zijn slechts op een beperkt aantal metingen gebaseerd (o.a. 3 scholen, 29 kantoren, 14 bejaardenhuizen en 11 verpleeghuizen; elk gedurende maximaal 3 weken gemeten) en bovendien is het aannemelijk dat metingen van 30 jaar oud niet langer representatief zijn voor het huidige waterverbruik.

De interesse in de niet-huishoudelijk waterverbruik komt zowel vanuit de waterbedrijven als vanuit de binneninstallatiebranche. Daarbij worden drie detailniveaus onderscheiden, namelijk een gebied (bv. een nieuw te ontwikkelen bedrijventerrein), een gebouw en de binneninstallatie (tappunten). Een waterverbruiksmodel moet antwoord kunnen geven op verschillende vragen:

- Wat is het piekverbruik, op de verschillende niveaus? Per gebied is dit o.a. van belang wanneer bepaalde activiteiten geclusterd zijn (bijvoorbeeld onderwijsinstellingen); dit kan voor een aanzienlijke pieklast zorgen. In de binneninstallatie is ook het piekverbruik van warm water van belang.
- Wat is het verbruik over de dag, in verband met de waterkwaliteit in de leidingen.
 - Te denken valt aan verbruiken aan het eind van leidingen of in kleine wijken - piekverbruik, maar ook schommelingen in verblijftijd (oud water).
 - Waterbedrijven besteden meer aandacht aan het voorkomen van sedimentatie van deeltjes in het leidingnet (door zelfreinigende netten), dan moet ook worden voorkomen dat de binneninstallatie een bezinkbak is (voorkomen dat deze overgedimensioneerd is).
 - Belangrijk is tevens om groei van *Legionella* te voorkomen, zowel in het distributienet als in de binneninstallatie.
- Kunnen richtlijnen voor het ontwerp en dimensionering van een leidingnet in een nieuw te ontwikkelen terrein worden opgesteld?

1.2 Aanpak

Door de deelnemers aan het project* zijn de volgende niet-huishoudelijk waterverbruikers vastgesteld (op basis van o.a. ISSO-55 en het bouwbesluit (de Jong en Pothuis, 2003)):

- bejaarden- / verpleeghuizen;
- ziekenhuizen;
- penitentiaire inrichting;
- hotels;
- restaurants / bar;
- onderwijsinstellingen;
- sportaccommodaties;
- zwembaden;
- werkplaatsen, fabrieken;
- kantoren;
- veehouders;
- campings / bungalowparken / jachthavens;
- zalencomplexen.

Grootverbruikers (bv. zware industrie, levensmiddelenindustrie) zijn in veel gevallen apart bemeterd, zodat de verbruiken bekend zijn. Deze verbruiken hoeven dus niet te worden gemodelleerd.

Ten behoeve van Mededeling 93 zijn formules bepaald voor woongebouwen, basisscholen, kantoren, bejaardenhuizen, verpleeghuizen, sporthallen en sportvelden. Ook zijn enkele oriënterende metingen in loopstalboerderijen gedaan. Een motivatie voor de keuze van deze categorieën is niet gegeven; uit kostenoverwegingen is het aantal metingen beperkt gebleven. Als belangrijkste niet-huishoudelijk waterverbruikers voor voorliggend project zijn door de projectgroep vastgesteld:

- kantoren;
- hotels, eventueel inclusief zalencomplex en restaurant;
- bejaardenhuizen / verpleeghuizen / ziekenhuizen;
- veehouderij.

De motivatie voor deze categorieën is dat men deze relatief vaak tegenkomt in de ontwerppraktijk en een onzekerheid ervaart in de juistheid van de toegepaste methodes. Kantoren en veehouderij worden met name genoemd door de waterbedrijven; hotels en zorginstellingen door de binneninstallatie.

Uit de eisen aan het verbruiksmodel (zie vorige paragraaf) volgt dat het model gedetailleerd moet zijn voor wat betreft de tijdschaal en de ruimtelijke schaal (gebied, gebouw en binneninstallatie). Het zal tenslotte een input zijn voor waterkwaliteitsberekeningen op de verschillende detailniveaus. Vanuit de literatuur komen twee type modellen in aanmerking:

1. PRP-model (Buchberger e.a. 2003; Blokker e.a. 2008a). Dit relatief eenvoudige model is geschikt om het waterverbruik per gebouw te modelleren, van daar kan er worden opgeschaald naar waterverbruik per gebied. De modelparameters, namelijk statistische variabelen om de duur en volumestroom per 'puls' (i.e. een tapping) en het aantal pulsen per uur mee te beschrijven, worden bepaald uit uitgebreide volumestroommetingen.
2. Het eindgebruikmodel SIMDEUM (Blokker 2006a). Dit model is geschikt om het waterverbruik per tappunt te modelleren, van daar kan er worden opgeschaald naar waterverbruik per gebouw of per gebied. De modelparameters, namelijk statistische variabelen om de duur en volumestroom per puls, het aantal pulsen per persoon per dag (verbruiksfrequentie) en de kans van verbruik over de dag per tappunt mee te beschrijven, worden bepaald uit gegevens uit de literatuur en enquêtes.

Het verbruiksmodel voor niet-huishoudelijk waterverbruik is gebaseerd op SIMDEUM, d.w.z. SIMDEUM wordt uitgebreid met een module voor niet-huishoudelijk waterverbruik. De reden is dat SIMDEUM ingrijpt op een lager detailniveau (en dus ook voor het verbruik binnen een gebouw kan worden gebruikt) en goed blijkt te werken bij het modelleren van huishoudelijk waterverbruik (en het waterverbruik in andere gebouwen ook lijkt op het huishoudelijk waterverbruik, denk aan toiletspoelingen en handen wassen).

* vertegenwoordigers van de waterbedrijven (BTO; in de personen Tjakko Haaijer/ Wim van Berkel van Brabant Water, Edwin Blaauwgeers van Vitens, Oscar Werner van Waternet) en van de binneninstallatie (Uneto-VNI en TVVL; in de personen Will Scheffer, Aad Lansbergen, Walter van der Schee).

Het verbruiksmodel SIMDEUM is aangepast om ook niet-huishoudelijk waterverbruik te kunnen modelleren. Dit behelst deels het aanpassen van de softwarecode met een aantal modules en deels het aanpassen van de invoerparameters met de juiste gegevens van niet-huishoudelijk waterverbruik. Voor het verzamelen van de invoergegevens is een literatuurstudie uitgevoerd.

Het verbruiksmodel voor niet-huishoudelijk waterverbruik is gevalideerd met volumestroommetingen. De metingen die zijn gebruikt zijn metingen van Waternet uit 2004 en van Vitens uit hun doorlopende meetcampagne. Ten behoeve van de validatie is een aantal enquêtes uitgevoerd waarin gevraagd is naar bezettingsgraad, waterverbruikende apparaten en installatie, en het totale waterverbruik (bijlage II). In tegenstelling tot de enquêtes ten behoeve van het modelleren van huishoudelijk waterverbruik (Foekema, 2008) zijn dit geen algemeen geldende en regelmatig herhaalde onderzoeken.

1.3 Leeswijzer

Om SIMDEUM uit te breiden met niet-huishoudelijk verbruik zijn een aantal algemene aanpassingen nodig aan het model. Deze zijn beschreven in hoofdstuk 2. Om vervolgens de verschillende categorieën niet-huishoudelijk waterverbruik te kunnen modelleren zijn ook de juiste invoergegevens nodig. De data wordt gevonden in de literatuur en in speciaal uitgevoerde enquêtes. Voor kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij worden deze gegevens samengevat in de hoofdstukken 3-6. In hoofdstuk 7 worden een aantal specifieke verbruikers geselecteerd en gemodelleerd. Tevens worden de resultaten van deze modellen vergeleken met metingen; daarbij hoort ook een stuk discussie. Een methode om de gesimuleerde patronen objectief te beoordelen ten opzichte van de metingen is beschreven en toegepast in bijlage III. In hoofdstuk 8 staat een korte beschouwing over de toepassing van SIMDEUM voor niet-huishoudelijk verbruik en ten slotte volgen in hoofdstuk 9 conclusies en aanbevelingen.

2 Uitbreiden van SIMDEUM

2.1 Algemeen

SIMDEUM is gebaseerd op statistische informatie over:

- gebruikers, namelijk
 - hoe vaak wordt bijv. het toilet doorgespoeld en gedoucht;
 - hoe lang wordt gedoucht;
 - hoe 'hard' wordt de kraan opengezet;
 - wanneer wordt water verbruikt, voor huishoudelijke gebruikers is dat via informatie over hoe laat men opstaat, van huis gaat, thuiskomt en naar bed gaat;
 - hoeveel en welk type gebruikers er zijn (bijvoorbeeld hoeveel mensen er in een woning wonen en met welke leeftijdsverdeling).
- binneninstallatie, namelijk
 - wat de volumestroom is en hoe lang het verbruik per keer duurt van bijv. een toiletspoeling en wasmachine.

Om ook niet-huishoudelijk waterverbruik te kunnen modelleren moeten een aantal aanpassingen gemaakt worden aan SIMDEUM:

- Een 'eenheid' is niet langer het huishouden, maar een 'functionele ruimte'. De eenheid wordt bepaald door de aanwezige waterverbruikende apparaten en de gebruikers.
 - Een kantoor is bijvoorbeeld opgedeeld in een aantal eenheden zoals een schoonmaakeenheid (waarin een beperkt aantal schoonmakers en een aantal warmwatertappunten aanwezig zijn) en een ontmoetingseenheid (waarin zich de kantoormedewerkers en toiletten en koffieautomaten bevinden). Deze ontmoetingseenheid wordt in dit rapport voor het gemak pantry genoemd.
 - Een hotel is bijvoorbeeld opgedeeld in 200 kamereenheden, een keukeneenheid en een zaleneenheid.
- De gebruikers in een eenheid zijn niet altijd huishoudelijke gebruikers (bewoners), de tijdstippen van verbruik worden dan ook niet langer bepaald door het slaap-waak-ritme, maar bijvoorbeeld door werktijden. SIMDEUM wordt uitgebreid met een ander type gebruiker (namelijk de 'non-residential user').
- In de utiliteitsbouw komen andere type tappunten (bijvoorbeeld waterverbruikende apparaten) voor dan in huishoudens.
 - Voor een deel zijn het andere type apparaten, bijvoorbeeld een koffieautomaat die direct is aangesloten op een waterleiding. Dit betekent een mogelijke uitbreiding van SIMDEUM met een *type* tappunt.
 - Voor een deel zijn dit dezelfde type apparaten met een ander verbruik, bijvoorbeeld industriële (af)wasmachines. Dit betekent een mogelijke uitbreiding van SIMDEUM met een *subtype* tappunt (d.w.z. de invulling van het *type* tappunt).

2.2 Functionele ruimte

Een functionele ruimte wordt bepaald door de aanwezige waterverbruikende apparaten en de gebruikers. In een gebouw kunnen verschillende type functionele ruimtes worden onderscheiden, zie Tabel 2-1. Gelijksortige functionele ruimtes kunnen op gelijke wijze worden gemodelleerd. Dit biedt ook perspectieven voor ander niet-huishoudelijk waterverbruik uit §1.2 dat niet expliciet in dit project wordt meegenomen; de modellering van bepaalde functionele ruimtes is namelijk wel al voorbereid. De invulling van de functionele ruimtes met gebruikers en waterverbruikende apparaten wordt uitgewerkt in respectievelijk §2.3 en §2.5.

Tabel 2-1 Functionele ruimtes voor verschillende type niet-huishoudelijk waterverbruik

	kantoor	hotel	zorginstelling	veehouderij
Bijeenkomstruimtes of pantry (zalen, incl. toiletten en koffieautomaten)	x	x	x	
logies		x	x	
restaurant/ keuken/ kantine	x	x	x	
was-/ spoelruimte		x	x	x
sportfaciliteit/ zwembad	(x)	(x)	(x)	
schoonmaak	x	x	x	x
blusvoorziening ^a	x	x	x	
koelinstallatie				x
tuin				
Overig (bijv. operatieruimte)			x	x

ad ^a: blusvoorziening is niet meegenomen als functionele ruimte in de opbouw van SIMDEUM voor niet-huishoudelijk verbruik, omdat blusvoorziening geen regulier verbruik is.

2.3 Gebruikers

2.3.1 Type gebruikers

De gebruikers in een eenheid zijn niet altijd huishoudelijke gebruikers (bewoners), de tijdstippen van verbruik worden dan ook niet langer bepaald door het slaap-waak-ritme, maar bijvoorbeeld door werktijden. SIMDEUM wordt daarom uitgebreid met een ander type gebruiker, namelijk de niet-huishoudelijke gebruiker (in SIMDEUM *non-residential user*).

Bij niet-huishoudelijk gebruikers in SIMDEUM kan wel onderscheid worden gemaakt tussen mannen en vrouwen, omdat een urinoir alleen door mannen wordt gebruikt. Een verder onderscheid in leeftijd of herkomst wordt niet gemaakt, omdat daarvoor te weinig informatie beschikbaar is. Door per functionele ruimte een specifieke gebruiker te definiëren kan wel onderscheid worden gemaakt tussen de schoonmakers en kantoorpersoneel, zodat deze een ander gebruik van toilet, kraan en koffieautomaat kennen.

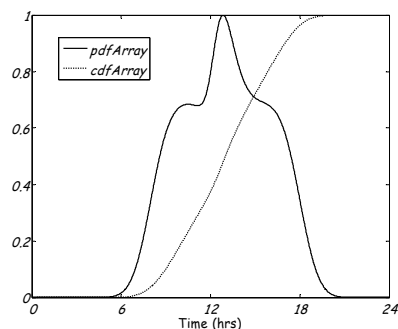
De *non-residential user* is in het model een groep van gebruikers met als kenmerk het aantal gebruikers en daarbij het percentage mannen en vrouwen. In SIMDEUM wordt bijvoorbeeld een groep kantoormedewerkers gedefinieerd met een bepaald patroon van waarschijnlijkheid van waterverbruik over de dag. Dit zelfde patroon geldt vervolgens voor alle 150 medewerkers. Analoog aan de *householdStats* wordt een *nonresStats* gedefinieerd:

```
NON RESIDENTIAL USERS
(1) number of people: 1545
(2) percentage for male/female: [75.0 25.0] ([m f])
```

De kans op waterverbruik over de dag wordt bepaald door aanwezigheid en eventueel een verhoogde kans bijvoorbeeld tijdens de pauze. Analoog aan de *homePresence* wordt een *nonresPresence* gedefinieerd:

```
nonresPresence:
'' '' 'non_res_user'
't1' 'mu' '8:00'
'' 'sigma' '1:00'
't2' 'mu' '12:15'
'' 'sigma' '0:30'
't3' 'mu' '13:00'
'' 'sigma' '1:00'
't4' 'mu' '18:00'
'' 'sigma' '1:00'
```

Het tijdstip t_1 beschrijft het begin van de aanwezigheid. Niet alle gebruikers beginnen tegelijk, daarom is er een variatie ingebracht. Bij $\mu - 3\sigma$ is de kans op aanwezigheid vrijwel 0, bij μ is deze gelijk aan 0.5 en bij $\mu + 3\sigma$ is deze 1. Het tijdstip t_4 beschrijft het eind van de aanwezigheid, analoog aan t_1 . Tussen t_2 en t_3 is er een verhoogde kans op waterverbruik (niet van aanwezigheid) die analoog aan t_1 en t_4 wordt gedefinieerd. De kans van aanwezigheid + de verhoogde kans van waterverbruik (tijdens bijvoorbeeld de pauze) is de totale kans op waterverbruik (zie plaatje hiernaast). Deze kans wordt weer genormeerd, zodat de maximale kans 1 is. N.B. de periode van verhoogd verbruik hoeft niet altijd aanwezig te zijn, de tijdstippen t_2 en t_3 kunnen dan leeg worden gelaten.



Op basis van de bovenstaande statistieken wordt een *user_non_res* geconstrueerd (analoog aan de *user_home*):

```

USER_NON_RES object:
USER_FINAL Object:
USER Object:
Name: new
Type: non-residential user
Sex: male
t1: 08:00
t2: 12:15
t3: 13:00
t4: 18:00
number of users: 1159

```

Het type gebruiker is afhankelijk van de functionele ruimte. De verschillende type gebruikers kunnen worden gedefinieerd door ofwel de *user_non_res* (zoals kantoormedewerkers, schoonmakers) of door de bestaande *user_home* (zoals hotelgasten). De bestaande *user_home* kan ook slechts deels worden gebruikt. Voor hotelgasten wordt bijvoorbeeld alleen onderscheid gemaakt tussen zakelijke gasten en toeristen. Daarvoor is het mogelijk om respectievelijk alleen de 'user' types *work_ad* en *home_ad* te definiëren, en *child*, *teen* en *senior* niet te gebruiken.

2.3.2 Relatie type gebruikers en waterverbruik

In geval er sprake is van niet-huishoudelijke verbruikers zullen de duur en volumestroom niet afhangen van leeftijd, geslacht of aantal gebruikers. Volumestroom en duur kunnen nog wel statistisch worden gedefinieerd.

De frequentie van verbruik wordt nog steeds per persoon opgegeven. Het aantal tappingen wordt per persoon bepaald en vervolgens gesommeerd. Voor iedere tapping wordt vervolgens bepaald wanneer op de dag deze plaatsheeft. Bijvoorbeeld wanneer iedere kantoormedewerker gemiddeld 4 maal per dag het toilet doorspoeld zal bij een totaal van 100 medewerkers en een veronderstelde Poisson-verdeling 90% van het totaal aantal tappingen tussen 370 en 430 liggen.

2.3.3 Aantal gebruikers

Het aantal gebruikers in huishoudens wordt bepaald met behulp van *householdStats*. Daarin staat informatie over het aantal eenpersoonshuishoudens, het aantal meerpersoonshuishoudens zonder kinderen (in de praktijk tweepersoonshuishoudens) en het aantal meerpersoonshuishoudens met kinderen.

Bij de niet-huishoudelijke gebruikers moet het aantal gebruikers op een andere manier worden bepaald. Om zoveel mogelijk flexibiliteit te houden en niet voor iedere functionele ruimte een ander type gebruikersgroep te definiëren bevat de *nonresStats* informatie over het absolute aantal gebruikers, en niet over de statistische verdeling. De statistische verdeling wordt daarom buiten SIMDEUM vastgelegd en voor iedere simulatie wordt dan het totaal aantal gebruikers opnieuw bepaald. Per functionele ruimte

geldt een andere statistische verdeling; deze wordt in de hoofdstukken hierna expliciet behandeld in de paragrafen "bezettingsgraad".

Voor hotelkamers wordt de *householdStats* gebruikt, maar op een aangepaste manier. De kamers zijn voor één of twee personen, maar kunnen ook leeg zijn. De aanpassing zit erin dat het gemiddeld aantal personen per 'household' (hotelkamer) kleiner dan 2 is, zodat ook in SIMDEUM de kamers bezet worden door 0, 1 of 2 personen.

2.4 Tijdstippen van verbruik

Voor de kans op waterverbruik over de dag is het van belang om inzicht te krijgen in de tijden van aanwezigheid (met t_1 begin en t_4 eind van aanwezigheid, zie §2.3) en de tijden van verhoogd verbruik (bijvoorbeeld de lunchpauze, bepaald door t_2 en t_3 , zie §2.3). Voor specifieke gebruikers zal dit moeten volgen uit enquêtes.

Voor het modelleren van kantoren, hotels en zorginstellingen worden drie hoofdtype gebruikers onderscheiden, te weten werknemers, bezoekers (verblijven relatief kort in restaurant, conferentie, ziekenhuis) en gasten (overnachten in restaurant, ziekenhuis). In Tabel 2-2 is een voorbeeld gegeven van de tijdstippen die de kans op waterverbruik bepalen voor de verschillende type gebruikers. Werknemers en bezoekers worden gedefinieerd als niet-huishoudelijke gebruikers, gasten zijn huishoudelijke gebruikers (omdat zij een meer huishoudelijk soort waterverbruik vertonen en omdat er per ruimte slechts enkele gasten zijn); $t_1 - t_4$ zijn voor gasten dus slechts indicatief.

Tabel 2-2 Voorbeeld van de tijdstippen die de kans op waterverbruik bepalen voor verschillende type gebruikers.

type gebruiker	voorbeeld invulling	t_1	t_2	t_3	t_4
werknemer	kantoor-medewerkers	start: tussen 6:00 en 9:00	pauze: tussen 12:00 en 13:00 (0,5 - 1 uur)		eind: na 9 uur vanaf start (eventueel deeltijd)
	schoonmakers	start: 's morgens vroeg of na sluitingstijd	x		eind: 2-3 uur na start
	ploegendienst	start: 7:00, 15:00, 23:00	pauze: 4 uur na start		eind: 8 uur na start
bezoeker	restaurant (hotel)	binnenkomst	x		vertrek
	conferentie (hotel/kantoor)	binnenkomst: 8:00 - 10:00	x		vertrek: 14:00 - 17:00
	ziekenhuis (ziekenbezoek)	binnenkomst: bezoektijden	x		vertrek: bezoektijden
	ziekenhuis (dag-behandeling)	binnenkomst: 7:00 - 15:00	x		vertrek: 1 - 3 uur na binnenkomst
gast	hotel (zaken), ontbijt tussen 7:00 en 10:00	opstaan: 0,5-1 uur voor start ontbijt (7:00)	weg: 1-1,5 uur na aanvang ontbijt	terug: 18:00 - 23:00	naar bed: 23:00 - 0:00
	hotel (toeristen)	opstaan: 2-1,5 uur voor eind ontbijt (10:00)	weg: 1-1,5 uur na aanvang ontbijt	terug: 16:00 - 20:00	naar bed: 23:00 - 1:00
	ziekenhuis	opstaan	x		naar bed
	penitentiaire inrichting	opstaan	x		naar bed

Het tijdstip van waterverbruik kan ook afhangen van andere zaken dan aanwezigheid van gebruikers. In huishoudens bijvoorbeeld is geconstateerd dat gebruik van (af)wasmachine kan samenhangen met nachtstroom en gebruik van de keukenkraan hangt samen met tijdstippen van maaltijden. In SIMDEUM is dit opgelost door ook aan bepaald type installatie een waarschijnlijkheidscurve over de dag toe te voegen. Dit kan ook voor niet-huishoudelijke verbruiken worden gedaan, wanneer er van bepaalde apparaten informatie is over het gebruik over de dag.

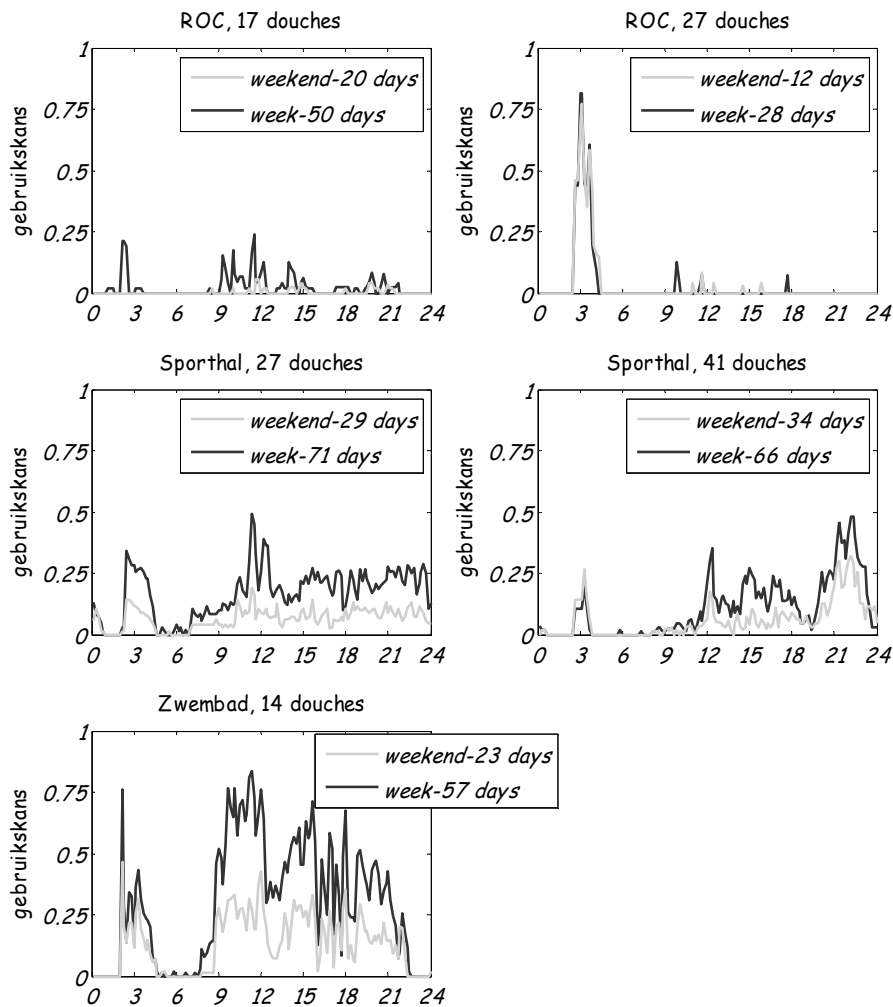
2.4.1 Douche

Gebouweigenaren van prioritaire gebouwen met collectieve waterleidinginstallaties zijn wettelijk verplicht de risico's van *Legionella* besmetting te inventariseren en een beheersplan op te stellen. Prioritaire gebouwen betreffen onder andere gebouwen met logiesfunctie, zorgcentra, badinrichtingen en kampeerterreinen en jachthavens. Uit RIVM-rapport 703719020 (Versteegh, 2007) blijkt dat in 2005 of 2006 bij 39% van de zorginstellingen, 28% van de zwembaden en 12% van de hotels *Legionella* is aangetroffen. Ongeveer 35% van de zorginstellingen, 50% van de zwembaden en 30% van de hotels had in 2005/2006 een volledig beheersplan. N.B. kantoren hebben geen wettelijke plicht tot preventiemaatregelen en worden dus niet door de inspectiedienst gecontroleerd; wel hebben ze een zorgplicht en kunnen dus ook een beheersplan hebben. Een van de onderdelen van een beheersplan is bijvoorbeeld thermische beheersing; dat wil zeggen dat de installatie gedurende een bepaalde tijd met heet water wordt doorgespoeld. Dit gebeurt meestal 's nachts zodat de reguliere gebruikers van douches geen hinder ondervinden. Om aan te tonen dat het beheersplan ook wordt uitgevoerd wordt bijvoorbeeld op weekbasis gemeten hoe vaak de douches worden gebruikt. Een inventarisatie van deze gegevensverzameling biedt mogelijkheden om het gebruik van douches over de dag in kaart te brengen.

Leverancier De Melker verzamelt voor een aantal gebouwbeheerders de douchegegevens. Voor telkens 10 dagen wordt per 10 minuten gelogd gedurende hoeveel minuten de douchegroep wordt gebruikt. Een douchegroep kan uit 40 douches bestaan, er is dus niet direct duidelijk hoeveel van deze 40 douches gedurende hoe lang exact worden gebruikt. Wel kan worden vastgesteld wat de kans is dat een van de douches over de dag gebruikt wordt.

In Figuur 2-1 is te zien dat de douches in zwembad en sporthal gedurende de hele dag worden gebruikt en op de Regionale Opleidings Centra (ROC's) nauwelijks.

- Sporthal: kans ongeveer 0,25 (in het weekend iets lager) tussen 8:00 en 0:00.
- Zwembad: kans ongeveer 0,5 (in het weekend lager) tussen 8:00 en 21:00.
- ROC: kans ongeveer 0,05 tussen 8:00 en 21:00.
- Bovendien wordt rond 3:00 uur 's nachts op enkele dagen een automatische spoeling gestart (thermische beheersing in verband met het verkleinen van het risico op *Legionella*).



Figuur 2-1 Kans op gebruik van douche over de dag in twee ROC's (1 groep van 17 douches; 6 groepen van 7, 7, 6, 6, 1 en 1 douches) en twee sporthallen (1 groep van 26 douches; 2 groepen van 39 en 2 douches) en een zwembad (3 groepen van 11, 2 en 1 douches).

2.5 Type tappunten: volumestroom, duur en frequentie van verbruik

De bestaande type tappunten in huishoudens hebben verschillende kenmerken die van belang zijn in de opbouw van het model. Uit Tabel 2-3 blijkt dat voor het model de wasmachine en afwasmachine precies gelijk zijn, en ook de buitenkraan en de wastafelkraan worden gelijk gemodelleerd. Er is eerder gekozen om deze tappunten toch een eigen type te maken, omdat dit meer duidelijkheid gaf en het tevens eenvoudiger was om de frequentie van verbruik van een bepaald type verbruik over meerdere subtypes te verdelen (bijvoorbeeld bij aanwezigheid van twee toiletten wordt de gemiddelde frequentie van zes keer per dag over beide toiletten verdeeld).

Tabel 2-3 Kenmerken van type tappunten in SIMDEUM.

Type tappunt	Penetratiegraad	Tijdstip van verbruik	Frequentie van verbruik	Duur per verbruik	Volumestroom per verbruik	
toilet			Poissonverdeling	Vaste duur, wel mogelijk met spoelonderbreking	Vaste Q	
douche			Binomiale verdeling	χ^2 -verdeling	Vaste Q	
wasmachine	Geen verschil in model	Geen verschil in model	Poissonverdeling voor totale huishouden	Vast patroon	Uniforme verdeling (max. Q gegeven)	
vaatwasmachine						
keukenkraan			Lognormale verdeling (μ en σ gegeven) per huishouden.			Lognormale verdeling (μ gegeven, $S = 1$)
badkamer kraan			Poissonverdeling			
buitenkraan						
bad			Poissonverdeling	Vaste duur	Vaste Q	

Bij de uitbreiding naar niet-huishoudelijk waterverbruik is eerst vastgesteld welke type tappunten gemodelleerd moeten worden (zie Tabel 2-4). Nieuw ten opzichte van huishoudelijke type tappunten is de koffieautomaat. Kenmerk van de koffieautomaat is een frequentie van gebruik per persoon en een vaste duur en vaste volumestroom. Dit zijn dezelfde kenmerken als van het type tappunt *bath*. Omdat het bad als tappunt over het algemeen niet voorkomt in de utiliteitsbouw (in elk geval niet in de eenheid waarin zich koffieautomaten bevinden) kan deze worden 'misbruikt' om de koffieautomaat mee te modelleren. Er wordt dan geen nieuw type tappunt geïntroduceerd.

Tabel 2-4 Tappunten die voorkomen in de verschillende type functionele ruimtes

	bijeenkomst-ruimte	logies	restaurant	was/spoel	sportfac.	schoonmaak
toilet	x	x			x	
urinoir	x					
kraan	x	x	x	x	x	x
douche		x			x	
bad		x				
vaatwasmachine			x			
koffieautomaat	x		x			
waterautomaat	x		x			
keukenapparatuur (schilmachine)			x			
wasmachine				x		

De invulling van de verschillende subtypes is wel aangepast. Dit vergt geen aanpassing van de code, alleen van de invoerparameters. In de volgende subparagrafen worden de subtypes beschreven.

2.5.1 Toilet en urinoir

Toiletten in utiliteitsbouw zijn over het algemeen niet anders dan in huishoudens; zie Tabel 2-5 voor volumestroom en duur van de tapping.

Tabel 2-5 Type toiletten, volumestroom en duur van de tapping (Blokker 2006b; Blokker e.a. 2007).

Type toilet	spoelonderbreker	Volume (l)	Volumestroom (l/s)	Vultijd (min)	
Hoge stortbak	Nee	9	0,042	3,6	
Lage stortbak	Normale capaciteit	Ja	4,5	0,042	1,8
		Nee	9	0,042	3,6
	Zuinige capaciteit	Ja	3	0,042	1,2
		Nee	6	0,042	2,4
Urinoir	Nee	1,5	0,167	0,15	

De frequentie van toiletgebruik in huishoudens is ca. 6 keer per dag (Poissonverdeeld). Er blijkt niet dat mensen die langer thuis zijn vaker naar het toilet gaan dan mensen die minder lang thuis zijn (Foekema, 2008). Dat wil zeggen dat mensen die bijvoorbeeld 40 uur per week op een kantoor werken niet minder vaak thuis naar het toilet gaan, omdat ze al op kantoor van het toilet gebruik hebben gemaakt. Voor niet-huishoudelijk verbruik zijn geen cijfers bekend over de frequentie. Op basis van gezond verstand zijn de volgende aannames gedaan:

- De frequentie in hotels zal wellicht iets lager dan 6 keer per dag zijn, omdat men weinig tijd per dag in de hotelkamer doorbrengt.
- In ziekenhuizen is de frequentie wellicht iets hoger, omdat zieke mensen mogelijk vaker naar het toilet gaan.
- De frequentie voor kantoorpersoneel is geschat op 4 keer per dag; voor mannen is dit verdeeld over toilet en urinoir (de juiste verdeling wordt verder onderzocht in hoofdstuk 7.1.2).

2.5.2 Kraan

De volumestroom die voor de keuken-, badkamer- en buitenkraan wordt opgegeven in SIMDEUM is de maximale volumestroom. Het model veronderstelt een uniforme verdeling tussen 0 en dit maximum en hieruit wordt een random volumestroom bepaald. Omdat hier een uniforme verdeling wordt verondersteld, is het gemiddelde gelijk aan de helft van het maximum, zie Tabel 2-6.

Tabel 2-6 Volumestroom kranen en spoeldouches. De werkelijke maximale volumestroom is afhankelijk van de voordruk. Bron: rostotaaal.nl.

Type kraan	Volumestroom (l/s)		opmerking
	Min	Max	
Huishoudelijke keukenkraan	0,25		koud+warm water
Huishoudelijke wastafel-/ badkamerkraan	0,167		koud water
	0,25		koud+warm water
Grootdebiet	0,25	1	Intensief gebruik, snel vullen van ketels, potten, wasbakken, enz.
Spoeldouche	0,183	1	
Projectkranen	0,500	0,583	
Standaard	0,100		
Waterbesparend/infrarood	0,017		Wastafel

De tapduur die voor de keuken-, badkamer- en buitenkraan wordt opgegeven in SIMDEUM is de gemiddelde duur. Het model veronderstelt een lognormale verdeling met $S = 1$ en $M = \ln(\mu) - \frac{1}{2}$; hieruit wordt een random tapduur bepaald. De gemiddelde duur is afhankelijk van de toepassing:

- Consumptie: 15 seconden.
- Handenwassen: 10 seconden.
- Tandenspoetsen: 16 seconden.
- Wassen: 40 seconden.
- Schoonmaak: 45 seconden.
- Overig: 50 seconden.

Bij het schoonmaken van een groot gebouw worden vele emmers gevuld. In dat geval is het openen van de kraan veel minder onderhevig aan variatie in volumestroom en duur; de emmer moet ten slotte gevuld worden. In dat geval kan bijvoorbeeld gekozen worden om het verbruik aan de kraan op een andere manier te modelleren: niet als keukenkraan, maar bijvoorbeeld als 'wasmachine' met een specifiek emmervulpatroon.

De frequentie van verbruik is afhankelijk van de functionele ruimte.

- De algemene kraan in een logiesruimte fungeert als de badkamerkraan van huishoudens en voor een deel van het verbruik dat in huishoudens aan de keukenkraan plaatsheeft. Op basis daarvan wordt de frequentie van verbruik geschat op 6 per dag, met een Poisson-verdeling, d.w.z. dat in SIMDEUM een *bathroom tap* wordt gebruikt.
- In een bijeenkomstruimte bevinden zich toiletten met de mogelijkheid tot handenwassen. De frequentie wordt gelijk verondersteld aan het aantal toiletspoelingen (namelijk 4, zie §2.5.1).

2.5.3 Koffieautomaat en waterautomaat

Een koffieautomaat vult bekertjes van 0,2 liter in 20 tot 30 seconden; het reservoir wordt sneller aangevuld: in 5-10 seconden (Tabel 2-7). De volumestroom op het tappunt is dus ca. 0,04 l/s, de tappduur is 5 s. De gemiddelde frequentie van verbruik is geschat op 8 consumpties koffie, thee of water per persoon per dag.

Tabel 2-7 Aanmaak- en vultijden koffieautomaten, bron: *cafebar.nl*, *rvstotaal.nl*

	Tijd (s)	
	Aanmaak	Vullen reservoir
Koffie en dergelijke	20-30	5-10
Heet water	5-10	5-10
Koud water/ instant frisdrank	5-10	5-10

2.5.4 Afwasmachine

De afwasmachines die in professionele keukens worden toegepast wijken wat betreft waterinname sterk af van de huishoudelijke afwasmachines. In grootkeuken-afwasmachines wordt een groot deel van het afwaswater gefilterd en hergebruikt. Alleen voor de laatste spoelgang(en) wordt leidingwater getapt. In Tabel 2-8 staan gegevens voor twee verschillende afwasmachines. Met behulp van de informatie van *rvstotaal.nl* (Tabel 2-8 en Figuur I-1 in bijlage I) kan een tappatroon van een afwasmachine worden geconstrueerd voor restaurants, kantines en grootkeukens:

In een kantine wordt na 4 seconden gedurende 12 seconden water ingenomen met 0,2 l/s, daarna 4 seconden niet. Een cyclus duurt dus 20 seconden en verbruikt 3 liter.

Tabel 2-8 Kentallen voor het waterverbruik van grootkeuken afwasmachines (*dw=dishwasher*). Bron: *rvstotaal.nl*

	Eenheid	dw1	dw2
Duur totaal wasprogramma's	s	50	312
Duur naspoeltijd	s	14	72
Maximum aantal korven per uur	-	200	50
Waterverbruik per korf	l	2	14

2.5.5 Wasmachine

De wasmachines die in hotels en zorginstellingen worden toegepast wijken wat betreft waterinname sterk af van de huishoudelijke wasmachines. Vaak is er een toevoer van zowel koud als warm water. Over het algemeen neemt het waterverbruik per kilo wasgoed af bij grotere machines. In Tabel 2-9 staan gegevens van drie industriële wasmachines.

Tabel 2-9 Kentallen van drie professionele wasmachines (wm=wasmachine). Bron: *rvstotaal.nl* (Electrolux)

	Eenheid	wm 1	wm 2	wm 3
Capaciteit in wasgoed	kg	6	33	120
Trommel inhoud	l	53	302	1100
Totale tijd	min	46	48	45
Waterverbruik koud	l	52	202	850
Waterverbruik warm	l	9	52	153

2.5.6 Douche en bad

De volumestroom van een douche hangt o.a. af van de capaciteit van het warmwaterapparaat (Tabel 2-10). Voor het bad wordt 0,2 l/s aangehouden. In een hotel zullen vergelijkbare getallen als voor huishoudens gelden. In hotels is soms ook een bidet aanwezig; hiervoor kan 0,083 l/s voor koud+warm water worden aangehouden.

Tabel 2-10 Volumestroom huishoudelijke douches.

	Waterbesparende douchekop	Gemiddelde volumestroom (l/s)
Keukengeiser	ja	0,097
	nee	0,102
Badgeiser	ja	0,135
	nee	0,147
Totaal combiketel	ja	0,123
	nee	0,142
(Mini)boiler	ja	0,130
	nee	0,138
Comfortdouche	nee	0,365

De gemiddelde doucheduur thuis is 8,5 minuut, de statistische verdeling van de doucheduur is een χ^2 -verdeling. Wellicht dat in hotels douches iets langer openstaan. Voor een bad met een inhoud van 120 liter en een maximale volumestroom van 0,215 l/s voor een badmengkraan geldt dan een vultijd van het bad van iets meer dan 9 minuten.

Voor huishoudelijk gebruik van de douche geldt een gemiddelde frequentie van iets minder dan 1 per dag; en dit neemt nog altijd toe.

- Voor een hotel kan een frequentie van ongeveer 1 keer per dag worden verwacht.
- De douchefrequentie in kantoren zal veel lager zijn, niet elke werknemer maakt gebruik van de douche.
- De douchefrequentie in zorginstellingen is minder dan 1 keer per dag; uit tabel 5-5 (pagina 36) blijkt een gemiddelde van 0,2 per dag.

Voor het bad geldt in huishoudens (waar een bad aanwezig is) een gemiddelde frequentie van 0,064 per dag (ongeveer eens per 2 weken). Wellicht dat in hotels mensen vaker van het bad gebruik maken, vooral in toeristenhotels. Een frequentie van 0,2 zal worden aangehouden. Hiervoor is geen waarde in de literatuur terug te vinden.

3 Kantoren

3.1 Literatuuronderzoek waterverbruik kantoren

De sector kantoorhoudende dienstverlening bestaat uit een zeer diverse groep van dienstverlenende bedrijven die als belangrijkste gemeenschappelijke kenmerk hebben dat de werkzaamheden hoofdzakelijk in een kantooromgeving worden verricht. De diversiteit van de sector blijkt voornamelijk uit het aantal werknemers per bedrijf (van één tot tienduizenden) en de kwaliteit van de huisvesting (van den Ham, 1996). In Tabel 3-1 is een overzicht gegeven van de grootte van de bedrijven binnen deze sector in 1994, ingedeeld naar type dienstverlening. De overheid is hierbij buiten beschouwing gelaten. Uit de tabel blijkt dat er een grote variëteit bestaat in het aantal werknemers van de kantoren, ook binnen dezelfde sector. In 2008 is een nieuwe indeling gemaakt, die echter pas in 2009 gepubliceerd wordt.

Tabel 3-1 Grootteklasse van bedrijven binnen de sector kantoorhoudende dienstverlening (excl. overheid) en werkzame beroepsbevolking in 1994 (van den Ham, 1996).

SBI code'93	Sector naam	Aantal bedrijven binnen grootteklasse [aantal werknemers]							werkzame beroepsbevolking [x1000]
		0 ^a	1-4	5-19	20-99	100-499	> 500	totaal	
65	Financiële instellingen	16454	1357	188	106	32	17	18154	124
66	Verzekeringswezen en pensioenfondsen	1288	349	140	89	53	20	1939	55
67	Activiteiten tbv of verwant aan financiële instellingen	17994	5969	910	219	29	5	25126	32
70	Verhuur van en handel in onroerend goed	23704	4965	1029	457	40	2	20197	61
71	Verhuur van roerende goederen	4310	1623	372	86	17	1	6409	18
72	Computerservice- en informatietechnologiebureau e.d.	9532	2414	715	253	43	8	12965	52
73	Speur en ontwikkelingswerk	483	263	117	55	19	3	940	25
74	Overige zakelijke dienstverlening	59918	20802	5763	1882	392	92	88849	493

ad ^a: grootteklasse bij bedrijven 0 betekent bedrijven zonder personeel (eenmansbedrijven of papieren BV's)

Om een beeld te krijgen van het totale waterverbruik in kantoren zijn verschillende bronnen beschikbaar (zie Tabel 3-2), zoals ISSO publicatie 55 (ISSO, 2001) en VDI richtlijnen 3807 (VDI, 2000). Daarnaast zijn op internet zijn de resultaten van drie benchmarks beschreven. Het waterverbruik in kantoren is 8 [m³/p.jaar] voor een conventioneel kantoor en 3 [m³/p.jaar] voor een eco-kantoor. Dit komt bij 225 werkdagen overeen met respectievelijk 36 [l/p.dag] en 13 [l/p.dag] (Wever, 2005; Triodos, 1999).

Tabel 3-2 Richtlijnen voor waterverbruik in kantoren

Bron	Waterverbruik (l/persoon.dag)		
	min	gem	max
ISSO-55 richtlijn, 2001	-	20	-
VDI richtlijn Duitsland, 2000	21	31 (mediaan)	180
Benchmark bouw, 2003 (sbr.nl)	18	55	-
Benchmark overheid, 2006 (milieubarometer.nl)	16	40	62
Benchmark overheid, 2007 (milieubarometer.nl)	16	45	76

De VDI-richtlijn is gebaseerd op enquêtegegevens uit de jaren 1992 en 1993 van circa 500 kantoorgebouwen in West-Duitsland. Uit deze gegevens blijkt dat bij gebouwen met veel technische apparatuur, waaronder airconditioning en aanwezigheid van koeling voor computercentra, het waterverbruik sterk kan toenemen.

Over het jaar 2006 en 2007 is door een samenwerkingsverband van overheidsinstanties in Nederland (milieubarometer.nl, 2008) een milieu-benchmark van overheidskantoren uitgevoerd. In 2007 waren hierbij 43 overheidskantoren betrokken (27 gemeentelijk, 7 provinciaal, 6 landelijk, 2 milieudiensten, 1 waterschap). Veel van de deelnemende kantoren hebben behalve kantoren, ruimte voor een publieksbalie, trouwzaal, raadszaal en andere vergaderplekken. Ook hebben de meeste kantoren een kantine. De leeftijd van de gebouwen is gespreid; zowel enkele hele nieuwe panden als zeventigerjaren panden en een enkel monumentaal pand uit vroeger eeuwen deden mee. Ten opzichte van 2006 deden meer grotere kantoren mee aan het onderzoek in 2007.

SBR.nl (kennis- en informatiecentrum voor de bouw) geeft de kentallen op basis van de jaarcijfers van 2003 van 57 bouwbedrijven verspreid over heel Nederland die een kantoor en/of een kleine werf/(timmer)-werkplaats hebben. In de totstandkoming van de kentallen is het aantal medewerkers omgerekend naar het aantal dat fulltime aanwezig is op kantoor of in de werkplaats (fte). Het waterverbruik blijkt met name afkomstig van sanitair en schoonmaak.

De gemiddelde waarden in de richtlijnen voor waterverbruik vermeld in ISSO-51 en VDI-3807 zijn lager dan de waarden die in de benchmarks zijn gemeten.

De richtlijnen en benchmarks zijn beperkt toepasbaar voor het doel van de huidige studie. De gemeten waterverbruiken geven slechts een grove schatting van het bereik van waterverbruik per werknemer per dag in diverse kantoorgebouwen. Maxima op kortere tijdbasis, bijvoorbeeld per uur of per vijf minuten zijn niet in de literatuur beschikbaar.

3.2 Waterverbruik op basis van de enquêtes

Uit de enquêtes van zeven kantoren is informatie verzameld over het totale waterverbruik, de installatie en het gebruik van de installatie. Tabel 3-3 geeft een overzicht van algemene kentallen en waterverbruik per persoon.

Tabel 3-3 Algemene gegevens van geënquêteerde kantoorgebouwen

kantoor	Enquête/ Berekend	A	B	C	D	E	F	G
aantal medewerkers	E	1500	180	473	350	94	210	176
aantal mannen	E	75%	72%	60%	77%	54%	71%	80%
aantal vrouwen	E	25%	28%	40%	23%	46%	29%	20%
gem. aantal bezoekers/dag	E	91	20	50	50	10	30	10
gemiddeld aantal personen in gebouw	B	1311	160	397	322	82	198	163
waterverbruik (m ³ /jaar)	E	41653	720	1972	2200	520	1600	2200
waterverbruik (m ³ /persoon.jaar)	B	31,8	4,5	5,0	6,8	6,3	8,1	13,5
waterverbruik (l/persoon.dag) (225 werkdagen)	B	141	20	22	30	28	36	60

Het waterverbruik van de kantoren B t/m G komt overeen met de literatuurwaarden van Tabel 3-2 en ligt binnen de grenzen van de benchmark van 2007 (16-76 [l/p.dag]). De meeste kantoren hebben zelfs een waterverbruik onder het gemiddelde van de benchmark en het kental voor een conventioneel kantoor van ongeveer 40 [l/p.dag]. Kantoor A heeft een bijzonder hoog waterverbruik, wat nog wel binnen het maximaal verbruik van de VDI richtlijn ligt.

Het extra waterverbruik van kantoor A kan mogelijk worden toegeschreven aan:

- waterverbruik voor koeling van kantoor- en computerruimtes,
- waterverbruik voor klimaatbeheersing/luchtbevochtiging
- een ander lunchcultuur en uitgebreide restaurantfaciliteiten en
- frequent gebruik van een fitnessruimte waar ook gedoucht wordt.

Op basis van deze gerichte enquêtes zijn de invoergegevens voor SIMDEUM bepaald.

3.3 Invoergegevens SIMDEUM

3.3.1 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip van gebruik

In kantoren zijn verschillende functionele 'ruimtes' gedefinieerd afhankelijk van het type waterverbruik, zoals een bijeenkomstruimte met kantoorpersoneel, een keuken, de schoonmaakploeg en een douche. De functionele ruimtes, de bijbehorende type gebruikers en de bloktijden van bezetting van de kantoren zijn weergegeven in Tabel 3-4.

Tabel 3-4 De functionele ruimtes, met bijbehorende type gebruikers en bloktijden voor een kantoor

Functionele ruimte	Type gebruiker	Bloktijden kantoor			
		t1	t2	t3	t4
Bijeenkomstruimte /pantry	Kantoormedewerkers en bezoekers	aanvang werk	start lunch	eind lunch	eind werk
Keuken	Keukenpersoneel	aanvang werk	tijdens lunch	na lunch	eind werk
Fitnessruimte	Sporters	afh. van kantoor: voor aanvang werk, tijdens lunch of na afloop werk			
Schoonmaak	Schoonmaakteam (s)	afh. van kantoor: tijdens kantooruren, eind van de dag of in meerdere teams			

3.3.2 Functionele ruimtes: tappunten

De tappunten die aanwezig zijn in elke functionele ruimte zijn met hun specificaties weergegeven in Tabel 3-5.

Tabel 3-5 Tappunten in de functionele ruimtes van kantoor met de bijbehorende volumestroom, duur van volumestroom, frequentie en temperatuur (schattingen)

functionele ruimte	tappunt ^a	D (s)	Q (l/s)	freq. (dag ⁻¹)	temp (°C)	gemiddeld verbruik (l/persoon.dag)	opmerkingen	
bijeenkomst-ruimte/pantry	wc dames	144	0,042	4	10	14,5	Waterbesparende toiletten: 20% volledige tapduur, 80% halve tapduur	
	wc heren ^b	144	0,042	1	10	3,6		
	urinoir	9	0,167	3	10	2,3		
	wastafel	16	0,083	4,5	10	3,0		Q _{gemiddeld} =Q/2
	koffie/thee	10	0,02	5	10	1,0		
	water drinken	10	0,02	3	10	0,6		
keuken	keukenkraan koud	15	0,167	varieert (gemiddeld)	10	^c	frequentie is afhankelijk van aantal couverts én aantal keukenpersoneel	
	keukenkraan warm	60	0,083	varieert (laag)	55	^c		
	vaatwasmachine patroon	15	0,2	varieert	10	^c		frequentie is afhankelijk van aantal couverts én aantal keukenpersoneel ^d
fitnessruimte	douche	480	0,12	1	40	^e	Niet alle medewerkers maken hier elke dag gebruik van	
schoonmaak	koud water	40	0,8	varieert (laag)	10	^f		
	warm water	40	0,8	varieert (gemiddeld)	60			

ad ^a: er zijn meerdere toiletgroepen, douches en vaatwasmachines – het gebruik wordt daarover verdeeld, zodat ook gelijktijdig gebruik kan plaatshebben.

ad ^b: de verhouding voor de frequentie van toilet en urinoir gebruik voor mannen is afgeleid uit de gevoeligheidsanalyse beschreven in paragraaf 7.1.2.

ad ^c: het gemiddelde verbruik per persoon is afhankelijk van de variërende frequentie (die afhangt van het aantal lunches en van het keukenpersoneel) en van het aantal mensen dat gebruik maakt van de lunch in de kantine.

ad ^d: de frequentie van de vaatwasmachine is op de volgende manier berekend:

$$F_{dishwasher} = \frac{n_{gasten} \cdot F_{basis}}{n_{keukenpersoneel}}$$

waarin:

$F_{dishwasher}$ = frequentie van de vaatwasmachine tijdens de lunch

n_{gasten} = aantal gasten in de bedrijfskantine

F_{basis} = basisfrequentie van de vaatwasser voor lunch, $F_{basis,lunch} = 0,3$
Deze basisfrequentie is geschat op basis van korven van 50x50 cm

$n_{keukenpersoneel}$ = aantal mensen dat in keuken werkzaam is

ad ^e: omdat de douche slechts door een beperkt aantal medewerkers wordt gebruikt is het gemiddelde waterverbruik afhankelijk van dit aantal.

ad ^f: de frequentie en het gemiddelde waterverbruik door de schoonmaak varieert per kantoor.

3.3.3 Bezettingsgraad

De bezetting van kantoren varieert per dag, doordat medewerkers in deeltijd werken of telewerken. Het percentage bedrijven met telewerkers varieert met het aantal werknemers en per sector. In 2007 had gemiddeld 48% van de bedrijven met 10 of meer personen telewerkers in dienst. Bij meer dan 250 medewerkers liep dit aantal op tot 90% van de bedrijven. Bij kleinere bedrijven, met minder dan 50 werknemers, was het aandeel bedrijven met telewerkers 43% (CBS, 2008). Het aantal medewerkers dat telewerkt heeft natuurlijk invloed op het waterverbruik van het kantoor. Omdat binnen de bedrijven niet bekend is hoeveel medewerkers telewerken en hoeveel uur, is het momenteel niet mogelijk om variabele bezetting van kantoren door telewerken in SIMDEUM in te bouwen. Telewerken is echter een belangrijk element om in de toekomst mee te nemen in de voorspelling van het waterverbruik van kantoren. Dit is gebaseerd op de trend in het telewerken. De afgelopen vier jaar is het aantal telewerkers namelijk verdubbeld (CBS, 2008). Daarnaast blijkt uit een onderzoek van de FNV dat mensen verwachten meer te gaan telewerken in het komend jaar (Beffers en Van den Brink, 2008).

De variabele bezetting als gevolg van deeltijdarbeid is wel opgenomen in de simulatie van het waterverbruik met SIMDEUM. Hiervoor moet bekend zijn welk percentage van de mannen en vrouwen in deeltijd werkt, hoeveel uur en op welke dagen ze aanwezig zijn. Deze gegevens zijn verzameld uit het tijdsbestedingonderzoek van 2000 uitgevoerd door het sociaal cultureel planbureau (www.tijdsbesteding.nl). Recentere data zijn verzameld in het tijdsbestedingonderzoek van 2005. Deze data zijn echter pas vanaf oktober 2009 beschikbaar. Het tijdsbestedingonderzoek bestaat uit een basisvragenlijst en een tijdsbestedingsdagboek, waarin elk kwartier genoteerd wordt waar de persoon mee bezig is. Met de resultaten van de basisvragenlijst zijn uit de leeftijdsgroep 18-65 jaar de mannen en vrouwen geselecteerd die betaald werk hebben. Personen die als zelfstandige of binnen een familiebedrijf werkzaam zijn, zijn uit de groep verwijderd. Dit resulteerde in een groep van 718 werkende personen bestaande uit 346 mannen en 372 vrouwen. Binnen deze groep is per sekse gekeken hoeveel uur ze werken volgens contract. Daarnaast is uit de resultaten van het dagboek voor deze groep per sekse geanalyseerd hoeveel uur ze per dag buitenshuis werken.

In Figuur 3-1 a en b zijn de gegevens betreffende de arbeidstijd van de werkzame mannen weergegeven. Uit de figuur blijkt dat slechts 8% van de mannen minder dan 32 uur werkt. Binnen deze groep mannen kan de arbeidstijd worden weergegeven met een normale verdeling ($\mu=17,4$ en $\sigma=8,1$). In Figuur 3-1c is het gemiddelde aantal uur weergegeven dat door mannen op een dag in de week buitenshuis wordt gewerkt.

In Figuur 3-2a, is de verdeling van de arbeidstijd van vrouwen volgens hun contract weergegeven. Deze verdeling kan worden beschreven met een normale verdeling ($\mu=25,5$ en $\sigma=10,9$). In Figuur 3-2b is het gemiddelde aantal uur weergegeven dat door vrouwen op een dag in de week buitenshuis wordt gewerkt.

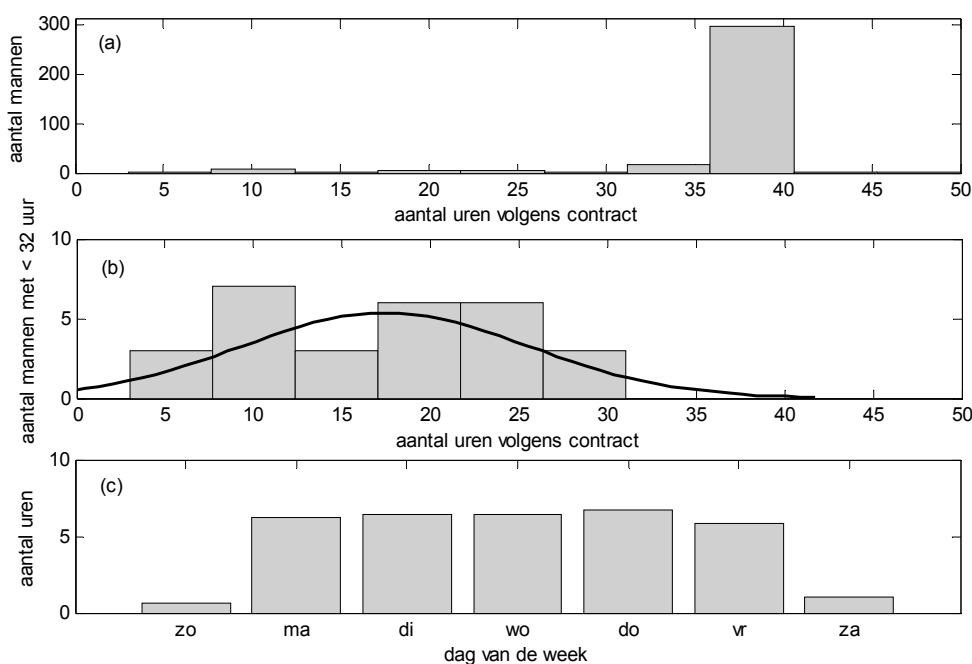
Met behulp van deze gegevens wordt voor de kantoren berekend hoeveel mensen op een bepaalde dag aanwezig zijn. Voor de simulatie van het waterverbruik met SIMDEUM is het totale aantal aanwezige mensen nodig en het percentage man/vrouw binnen de aanwezige mensen. Deze verhouding is van belang vanwege het toiletgebruik. Het toiletgebruik heeft namelijk een grote bijdrage in het waterverbruik van een kantoor en er is een duidelijk verschil in toiletgebruik/cultuur tussen mannen en vrouwen. Voor elk kantoor is in een enquête opgegeven hoeveel mannen en vrouwen werkzaam zijn binnen het bedrijf.

Het waterverbruik wordt voor 50 willekeurige dagen gesimuleerd. Er wordt aangenomen dat de gemiddelde bezetting van een kantoor 0.6 bedraagt met een standaard deviatie van 0.1. Voor elke simulatie wordt een bezettingsfactor getrokken uit deze verdeling. Vervolgens wordt voor iedere mannelijke en vrouwelijke werknemer bepaald of deze op de gesimuleerde dag aanwezig is. 92% van de mannen zijn aanwezig, omdat slechts 8% in deeltijd werkt. Dit betekent dat 92% van het, in de enquête opgegeven, aantal mannen elke dag 8 uur aanwezig is. Van de 8% overige mannen wordt voor iedere man random bepaald hoeveel uur hij werkt op basis van de verdeling in Figuur 3-1b. Dit aantal uur wordt begrensd tussen 12 en 48 uur (Bosch e.a., 2005). Het aantal uur wordt vervolgens uitgedrukt als factor van 40 uur. Is deze factor groter dan de bezettingsfactor van het kantoor dan is deze man

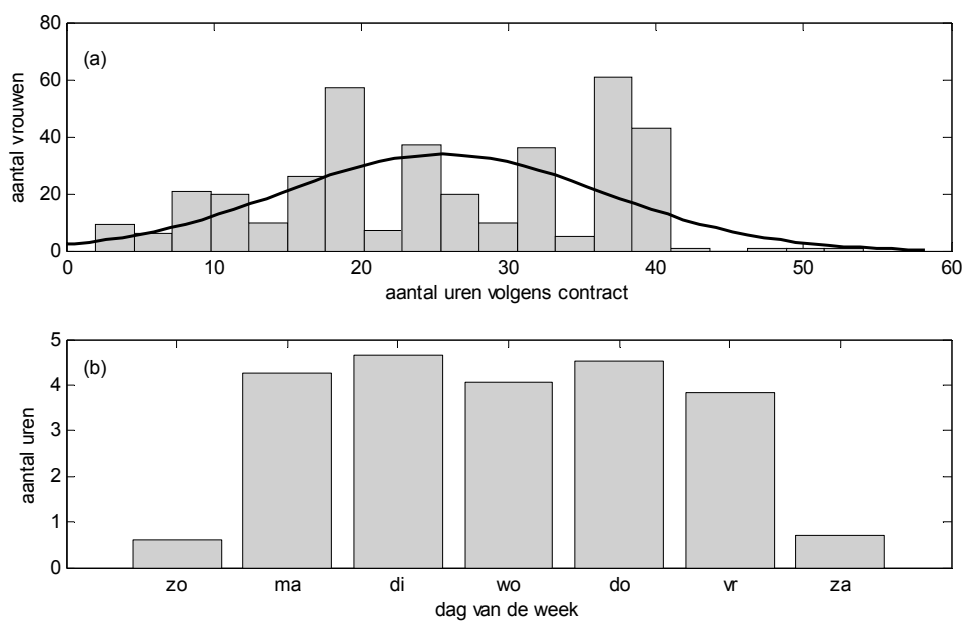
aanwezig, is de factor kleiner dan is de man niet aanwezig. Dezelfde procedure wordt gevolgd voor elke vrouwelijke medewerker van het kantoor, met de verdeling van Figuur 3-2.

Voor de gesimuleerde dag wordt het aantal bezoekers bepaald door het aantal random te berekenen uit het gemiddelde aantal bezoekers dat opgegeven is in de enquête (μ =enquête en $\sigma=0,2*\mu$). Van de bezoekers wordt aangenomen dat ze maximaal een halve dag aanwezig zijn. Daarnaast wordt verondersteld dat het percentage man/vrouw onder bezoekers dezelfde is als onder het kantoorpersoneel.

Op deze manier wordt een variabele bezetting van het kantoor verkregen. De bezetting varieert per dag in het totale aantal mensen dat aanwezig is en in de verhouding man/vrouw. Het totaal aantal mensen dat op de gesimuleerde dag aanwezig is en het percentage man/vrouw binnen de aanwezige mensen wordt vervolgens als invoer gebruikt voor de simulatie van het waterverbruik door SIMDEUM.



Figuur 3-1 Verdeling van de arbeidstijd van mannen volgens het contract (a), verdeling van het aantal uur dat mannen werken met een contract van < 32 uur (b), gemiddelde aantal uur dat mannen op een bepaalde dag buitenshuis werkt (c).



Figuur 3-2 Verdeling van de arbeidstijd van vrouwen volgens het contract (a), gemiddelde aantal uur dat vrouwen op een bepaalde dag buitenshuis werkt (b).

4 Hotels

4.1 Literatuuronderzoek waterverbruik hotels

Het aantal hotels in Nederland bedroeg op basis van gegevens van het Bedrijfschap Horeca en Catering in 2008 circa 3000. Een gemiddeld hotel heeft 33 kamers met in totaal 69 bedden. De helft van de hotels heeft meer dan 50 kamers en 100 bedden (www.hinc.databank.nl). De gemiddelde bedbezettingsgraad van hotels in Nederland bedroeg in 2006 circa 47 % (cbs.nl). Tabel 4-1 geeft een globaal overzicht van het waterverbruik bij hotels per bezet bed en restaurants per bezoeker volgens verschillende richtlijnen.

Tabel 4-1 Waterverbruik in hotels en restaurants

	bron	eenheid	waterverbruik [l/p.dag]		
			min	gem	max
luxe hotel	ISSO 2001 (tabel 15 - richtlijn)	per bezet bed	300	-	600
hotel	VDI 2000 (tabel 5 - metingen en richtlijn)	per bezet bed	235	-	255
restaurant	ISSO 2001 (tabel 15 - richtlijn)	per bezoeker	-	20	-
eenvoudig menu; 2-3 gangen	Usemann 2007 (schatting op basis van metingen)	per bezoeker	12	-	30
normaal menu; 3-4 gangen	uit tabel 1 en 25)		16	-	40
luxe menu; 5 of meer gangen			20	-	60

Uit de literatuur (ISSO, 2001; VDI, 2000 en Usemann, 2007) komen de volgende factoren voor het waterverbruik bij hotels en restaurants naar voren:

- onderscheid in soorten hotels; van eenvoudig pension tot vijfsterren hotel; of naar (hoofd)doelgroep van het hotel: bijvoorbeeld toeristen, theater, zaken of congres;
- kamerinrichting met waterverbruikende installaties zoals wastafel, douche, bad, keukenblok;
- de bezettingsgraad;
- aanwezigheid en gebruik van voorzieningen zoals café, bar, restaurants, vergaderzalen, partyruimtes, buitenterras, tuin, eigen wasserij, zwembad, sauna, fitness en sportfaciliteiten met douche;
- wijze van bereiding, hoeveelheid en soort maaltijden en drankenverstrekking;
- wijze van gebruik van watertappunten in de keuken en vaatwasmachines (hotfill-systeem en type grootkeuken vaatwasmachines);
- bijzonder verbruik voor bijvoorbeeld airconditioning of koeling van ruimtes;
- personeelsbezetting in verhouding tot aantal gasten;
- bedrijfsvoering en aandacht voor milieuzorg.

Er worden voor deze factoren geen kentallen gegeven.

Uit de literatuur blijkt dat er een grote variabiliteit mogelijk is in de typering van hotels. Doordat de hotels een ander karakter kunnen hebben, is het moeilijk om algemene gegevens uit de literatuur te extraheren.

4.2 Waterverbruik op basis van de enquêtes

Uit enquêtes bij vier hotels is informatie verzameld over het totale waterverbruik en de installatie in het hotel. De vier hotels verschillen sterk van karakter. Zo biedt één hotel overnachting aan studenten, die overdag een cursus kunnen volgen. Elke verdieping heeft in dit hotel een eigen keuken. Een ander hotel biedt veel extra voorzieningen, als grote zalen en een theater. In Tabel 4-2 is een overzicht gegeven van kentallen en waterverbruik per bezet bed.

Tabel 4-2 Algemene gegevens van geënquêteerde hotels

Hotel	Enquête/ Berekend/ Geschat	A	B	C	D
aantal medewerkers	E	39	56	300	110
aantal mannen	E	49%	43%	50%	64%
aantal vrouwen	E	51%	57%	50%	36%
FTE	E	23	42	300	70
aantal kamers	E	367	146	112	368
aantal bedden	E	423	292	224	736
bezettingsgraad kamers (week)	E	85%	70%	80%	73%
fractie 1 pers/bezette kamer (week)	G	0,80	0,60	0,60	0,60
bezettingsgraad kamers (weekend)	E	80%	83%	40%	64%
fractie 1 pers/bezette kamer (weekend)	G	0,60	0,40	0,40	0,40
gem. bezettingsgraad bedden	B	91%	54%	49%	51%
gemiddeld aantal logiesgasten/dag	B	385	158	110	376
waterverbruik (m ³ /jaar)	E	20686	13000	18060	26270
waterverbruik (m ³ /jaar.bezet bed)	B	53,8	82,5	164,1	69,8
waterverbruik (l/dag.bezet bed)	B	147	226	449	191

Het waterverbruik per bezet bed van hotel C wijkt sterk af van de overige hotels. Het extra waterverbruik wordt daar toegeschreven aan een relatief groot aantal extra bezoekers aan restaurants en zalen binnen dit gebouw. Daarnaast valt op dat de verbruiken in de hotels lager zijn dan die van een gemiddeld hotel volgens VDI 2000.

Op basis van deze gerichte enquêtes zijn invoergegevens voor SIMDEUM vastgesteld.

4.3 Invoerdata SIMDEUM

4.3.1 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip van gebruik

In hotels zijn verschillende functionele 'ruimtes' onderscheiden afhankelijk van het soort waterverbruik, zoals hotelkamers met hotelgasten, één of meerdere keukens, een bijeenkomstruimte of pantry voor het personeel en bezoekers, de schoonmaakploeg en douches buiten de douches op de hotelkamer. De functionele ruimtes, de bijbehorende type gebruikers en de tijdstippen van bezetting of gebruik zijn weergegeven in Tabel 4-3.

Tabel 4-3 De functionele ruimtes, met bijbehorende type gebruikers en bloktijden voor een hotel

Functionele ruimte	Type gebruiker	Tijdstippen en -duur hotel				Soort patroon
		t1	t2	t3	t4	
Hotelkamers	hotelgasten werk	7:00	8:30	9:00	8:00	household ^a
	hotelgasten vakantie	8:00	10:00	14:00	8:00	household
Keuken	keukenpersoneel	aanvang werk		eind werk		non_res ^b
	keukenpersoneel-ontbijt	aanvang werk		10:00		non_res
	keukenpersoneel-lunch	10:30		14:00		non_res
	keukenpersoneel-diner	15:00	17:00	20:00	eind werk	non_res
Bijeenkomst-ruimte/pantry	hotelpersoneel en bezoekers	8:00	10:00	20:00	23:00	non_res
	bezoekers-cursist/congres	9:00	12:00	14:00	16:00	non_res
	bezoekers-theater	19:30	21:30	22:00	23:00	non_res
Schoonmaak	schoonmaakteam	afhankelijk van hotel: ochtend, middag, avond				non_res
Douche	sporters	afhankelijk van hotel: ochtend, middag, avond				non_res

ad ^a: patroon household= tijd opstaan, tijd vertrek, duur afwezig, duur slaap

ad ^b: patroon non_res= tijd start, tijd start piek, tijd stop piek, tijd einde

4.3.2 Functionele ruimtes: tappunten

De tappunten die aanwezig zijn in elke functionele ruimte zijn weergegeven in Tabel 4-4 met hun specificaties.

Tabel 4-4 Tappunten in de functionele ruimtes van een hotel met de bijbehorende volumestroom, duur van volumestroom, frequentie en temperatuur (schattingen)

functionele ruimte	tappunt	D (s)	Q (l/s)	freq. (dag ⁻¹)	temp (°C)	gemiddeld verbruik (l/persoon.dag)	opmerkingen
hotelkamer	wc	144	0,042	4	10	14,5	Waterbesparende toiletten: 20% volledige tapduur, 80% halve tapduur
	douche	480	0,12	0,8	38	46,1	
	comfordouche ^a	480	0,365	0,8	38	140	
	wassen	40	0,083	1,2	38	2,0	Q _{gemiddeld} =Q/2
	tandenpoetsen	15	0,083	2,4	10	1,5	
	overig	45	0,083	2,4	10	4,5	
	bad	600	0,2	0,2	40	24,0	
	totaal hotelkamer						92,6
totaal luxe hotelkamer						186,5	met comfort douche
bijeenkomst-ruimte/pantry	wc dames	144	0,042	4 ^b	10	14,5	Waterbesparende toiletten: 20% volledige tapduur, 80% halve tapduur
	wc heren	144	0,042	1	10	3,6	
	urinoir	9	0,167	3	10	2,3	
	wastafel	16	0,083	4,5	10	3,0	Q _{gemiddeld} =Q/2
	koffie/thee	10	0,02	5	10	1,0	
	water drinken	10	0,02	3	10	0,6	
	totaal pantry						25
keuken	keukenkraan koud	15	0,167	varieert (gemiddeld)	10	c	frequentie is afhankelijk van aantal couverts én aantal keukenpersoneel
	keukenkraan warm	60	0,083	varieert (laag)	55	c	
	vaatwas machine patroon	15	0,2	varieert	10	c	frequentie is afhankelijk van aantal couverts én aantal keukenpersoneel ^d
schoonmaak	koud water	40	0,4	varieert (laag)	10	e	frequentie afhankelijk van grootte schoonmaakploeg
	warm water	40	0,4	varieert (hoog)	40		
douche	douche	480	0,12	0,8	38	f	

ad ^a: de soort douche die aanwezig is in een hotelkamer is niet duidelijk. De gevoeligheid van het voorspelde waterverbruik voor het type douche is beschreven in paragraaf 7.2.2 op pagina 58.

ad ^b: de frequentie van toilet bezoek in het theater is gesteld op 2.

ad ^c: het gemiddelde verbruik per persoon is afhankelijk van de variërende frequentie (die afhangt van het aantal couverts en van het keukenpersoneel) en van het aantal mensen dat gebruik maakt van het restaurant.

ad^d: de frequentie van de vaatwasmachine is op de volgende manier berekend:

$$F_{dishwasher,x} = \frac{n_{gasten,x} \cdot F_{basis,x}}{n_{keukenpersoneel}}$$

waarin:

x = soort gang in restaurant, ontbijt, lunch, diner
 $F_{dishwasher,x}$ = frequentie van de vaatwasmachine voor gang x
 $n_{gasten,x}$ = aantal gasten dat deelneemt aan de gang x
 $F_{basis,x}$ = basisfrequentie van de vaatwasser voor gang x

$$F_{basis,ontbijt} = 0,2$$

$$F_{basis,lunch} = 0,3$$

$$F_{basis,diner} = 0,5$$

Deze basisfrequenties zijn geschat op basis van korven van 50x50 cm

$n_{keukenpersoneel}$ = aantal mensen dat in keuken werkzaam is

ad^e: de frequentie en het gemiddelde waterverbruik door de schoonmaak varieert per hotel.

ad^f: omdat de douche slechts door een beperkt aantal medewerkers/hotelgasten wordt gebruikt is het gemiddelde waterverbruik afhankelijk van dit aantal.

4.3.3 Bezettingsgraad

De bezetting van een hotelkamer op een doordeweekse dag verschilt in het algemeen van de bezetting in het weekend. Elk hotel heeft in de enquête opgegeven wat de bezetting van de hotelkamers door de week en in het weekend is (zie Tabel 4-2). Voor de simulatie van het waterverbruik door SIMDEUM is aangenomen dat de doordeweekse gasten voornamelijk bestaan uit werkende mensen. De kamers zijn dan in de meeste gevallen (60-80%) bezet door slechts één persoon. Van de doordeweekse gasten werkt 90% van zowel de mannen als de vrouwen. Wanneer twee personen door de week in de hotelkamer zijn zal in 15% van de kamers zowel de man als de vrouw fulltime werken, in 15% alleen de man, in 15% alleen de vrouw en in 55% van de gevallen werken zowel de man als de vrouw niet fulltime. In het weekend zullen meer kamers door twee personen bezet worden (60%). Van de weekendgasten werkt slechts 30% van zowel de mannen als de vrouwen. Wanneer twee personen in de hotelkamer verblijven, zal in 85% van de gevallen beide personen niet werken. In de overige gevallen werkt één van de twee personen of allebei. Het onderscheid tussen mannen en vrouwen is voor het waterverbruik in een hotelkamer minder van belang, omdat in de hotelkamer geen urinoir aanwezig is.

Het waterverbruik van de hotels wordt op 50 willekeurige dagen gesimuleerd. Voor elke simulatie die uitgevoerd wordt, wordt een dag getrokken en gekenmerkt als 'weekdag' of als 'weekenddag'. Met de statistische gegevens die bij deze dagen hoort genereert SIMDEUM voor elke hotelkamer een bezetting van de kamer. Voor het bepalen van de bezetting wordt een beta-verdeling gebruikt waarvan het gemiddelde overeenkomt met de bezettingsgraad behorend bij elk hotel (Tabel 4-2). Een beta-verdeling wordt toegepast omdat deze altijd een waarde geeft tussen 0 en 100%. Vervolgens wordt het waterverbruik van deze hotelkamer gesimuleerd. De gesimuleerde waterverbruiken van alle kamers worden vervolgens gecombineerd tot het waterverbruik veroorzaakt door de functionele ruimte 'hotelkamers'. Dit verloopt op dezelfde manier als bij de simulatie van het waterverbruik van huishoudens en van straten of woontorens bestaande uit een aantal dezelfde soorten woningen of appartementen (Blokker, 2006a en 2006b; Blokker e.a., 2007; Pieterse-Quirijns, 2008).

De variabele bezetting van het personeel, zoals bij kantoren, wordt niet meegenomen in de simulatie van het waterverbruik. Uit de gevoeligheidsanalyse van hotels (paragraaf 7.2.2 pagina 58) en uit Tabel 4-4 blijkt namelijk dat het waterverbruik voornamelijk wordt bepaald door het waterverbruik in de hotelkamers.

5 Zorginstellingen

5.1 Indeling van zorginstellingen

Binnen de zorginstellingen bestaat een grote verscheidenheid aan typen van geleverde zorg. In overleg met de projectgroep worden in dit rapport bejaardenhuizen, verpleeghuizen en ziekenhuizen behandeld. Verpleeghuizen voor geestelijke gezondheidszorg en instellingen voor verstandelijk gehandicapten zijn buiten beschouwing gelaten.

De ziekenhuizen en zorginstellingen zijn ingedeeld volgens de indeling en omschrijving van het Centrum voor Volksgezondheid Toekomst Verkenningen van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) (kiesbeter.nl).

Om de relevantie met betrekking tot waterverbruik van de onderscheiden typen zorginstelling in te schatten, is per categorie het aantal instellingen in Nederland weergegeven. De hoofdindeling bestaat uit:

- zorg en verpleging ofwel bejaardenhuizen en verpleeghuizen (Tabel 5-1)
- ziekenhuizen/behandelcentra (Tabel 5-2)

Tabel 5-1 Overzicht aantal instellingen voor zorg en verpleging (bron: kiesbeter.nl/verplegingverzorging)

Type woning verpleging, verzorging en thuiszorg	aantal instellingen in Nederland (1)	beschrijving	opmerking mbt. waterverbruik
Aanleunwoning/ Serviceflat	25	gelegen naast of in de nabijheid van een zorginstelling. Ze zijn bestemd voor ouderen die zo lang mogelijk zelfstandig willen blijven wonen.	vergelijkbaar met het regulier huishoudelijk verbruik van senioren.
Verpleeghuis	359	een instelling waar mensen verblijven die zorg nodig hebben die ze thuis of in het verzorgingshuis niet (voldoende) kunnen krijgen. <ul style="list-style-type: none"> • meer zorg en aandacht van breder scala van deskundigen • er vinden meer activiteiten plaats in groepsverband (bijv. gezamenlijk eten). 	naar verwachting vergelijkbaar met verpleegafdelingen van ziekenhuizen.
Verzorgingshuis/ Woonzorgcombinatie	1282	verleent huisvesting, verzorging en begeleiding wanneer dit in de eigen, zelfstandige woonsituatie niet meer mogelijk is. Men woont in beginsel zelfstandig en heeft de beschikking over een wooneenheid. Een woonzorgcombinatie biedt zowel aanleunwoningen als verzorgingshuis-zorg	De maaltijden vormen onderdeel van de dienstverlening in het verzorgingshuis.
Zorgboerderij	11		

Type woning verpleging, verzorging en thuiszorg	aantal instellingen in Nederland ⁽¹⁾	beschrijving	opmerking mbt. waterverbruik
Zorghotel	6	Hier kunnen zowel lichamelijk als geestelijk zorgbehoevende ouderen die thuis worden verzorgd, een aantal weken komen wonen wanneer hun thuisverzorger een tijdje niet voor hun verzorging kan instaan of even op adem wil komen.	
Totaal	1683		

ad 1: exclusief combinaties met verzorgingshuis/ woonzorgcombinatie

Tabel 5-2 Overzicht aantal ziekenhuizen/behandelcentra (bron: kiesbeter.nl/ziekenhuizen/SoortenBehandelcentra)

Soorten behandelcentra	aantal in Nederland ⁽¹⁾	beschrijving
Algemene ziekenhuizen	132	hier kunnen patiënten terecht voor onderzoek, behandeling en verpleging. In algemene ziekenhuizen worden vaak ook artsen en verpleegkundigen opgeleid.
Universitair medische centra	11	Universitair medische centra doen daarnaast wetenschappelijk onderzoek, wordt onderwijs gegeven en nieuwe medische technologieën en behandelwijzen ontwikkeld.
Categorale ziekenhuizen	96	een ziekenhuis waar specialistische kennis en vaardigheden van een aantal ziektebeelden beschikbaar is en waar specifieke zorg wordt verleend. Denk bijvoorbeeld aan een astmacentrum, audiologisch centrum, dialysecentrum, epilepsiecentrum, klinisch genetisch centrum, oncologisch centrum, radiotherapeutisch centrum, revalidatiecentrum.
Zelfstandige behandelcentra (ZBC)	93	relatief kleine instellingen waar medisch specialisten en basisartsen werken. De zorg die in zelfstandige behandelcentra wordt verleend is niet spoedeisend. Voorbeelden hiervan zijn operaties aan spataderen of staar. Over het algemeen wordt men er niet langer dan 24 uur opgenomen.
Buitenpoliklinieken	32	locaties van een ziekenhuis waar men terecht kan voor poliklinische behandeling of controle. Er worden geen grote operaties uitgevoerd en er zijn geen opnames voor meer dan 24 uur.
Totaal	364	

ad 1: Er kunnen meerdere centra op een locatie gevestigd zijn

Voor het modelleren van de grote verscheidenheid aan zorginstellingen is een hergroepering wenselijk. De literatuur (bouwcollege.nl) geeft een basis voor een bruikbare algemene gebouwindeling en -typering voor zorginstellingen op basis van functies, waaraan het waterverbruik is gerelateerd. Voor de beschouwde zorginstellingen is dit uitgewerkt in Tabel 5-3. Voor SIMDEUM is een indeling in functionele ruimtes nodig, die op deze indeling gebaseerd kan worden (zie Tabel 5-7).

Tabel 5-3 Gebouwtyping voor ziekenhuizen en zorginstelling

Gebouw-indeling	Beschrijving	Funcities
Kantoor	Funcities die gebruik maken van kantoor of kantoorachtige voorzieningen	Administratie Zorglogistiek Spreekkamer
Hotel	Funcities waar naast verzorging de hotelfunctie (verblijf) voorop staat	Klinieken Verpleegkamers/zalen Kamers verzorgingshuis
Woning	Funcities waar de zelfstandige woonfunctie voorop staat	Aanleunwoning Serviceflat Kamers bijzondere gezondheidszorg
Facilitair	Kapitaalintensieve funcities die t.o.v. het primaire proces een ondersteunende rol vervullen	Laboratoria Beeldvormende diagnose Facilitair bedrijf Restaurants Zwembad Sport/fitness-ruimtes
'Hot floor'	Kapitaalintensieve funcities die uniek zijn voor een ziekenhuis	Intensive care Operatiekamers

5.2 Literatuuronderzoek waterverbruik zorginstellingen

Totaal waterverbruik zorginstellingen

In de werkgroep "Monitoren van Milieu Platform Zorgsector" vergelijken zorginstellingen hun jaarresultaten met elkaar. Op basis van de jaarresultaten van twaalf ziekenhuizen in Nederland zijn kengetallen van een gemiddeld ziekenhuis berekend. Een gemiddeld ziekenhuis in Nederland heeft circa 1.300 medewerkers en een productieomvang van 373.000 gewogen patiënteenheden (milieubarometer.nl/ziekenhuis). Het gemiddeld aantal bedden bedraagt 280, volgens RIVM nationale atlas volksgezondheid (www.rivm.nl). Dit aantal bedden varieert sterk tussen academische ziekenhuizen en algemene ziekenhuizen. In Tabel 5-4 is het waterverbruik van zorginstellingen volgens verschillende richtlijnen weergegeven. Het waterverbruik wordt uitgedrukt als liters per bed per dag. Alleen voor ziekenhuizen wordt door de milieubarometer een andere eenheid toegepast, liter per dag per patiënteenheden. In het kader staat beschreven hoe deze eenheid kan worden berekend. Het blijkt dat er geen direct verband bestaat tussen het aantal patiënteenheden en het aantal bedden.

Tabel 5-4 Waterverbruik bij zorginstellingen

	bron	eenheid	min	gem	max
ziekenhuizen	milieubarometer.nl (meting, n=12, 2005)	l/dag.p.e.	92	140	213
	ISSO 2001 (richtlijn)	l/dag.bed	300	-	700
	Usemann 2007 (literatuuroverzicht)	warm tapwater l/dag.bed	50	-	300
	VDI 2000 (richtlijn/metingen n=187, 1999)	l/dag.bed	342	-	701
	Lodder, 2008 (meting, n=1, 2005-2007)	l/dag.bed	-	367	-
verzorgingshuizen	milieubarometer.nl (metingen, n=17, 2004)	l/dag. bezet bed	112	173	288
	ISSO 2001 (richtlijn)	l/dag.bed	100	-	150
verpleeghuizen	ISSO 2001 (richtlijn)	l/dag.bed	250	-	300

Het aantal patiëteenheden (p.e.) is een gewogen optelling van het aantal gewogen opnamen, het aantal gewogen eerste polikliniekbezoeken, het aantal verpleegdagen en het aantal dagverplegingsdagen. De wegingsfactoren zijn:

Gewogen aantal opnamen :	10
Aantal verpleegdagen :	0,49
Aantal dagbehandelingen :	3,4
Gewogen aantal eerste polikliniekbezoeken :	1,22

De berekening van het aantal gewogen opnamen en het aantal gewogen eerste polikliniekbezoeken gebeurt conform de definitie zoals gehanteerd in de "Richtlijn functiegerichte budgettering algemene ziekenhuizen" (CTG, 2001). Bron:znb.nl

Zeeuwse zorginstellingen vergeleken in 2004 en 2005 hun milieuresultaten met elkaar op initiatief van de Provincie Zeeland. Een gemiddeld verzorgingshuis in Zeeland had in 2004 60 medewerkers en een productieomvang van 84 'bezette bedden'. Het waterverbruik van een gemiddeld verzorgingshuis is berekend met gegevens over 2004 van 17 instellingen met een eigen keuken. De productieomvang varieert tussen 46 en 142 (milieubarometer.nl/verzorgingshuis). Het gemeten waterverbruik in deze zorginstellingen komt overeen met de ISSO-richtlijn (2001) voor verzorgingstehuizen (Tabel 5-4).

Uit de literatuur blijkt dat er in ziekenhuizen meer water wordt verbruikt dan in verpleeg- en verzorgingshuizen. Vanuit de literatuur zijn wel algemene gegevens over waterverbruik beschikbaar voor ziekenhuizen en verzorgingshuizen. Het is echter (nog) onduidelijk hoe de gemeten waterverbruiken gerelateerd kunnen worden aan specifieke kengetallen van het ziekenhuis. De meest relevante gebruikte eenheden zijn waterverbruik/gewogen patiëteenheden en waterverbruik/bed. In de ontwerpfase van een zorginstelling is het aantal bedden bekend, in tegenstelling tot het aantal patiëteenheden. Daarom wordt in dit rapport uitgegaan van het waterverbruik/bed.

Waterverbruik en persoonlijke verzorging

Een groot deel van het waterverbruik in verpleeg- en verzorgingshuizen heeft direct te maken met persoonlijke verzorging. Voor het leveren van goede kwaliteit in de zorg worden landelijke verpleegkundige richtlijnen op systematische wijze ontwikkeld. Om deze richtlijnen toe te passen in de praktijk dient de instelling een vertaalslag te maken naar lokale richtlijnen of protocollen. Deze protocollen en de werkelijk gehanteerde werkwijze hebben invloed op het waterverbruik.

Vanuit de landelijke organisatie voor cliëntraden van allerlei zorginstellingen en hun cliënten zijn wensen voor normen en afspraken over persoonlijke hygiëne opgesteld. Voor verpleeg- en verzorgingshuizen worden de volgende normen genoemd (LOC, 2003):

- Persoonlijke hygiëne wordt geboden zoals afgesproken in het zorgplan.
- De cliënt wordt in ieder geval 2 maal per week de gelegenheid geboden te douchen/baden.
- De bewoner wordt minimaal vijf dagen per week helemaal gewassen.

Uit een onderzoek van het wetenschappelijk bureau van de SP naar de feitelijke situatie in Nederland in 2004 (SP, 2004; Tabel 5-5) en uit een zorgplan van een verpleeghuis (www.deblink.nl; 2006) blijkt dat de praktijk afwijkt van de geformuleerde normen.

Tabel 5-5 Resultaten douchefrequentie bij verpleeg- en verzorgingshuizen uit enquête van de SP onder 1100 bewoners, familieleden en personeelsleden in verpleeg- en verzorgingshuizen

Hoe vaak kunnen de bewoners onder de douche?	totaal		verzorgingshuizen		verpleeghuizen	
Elke dag	66	6,7%	47	8,4%	17	4,3%
enkele keren/week	158	16,0%	94	16,7%	61	15,4%
1 x per week	719	72,8%	402	71,5%	296	74,9%
enkele keren/maand	30	3,0%	13	2,3%	13	3,3%
1 x per maand	14	1,4%	6	1,1%	8	2,0%
niet ingevuld	142		78		50	

In tientallen instellingen in Nederland wordt momenteel via een innovatieve werkwijze zonder water, gewassen: het zogenaamd ‘verzorgend wassen’. In plaats van met water en zeep via wastafel, teil of douche wordt gewassen met washandjes of -doekjes die met lotion geïmpregneerd zijn. Deze methode van lichamelijke verzorging kost minder tijd en is minder belastend voor cliënt en medewerker, terwijl de kwaliteit van zorg en arbeid hetzelfde blijft of zelfs verbetert. Bij een deel van de instellingen is men zich aan het oriënteren op het implementatietraject van deze werkwijze (zorgvoorbeter.nl; zorgkrant.nl). Op basis van gesprekken met zorgverleners, blijkt dat met name cliënten met psychogeriatrische (PG) problematiek gebaat zijn met deze manier van wassen: ‘80% van onze PG-clënten doet mee aan verzorgend wassen. Op onze somatische afdelingen bedraagt de deelname aan verzorgend wassen op dit moment circa 20%’. Deze ontwikkeling kan in de toekomst leiden tot een verdere afname van het waterverbruik in zorginstellingen.

5.3 Waterverbruik op basis van de enquêtes

Uit enquêtes van twee zorginstellingen is informatie verzameld over het waterverbruik van zorginstellingen en de opbouw en het gebruik van de installatie. In Tabel 5-6 is een overzicht gegeven van kentallen en waterverbruik per bezet bed.

Op basis van deze gerichte enquêtes zijn de invoergegevens voor SIMDEUM bepaald voor verschillende instellingen.

Tabel 5-6 Algemene gegevens van geënquêteerde zorginstellingen

zorginstelling	1	2
aantal medewerkers	2500	400
FTE	1500	212
aantal bedden	620	193
gem. bezettingsgraad bedden	90%	100%
meting waterverbruik m ³ /jaar	80000	10000
waterverbruik m ³ /jaar.bezet bed	143.4	51.8
waterverbruik liter/dag.bezet bed	393	142

Zorginstelling 1 is een zorgcombinatie van ziekenhuis, verpleeghuis en verzorgingshuis.

Zorginstelling 2 is een verpleeghuis.

5.4 Invoerdata SIMDEUM

Van ziekenhuizen zijn geen geschikte metingen beschikbaar om SIMDEUM te valideren, door de aanwezigheid van een reservoir. De beschikbare metingen zijn metingen die plaatsvinden vóór een reservoir, waardoor geen goed beeld van het verbruik achter het reservoir kan worden verkregen. In het vervolg van dit rapport zijn ziekenhuizen daarom buiten beschouwing gelaten.

Een voorspelling van het waterverbruik met SIMDEUM kan worden verkregen door een simulatiemodel op te bouwen volgens de indeling in Tabel 5-3. De bijbehorende functionele ruimtes kunnen dan opgebouwd worden zoals beschreven in paragraaf 3.3 (pagina 21) voor de kantoorfunctie van een ziekenhuis, paragraaf 4.3 (pagina 28) voor de hotelfunctie en paragraaf 5.4 voor de verzorgende functie. De facilitaire functies kunnen zoals bij kantoren, hotels en zorginstellingen ingevuld worden. Alleen voor het waterverbruik op de ‘hot floor’ is specifieke informatie nodig.

5.4.1 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip van gebruik

In zorginstellingen zijn verschillende functionele ‘ruimtes’ gedefinieerd afhankelijk van het type waterverbruik, zoals aanleunwoningen met zelfstandige bewoners, verpleegafdelingen met zorgbehoevende mensen (verpleegden), afdelingkeuken met afdelingspersoneel, pantry met toiletten voor personeel en bezoekers, een centrale keuken en de ‘technische ruimte’ met schoonmaak, wasserij,

en kapsalon. De functionele ruimtes, de bijbehorende type gebruikers en de bloktijden van de bezetting van de zorginstellingen is weergegeven in Tabel 5-7.

Tabel 5-7 De functionele ruimtes met bijbehorende type gebruikers en bloktijden van een zorginstelling

Functionele ruimte	Type gebruiker	Tijdstippen en -duur zorginstellingen				Soort patroon
		t1	t2	t3	t4	
Woning	senioren	8:00	13:00	10:00	8:00	household ^a
Verpleegafdeling	verpleegden- algemeen	6:30	7:30	22:00	22:30	non_res ^b
	verpleegden-wassen	6:30	8:00	9:30	10:30	non_res
Keuken	personeel	afhankelijk van type gebruik: op de afdeling of in de centrale keuken				non_res
Bijeenkomst- ruimte/pantry	personeel en bezoekers	6:00	8:00	21:00	22:00	non_res
Technische ruimte	personeel	9:00			16:00	non_res

ad ^a: patroon household= tijd opstaan, tijd vertrek, duur afwezig, duur slaap

ad ^b: patroon non_res= tijd start, tijd start piek, tijd stop piek, tijd einde

5.4.2 Functionele ruimtes: tappunten

De tappunten die aanwezig zijn in elke functionele ruimte zijn weergegeven in Tabel 5-8 met hun specificaties. De binneninstallatie van een aanleunwoning komt overeen met de binneninstallatie van een seniorenappartement (Blokker, 2006a).

Tabel 5-8 Tappunten in de functionele ruimtes van een zorginstelling met de bijbehorende volumestroom, duur van volumestroom, frequentie en temperatuur (schattingen)

functionele ruimte	tappunt	D (min)	Q (l/s)	freq (per dag)	temp (°C)	gemiddeld verbruik (l/bezet bed. dag)	opmerkingen
Aanleun woning	keuken mengkraan aanrecht						
	consumptie	0,25	0,167	4	10	5	$Q_{\text{gemiddeld}} =$
	afwassen	0,75	0,25	2	55	11,3	$Q/2$
	handen wassen	0,22	0,167	2	10	2,2	
	overig gebruik	0,8	0,167	1	10	4,0	
	wc	2,4	0,042	7	10	25,4	Water- besparende toiletten ^a
	douche	7,3	0,12	0,54	38	28,3	
	badkamerkraan			4			$Q_{\text{gemiddeld}} =$
	wassen	0,67	0,083	1	38	1,67	$Q/2$
	tandenpoetsen	0,25	0,083	3	10	1,87	
wasmachine	patroon			0,32	10	16	
	Totaal verbruik aanleunwoning					95,7	
Verpleeg- afdeling algemeen	wc	2,4	0,042	6	10	36,3	
	wastafel kamer						
	handen koud wassen	0,25	0,083	4	10	2,5	$Q_{\text{gemiddeld}} =$ $Q/2$

functionele ruimte	tappunt	D (min)	Q (l/s)	freq (per dag)	temp (°C)	gemiddeld verbruik (l/bezet bed. dag)	opmerkingen
	handen warm wassen	0,50	0,083	4	40	5,0	
	tanden poetsen	0,25	0,083	2	10	1,2	
	overig wastafel	0,75	0,083	2	40	3,7	
	Bedpan						
	urinaal spoelen warm	1	0,45	0,3	60	8,1	
	Totaal verbruik algemeen					56,8	
Verpleegafdelingen wassen	wassen door personeel incl. wasbekken spoelen	2	0,12	0,5	60	3,6	$Q_{\text{gemiddeld}} = Q/2$
	zelf wassen bij wastafel	2	0,083	0,5	40	2,5	
	douche	8	0,12	0,2	38	11,5	
	Totaal verbruik wassen					17,6	
Keuken ^b	keukenkraan						frequentie varieert voor ontbijt, lunch en avond en algemeen gebruik overdag
	koud1	0,25	0,33	var	10		
	koud2	1	0,5	var	10		
	warm1	0,25	0,17	var	55		
	warm2	1	0,25	var	55		
	vaatwasser patroon	0,25	0,2	var	10		
Bijeenkomst ruimte/pantry	wc	2,4	0,042	4	10	24,2	
	wastafel	0,25	0,083	4,5	10	2,8	$Q_{\text{gemiddeld}} = Q/2$
	automaat koffie/thee	0,17	0,02	5	10	1,0	
	automaat water	0,17	0,02	3	10	0,6	
	Totaal verbruik pantry					28,6	
Technische ruimte	Schoonmaak						${}^c Q_{\text{gemiddeld}} = Q/2$
	koud	0,67	0,8	20	10		
	warm	0,67	0,8	60	60		
	Wasserij						
	wm1 koud	1,73	0,5	1,5	10		
	wm1 warm	0,3	0,5	1,5	60		
	wm2 koud	6,73	0,5	1,5	10		
	wm2 warm	1,73	0,5	1,5	60		
	Kapsalon						
	koud	0,67	0,4	10	10		
	warm	0,67	0,4	30	40		

ad ^a: waterbesparende toiletten: 20% volledige tapduur, 80% halve tapduur

ad ^b: er zijn twee type keukens: de centrale keuken en de afdelingskeuken.

ad ^c: het gemiddelde waterverbruik in de technische ruimte is afhankelijk van het aantal bewoners in de zorginstelling.

5.4.3 Bezettingsgraad

De bezetting van een verzorgingsinstelling kan variëren. Echter met de huidige wachtlijsten kan er van uit gegaan worden dat de bezetting van de verzorgingsinstellingen maximaal is (www.rivm.nl). Dat betekent dat alle beschikbare plaatsen bezet zijn. Voor elke verzorgingsinstelling is dus een bezettingsgraad verondersteld van 100%.

6 Veehouderij

6.1 Inleiding

Het simuleren van waterverbruik van veehouderijen vergt een andere aanpak. Ten eerste omdat de veehouderij een heel ander type waterverbruiker is dan huishoudens, kantoren, hotels en zorginstellingen. Het waterverbruik wordt niet langer door mensen bepaald, maar door het drinkgedrag van het vee. Ten tweede omdat de ruimtelijke en temporale schaal waarvoor interesse is veel groter is. De binneninstallatiebranche heeft geen interesse in het waterverbruik van veehouders. Voor de waterbedrijven is een enkele veehouder ook niet zo interessant, maar wel als er een cluster van veehouders is. De ruimtelijke schaal is dus niet langer het verbruik aan de kraan of de watermeter, maar op een toevoerleiding naar een cluster veehouders. De variatie over het jaar is dan belangrijk en ook toekomstige ontwikkelingen (een afname van veehouders). Dat betekent dat de belangrijkste tijdschaal niet zozeer het verbruik over de dag is (op bijvoorbeeld kwartierschaal), maar veel meer over het jaar (bijvoorbeeld het verbruik per dag). Ten derde is 'de' veehouderij erg divers, het maakt nogal uit of het gaat om varkens, runderen of pluimvee en of de dieren naar buiten mogen of de hele dag op stal staan. Ten vierde is belangrijk of leidingwater of bijvoorbeeld water uit eigen winningen wordt gebruikt.

De andere aanpak betekent dat geen enquêtes en metingen verzameld zijn zoals voor kantoren, hotels en zorginstellingen. We beperken ons hier tot een literatuurstudie. Omdat het waterverbruik in de veeteelt van Nederland voor meer dan 95% wordt toegeschreven aan het houden van runderen, varkens en pluimvee (www3.lei.wur.nl), beperken we ons in deze literatuurstudie tot deze diergroepen. Beschikbare data betreffen het drinkwaterverbruik per dier en het aandeel leidingwater in het totale waterverbruik.

Een aanpak voor het simuleren van waterverbruik van veehouders zou bijvoorbeeld gebaseerd kunnen zijn op een statistische analyse van verbruiksmetingen (bijvoorbeeld de PRP methode, zie ook hoofdstuk 1). Daarvoor is een uitgebreide meetset onontbeerlijk. Binnen dit project was geen budget om een dergelijke meetset te realiseren.

6.2 Literatuuronderzoek waterverbruik

Een onderverdeling van het waterverbruik in de veeteeltsector (Derden e.a., 2005) staat in Tabel 6-1.

Omdat het drinken de grootste verbruikspost is, wordt het totale waterverbruik in de veehouderij vaak per dier uitgedrukt. De Vewin-werkbladen geven waterverbruik per dier, exclusief reiniging van stallen. De bron voor de werkbladen is onbekend. In de Prognose landelijke drinkwatervraag (Baggelaar en Geudens, 2008) worden verbruiken per dier (inclusief reiniging) aangehouden op basis van een studie van de overheidsinstelling IKC-Landbouw (Informatie- en Kenniscentrum) uit 1997. In België is een studie uitgevoerd bij circa 4500 Vlaamse veehouderijbedrijven; het gemiddeld waterverbruik per diercategorie is berekend over de jaren 2004 en 2005. De berekende kengetallen omvatten steeds het totaal waterverbruik voor de dieren, dus zowel het drinkwater als reinigingswater voor de stallen e.d. (D'hooghe, Wustenberghs en Lauwers, 2007). De kengetallen van D'hooghe, Wustenberghs en Lauwers (2007) zijn berekende specifieke waterverbruiken en volgens de auteurs vergeleken met andere literatuur en getoetst is door een team van experts. De cijfers van de verschillende bronnen zijn samengevat in Tabel 6-2. De specifieke waterverbruiken per diersoort lopen in de geraadpleegde literatuur ver uiteen.

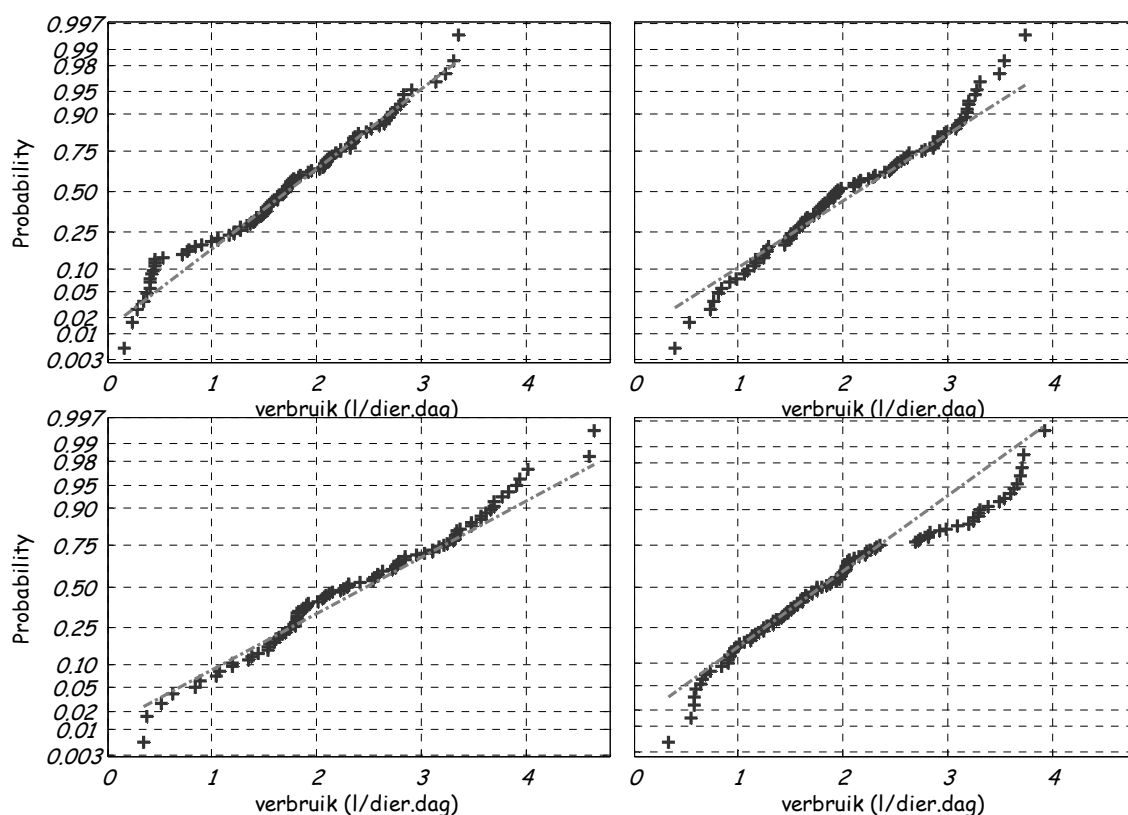
Tabel 6-1 Onderverdeling van waterverbruik in de veehouderij naar toepassing.

toepassing	toelichting
drinkwater	Het drinken van vee is veelal de grootste verbruikspost. De benodigde hoeveelheid water is afhankelijk van het dieet van de dieren, de leeftijd, de productiekeuze (b.v. melkvee versus vleesvee), het productieniveau en de omgevingstemperatuur.
reinigingswater voor stallen, materialen, landbouwmachines, melkinstallatie en ontsmettingsbak	Het aandeel water voor het reinigen van stallen bedraagt voor de meeste dieren circa 5% van totaal verbruik. Uitzonderingen hierop zijn melkkoeien met circa 15% en lacterende zeugen met 20% reinigingswater. Melkvee vergt daar bovenop reinigingswater voor de melkinstallatie en machines met circa 9 m ³ /dier.jaar (Derden e.a., 2005).
aanmaakwater voor kunstmelk voor kalveren	
koelwater voor de voorcoeler van de melktank	Melk voorcoelen door middel van een warmtewisselaar is technisch haalbaar bij alle melkveebedrijven met nieuwe melkinstallaties. Als koelmiddel is ongeveer 2 liter water per liter gemolken melk vereist. Het licht opgewarmde koelwater kan aangewend worden als drinkwater voor het melkvee en wordt daarom niet beschouwd als een meerverbruik.
evt. spoelwater voor ontkalking en/of ontijzing van (ijzerhoudend ondiep) grondwater	

Tabel 6-2 Waterverbruik van pluimvee, varkens en runderen (in l/dier.dag)), A: Vewin werkbladen; B: IKC en C: D'hooghe, Wustenberghs en Lauwers, 2007. N.B. A is exclusief reinigingswater.

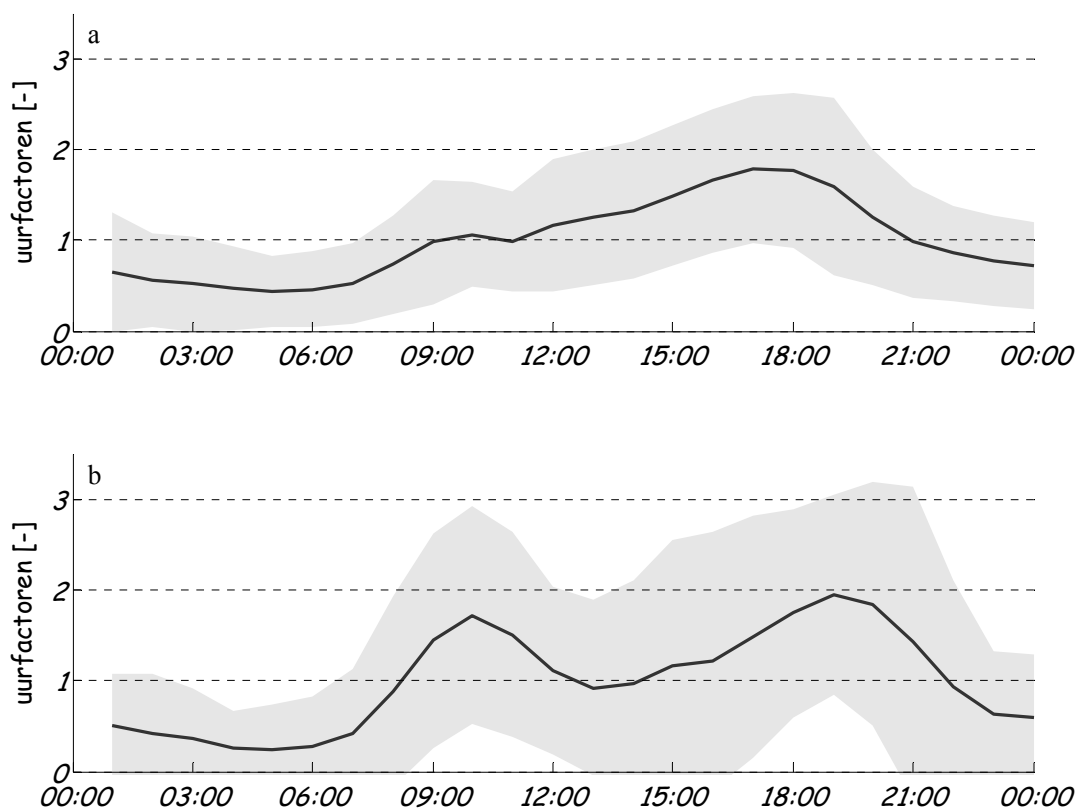
Diercategorie	A	B	C		
Pluimvee	Opfokkuikens van legkippen		0,08		
	Opfokkuikens slachtkuikenouderdieren		0,14		
		0,3	0,14	0,19	
	Legkippen incl. (groot) ouderdieren		0,4	0,19	0,25
	Slachtkuikenouderdieren		0,33		
	Kalkoen (slachtdieren)		0,47		
	Ander pluimvee		0,52		
Varkens	Biggen van 7 tot 20 kg		2,7	1,5	
		4	4,1	4,4	
	Beren		14,2	9,1	
	Varkens meer dan 110 kg		7	6,0	12,5
	Zeugen, incl. biggen tot 7 kg		25	14,2	16,4
Runderen	Runderen jonger dan 1 jaar		10	23,0	8,3
	Mestkalveren		22,7		15,1
	Vervangingsvee tussen 1 en 2 jaar		56,2		18,1
	Runderen tussen 1 en 2 jaar		25	53,1	20,5
	Andere runderen melkvee >2 j		84,0		23,1
	Andere runderen vleesvee >2j		45	84,0	31,9
	Zoogkoeien		120	84,0	35,4
Melkvee		45	140	61,1	

Brabant Water heeft een uitgebreide test gedaan bij een varkensboerderij. Daarbij is in vier stallen (van elk ca. 200 dieren) vanaf augustus 2006 gedurende 132-158 dagen het waterverbruik per kwartier gemeten (in totaal 600 dagpatronen). Ook is bijgehouden hoeveel dieren in de stal stonden. Afhankelijk van omstandigheden (bijvoorbeeld de aanwezigheid van streptokokken en de toediening van medicijnen in de stal van Figuur 6-1 linksboven of de frequentie van reinigen van de stallen) gebruikt een dier gemiddeld 2 liter per dag met een standaard deviatie van 0,9. Alle dieren zijn gewogen bij aankomst en bij het verlaten van de stal. Bij binnenkomst zijn de varkens gemiddeld 8,6 kg zwaar (standaard deviatie 1,9); na ca. 1 maand zijn de varkens gemiddeld 23,1 kg zwaar (standaard deviatie 3,2). Op basis van de gewichtstoename is vastgesteld dat het waterverbruik gemiddeld 4,6 l/kg gewichtstoename is (standaard deviatie 0,8). De gewichtstoename verklaart daarmee ook een deel van de variatie van het waterverbruik: aan het begin drinken de dieren ca. 0,5 l/dag; aan het eind ca. 3-4 l/dag. Dit ligt in de zelfde range als de 1,5 tot 4,4 l/dag van Tabel 6-2. De stallen zijn een aantal dagen leeg nadat de varkens worden geleverd en voordat de nieuwe lichter binnenkomt. Het verbruik in de stallen wordt dan bepaald door bijvoorbeeld het schoonmaken van de stallen.



Figuur 6-1 Verbruik per liter per dier per dag in vier verschillende stallen.

Brabant Water heeft nog een test gedaan bij een tweede varkensboerderij. Daarbij is in vier stallen vanaf augustus 2006 gedurende 72-79 dagen het waterverbruik per kwartier gemeten (in totaal 239 dagpatronen). Van beide boerderijen zijn de uurfactoren bepaald door het verbruik over de dag te delen door het totaal verbruik van die dag. Van alle 600 respectievelijk 239 patronen is een gemiddeld patroon plus een 95% betrouwbaarheidsinterval bepaald, zie Figuur 6-2. N.B. dit zijn verbruikspatronen van alleen de stallen waarin de varkens worden vetgemest; de stallen met drachtige zeugen of de kraamverblijven kunnen een heel ander patroon hebben.



Figuur 6-2 Verbruikspatronen over de dag van a) proefboerderij 1; b) proefboerderij 2. De doorgetrokken lijn is het gemiddelde patroon; het grijze vlak is het 95% betrouwbaarheidsinterval.

In de veehouderij is grondwater is de voornaamste waterbron, gevolgd door leidingwater en in mindere mate hemelwater (Derden e.a., 2005). Een deel van het water wordt ook hergebruikt. Het LEI (www3.lei.wur.nl) heeft van circa 500 veehouderijbedrijven binnen het zogenaamde Bedrijven-Informatienet het verbruik van leidingwater geïnventariseerd. In Tabel 6-3 zijn deze gegevens samengevat in combinatie met het berekend totaal waterverbruik per dier op basis van kengetallen uit Tabel 6-2 kolom C. Het gemiddeld aandeel leidingwater van deze bedrijven varieert van 13 tot 67% van het totaal waterverbruik.

Tabel 6-3 Berekende en gemeten verbruiken van (leiding)water voor gemiddelde veeteeltbedrijven per categorie in Nederland (2006)

landbouwbedrijven/ diercategorie	aantal	waterver- bruik per dier (m3/jaar)	berekend totaal water- verbruik per gemiddeld bedrijf (m3/jaar)	gemeten verbruik leiding- water (m3/jaar. bedrijf)	berekend aandeel leidingwater tov totaal waterverbruik
melkveebedrijven	267		1 839	1 230	67%
melkkoeien	69	22.3	1 539		
fokkalveren	22	3	66		
vrouwelijk fokvee>1j	26	9	234		
varkensbedrijven	107		2 927	1 300	44%
vleesvarkens	1042	1.6	1 667		
fokzeugen	210	6	1 260		
vleeskalfbedrijven	13		3 817	490	13%
vleeskalveren	694	5.5	3 817		
vleesvarkens	52	1.6	83		
legghenbedrijven	33		3 854	1 010	26%
legghennen	41900	0.09	3 771		
vleeskuikenbedrijven	33		5 971	1 230	21%
Vleeskuikens	85300	0.07	5 971		

Bron: Bedrijven-Informatienet van het LEI (gegevens 2006), www3.lei.wur.nl/BIN_Asp

Bron**totaal waterverbruik per dier: D'hooghe, Wustenberghs en Lauwers, 2007

7 Validatie verbruiksmodel

7.1 Kantoren

Van de kantoren A t/m D (Tabel 3-3, pagina 21) zijn naast de gegevens over het totale jaarverbruik ook metingen beschikbaar van de volumestroom. Daarom zijn deze kantoren gebruikt in de validatie van SIMDEUM. Van elk kantoor wordt de invoer van SIMDEUM beschreven die specifiek voor het kantoor is. De informatie uit de enquêtes is hiervoor gebruikt. Vervolgens wordt de gevoeligheid van het gesimuleerde waterverbruik, zowel het patroon van de volumestroom over de dag als het totale waterverbruik beschreven. Tenslotte worden de gesimuleerde patronen van de volumestroom en het totale waterverbruik per kantoor vergeleken met de beschikbare metingen. De objectieve beoordeling van de gesimuleerde patronen van kantoor C ten opzichte van de metingen is beschreven in bijlage III.

7.1.1 Specifieke invoer SIMDEUM per kantoor

De invoer voor het simulatiemodel in SIMDEUM is afgeleid uit de door de kantoren ingevulde enquêtes. Wanneer de benodigde gegevens niet bekend zijn, is een aanname gemaakt. In Tabel 7-1 zijn de gebruikers en de bloktijden gegeven van elke functionele ruimte voor de verschillende kantoren. In Tabel 7-2 zijn de waterverbruikende apparaten binnen elke functionele ruimte gegeven. Er is aangenomen dat in kantoren de spoelonderbreking van toiletten niet veel wordt gebruikt, door de ouderdom van de gebouwen.

Tabel 7-1 Invoergegevens voor SIMDEUM voor het aantal gebruikers en de bijbehorende bloktijden van een functionele ruimte voor de kantoren A, B, C en D.

	Functionele ruimte	Type gebruiker	Aantal gebruikers	Bloktijden kantoor				
				t1	t2	t3	t4	
Kantoor A	Bijeenkomstruimte /pantry	Kantoormedewerkers en bezoekers	1311	8:00	12:15	13:00	18:00	
	Keuken	Keukenpersoneel	10	8:00	12:30	13:00	15:00	
	Fitnessruimte	Sporters	100	7:30	-	-	18:30	
	Schoonmaak	Schoonmaakteam	ochtend	20	7:00	-	-	9:00
			middag	20	17:00	-	-	19:00
Kantoor B	Bijeenkomstruimte /pantry	Kantoorwerkers en bezoekers	160	8:00	12:15	13:00	17:00	
	Keuken	Keukenpersoneel	3	8:00	12:30	13:30	14:30	
	Douche	Sporters	8	7:30	-	-	13:00	
	Schoonmaak	Schoonmaakteam	middag	5	16:00	-	-	18:00
				397	8:00	11:45	13:00	17:00
Kantoor C	Bijeenkomstruimte /pantry	Kantoormedewerkers en bezoekers	397	8:00	11:45	13:00	17:00	
	Keuken	Keukenpersoneel	5	8:30	12:00	13:30	15:00	
	Douche	Sporters	7	7:30	-	-	8:30	
	Schoonmaak	Schoonmaakteam	middag	12	17:00	-	-	18:15
				322	8:00	12:00	12:30	17:00
Kantoor D	Bijeenkomstruimte /pantry	Kantoormedewerkers en bezoekers	322	8:00	12:00	12:30	17:00	
	Keuken	Keukenpersoneel	4	8:30	12:00	13:00	14:00	
	Fitnessruimte	Sporters	10	7:30	-	-	18:30	
	Schoonmaak	Schoonmaakteam	ochtend	9	10:00	-	-	13:00
			middag	9	16:30	-	-	19:00

Tabel 7-2 Invoergegevens voor SIMDEUM voor de waterverbruikende apparaten binnen de functionele ruimtes van de kantoren A, B, C en D.

	Functionele ruimte	toiletten ^a	kraan	automaat	vaat-wasmachine	douche
Kantoor A ^b	Bijeenkomstruimte /pantry	75 x dames; 75 x heren; 25 x urinoirs	75 x wastafel	40 x koffie/ thee/water		
	Keuken		10 x koud 10 x warm		3 x	
	Fitnessruimte					20 x
	Schoonmaak		20 x koud 20 x warm			
Kantoor B	Bijeenkomstruimte /pantry	10 x dames; 13 x heren; 11 x urinoirs	22 x wastafel	11 x koffie/ thee/water		
	Keuken		2 x koud 2 x warm		1 x	
	Douche					5 x
	Schoonmaak		5 x koud 5 x warm			
Kantoor C	Bijeenkomstruimte /pantry	13 x dames; 18 x heren; 7 x urinoirs	38 x wastafel	15 x koffie/ thee/water		
	Keuken		5 x koud 5 x warm		1 x	
	Douche					4 x
	Schoonmaak		12 x koud 12 x warm			
Kantoor D	Bijeenkomstruimte /pantry	18 x dames; 18 x heren; 18 x urinoirs	36 x wastafel	8 x koffie/ thee/water		
	Keuken		4 x koud 4 x warm		1 x	
	Douche					2 x
	Schoonmaak		9 x koud 9 x warm			

ada: voor kantoren is aangenomen dat er in de praktijk veel minder gebruik wordt gemaakt van de waterbesparende mogelijkheid dan in huishoudens (verhouding genoemd in Tabel 3-5).

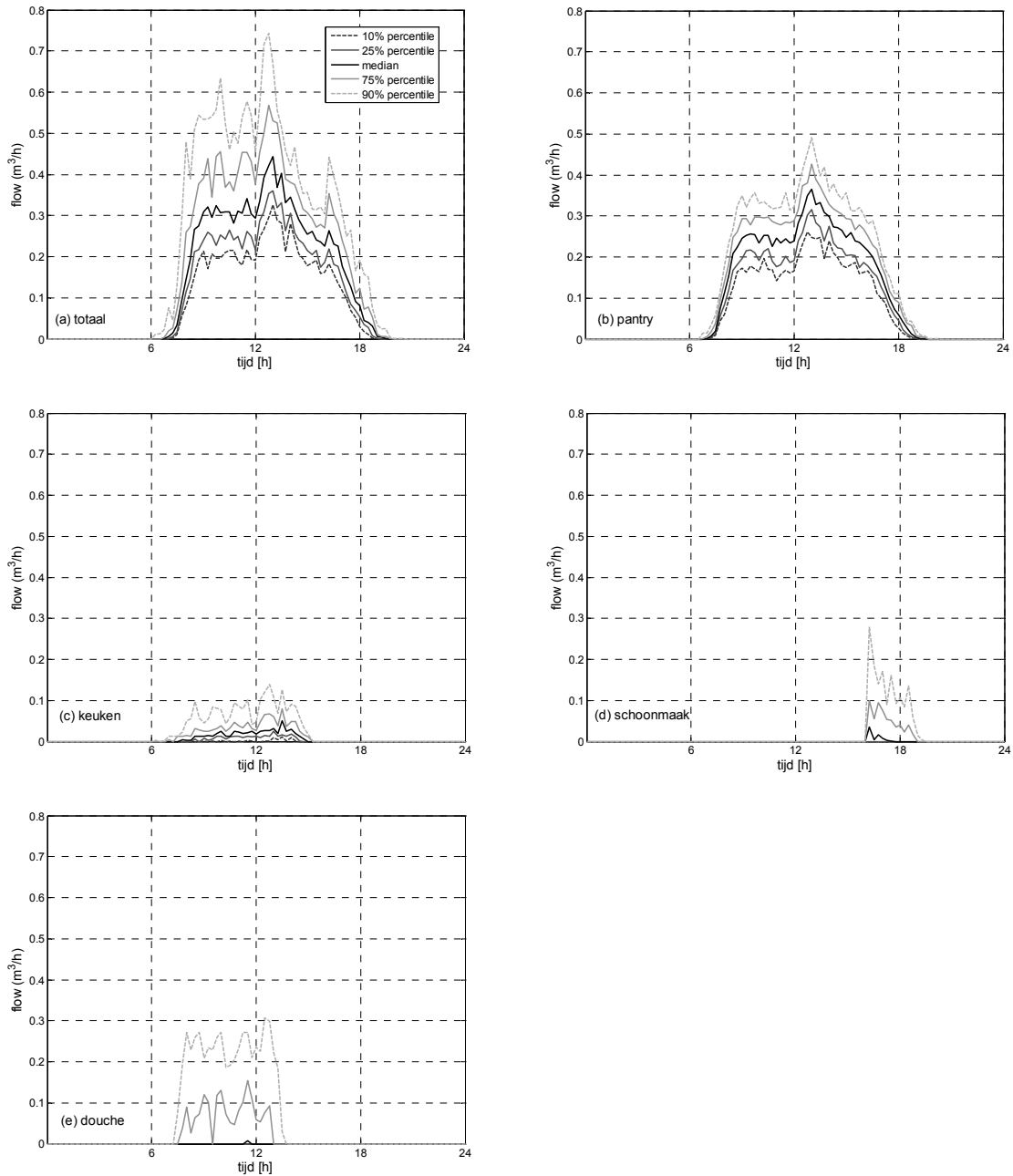
adb: kantoor A is een relatief oud kantoor. Daarom is aangenomen dat de toiletten in het kantoor een 9 liter spoelbak hebben: 3,6 minuten spoelen met 0,042 l/s.

7.1.2 Gevoeligheidsanalyse waterverbruik kantoren

Gevoeligheid van het totaal verbruik van kantoor voor het verbruik in de functionele ruimtes

Het totale verbruik van een kantoor wordt bepaald door de bijdrage van het waterverbruik in de verschillende functionele ruimtes. In Figuur 7-1 is het gesimuleerde totale waterverbruik weergegeven voor kantoor B en het waterverbruik in elke functionele ruimte. Uit de figuur blijkt dat de grootste bijdrage aan het waterverbruik wordt geleverd door de pantry (77% van het totale waterverbruik). Tevens blijkt dat het patroon van de volumestroom over de dag voornamelijk wordt veroorzaakt door het waterverbruik in de pantry. Door de modellering van de variabele bezetting van de kantoren wordt een grotere variatie in de gebruiken van de pantry verkregen. Echter relatief gezien is de variabiliteit in de patronen voor de schoonmaak en de douche groter. Deze resultaten zijn representatief voor de overige kantoren. De bijdrage van de pantry aan het totale waterverbruik varieert tussen 76 en 86%. Dit

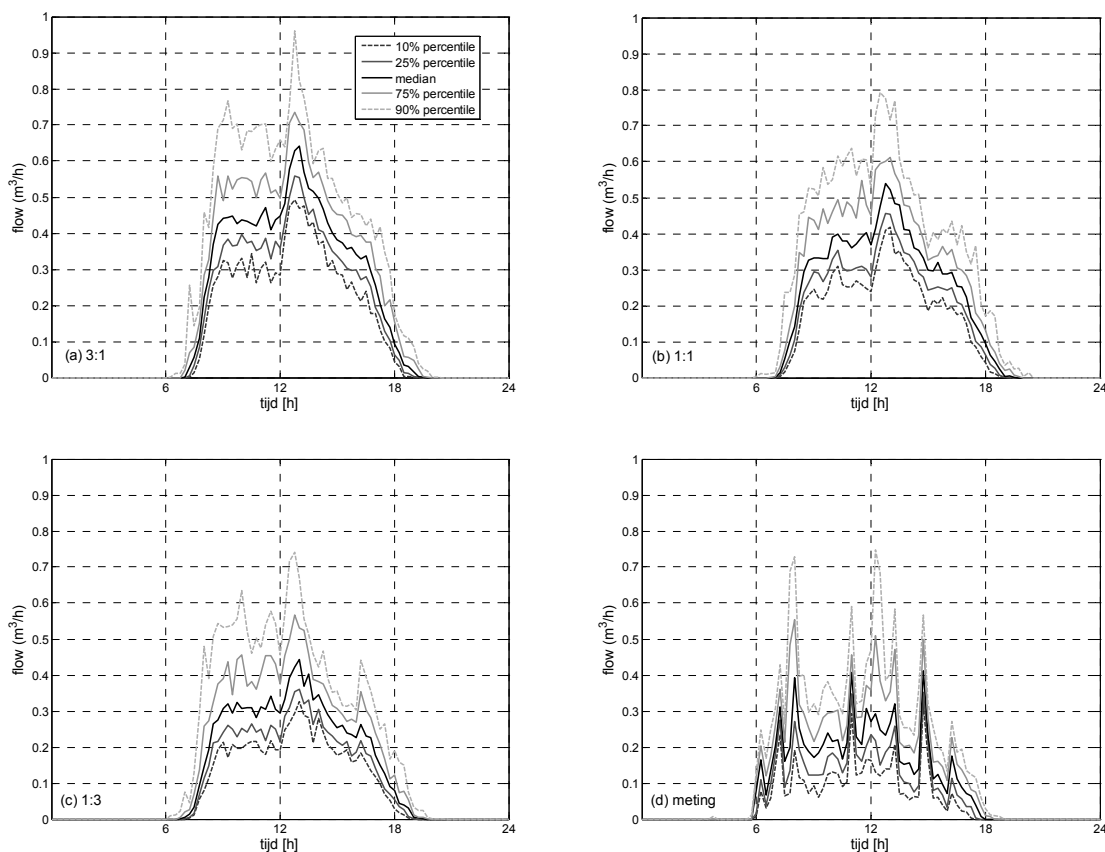
wordt ondersteund door onderzoek door SBR, die aantoonen dat de hoogte van het waterverbruik voornamelijk afhankelijk is van de hoeveelheid mensen die werkzaam op kantoor/werkplaats (www.SBR.nl).



Figuur 7-1 Gesimuleerde patronen van het waterverbruik met tijdschaal van 15 minuten ($[m^3/h]$) in de functionele ruimtes van kantoor B: (a) totaal waterverbruik, (b) waterverbruik in bijeenkomstruimte/pantry, (c) waterverbruik in keuken, (d) waterverbruik door schoonmaak, (e) waterverbruik in douche.

Gevoeligheid van totaal waterverbruik voor de verhouding gebruik toilet: urinoir voor heren

Uit de gevoeligheid van het totaal waterverbruik voor het waterverbruik in de functionele ruimtes blijkt dat zowel de totale hoeveelheid als het patroon van de volumestroom het meest bepaald wordt door het waterverbruik in de pantry. Om deze reden is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de invloed van de frequentie van toilet en urinoir bezoek door mannen op het patroon en het totaal waterverbruik van kantoor B. Drie verhoudingen van de frequentie van toilet en urinoir bezoek zijn onderzocht, namelijk (a) frequentie toilet: urinoir = 3:1, (b) frequentie toilet: urinoir = 1:1, (c) frequentie toilet: urinoir = 1:3. In Figuur 7-2 zijn de gesimuleerde patronen in het totaalverbruik in de overeenkomstige figuren weergegeven. In Figuur 7-2d, is het gemeten patroon van het totaalverbruik van kantoor B te zien.



Figuur 7-2 Het gesimuleerde waterverbruik bij verschillende verhoudingen in de frequentie van het gebruik van toilet en urinoir bij mannen en het gemeten waterverbruik in kantoor B (met tijdschaal van 15 minuten).

Tabel 7-3 Het gesimuleerde totaal waterverbruik in [l/p.dag] bij verschillende verhoudingen van frequentie in gebruik van toilet en urinoir bij heren en het gemeten totaal waterverbruik

verhouding frequentie	watervbruik in [l/p.dag]
toilet:urinoir = 3:1	27,8
toilet:urinoir = 1:1	23,9
toilet:urinoir = 1:3	20,8
meting	15,6 op basis van gemeten patroon (53 dagen) 20 op basis van jaarverbruik

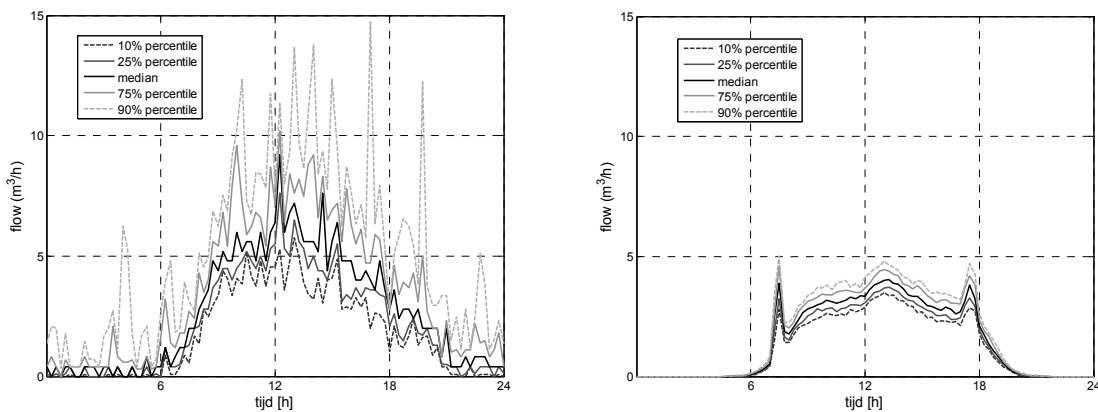
Uit de vergelijking van de gesimuleerde patronen met de metingen in Figuur 7-2 en Tabel 7-3 blijkt dat de meest waarschijnlijke verhouding in frequentie van gebruik van toilet en urinoir 1:3 is. Deze verhouding leidt tot een vergelijkbaar patroon. Tevens wordt het totaal waterverbruik het beste benaderd bij deze verhouding (Tabel 7-3). Ook bij de andere kantoren blijkt dat deze verhouding de metingen het beste benadert. Deze verhouding wordt ook onderschreven door de literatuur. In een onderzoek naar het gedrag van mannen en vrouwen in toiletruimtes blijkt dat mannen meer gebruik maken van het urinoir dan toilet (Hills, Birks and McKenzie, 2002).

7.1.3 Validatie waterverbruik patronen in kantoor

Van elk kantoor wordt het gesimuleerde totaal waterverbruik patroon vergeleken met gemeten patronen.

Kantoor A

Van kantoor A zijn meetresultaten beschikbaar van de volumestroom op 5 minutenbasis in de periode van 2 tot 23 mei 2005. In Figuur 7-3a is het gemeten patroon van de volumestroom weergegeven voor de werkdagen in de periode van 3 -12 mei 2005. In Figuur 7-3b zijn de gesimuleerde patronen van het waterverbruik van kantoor A te zien, waarbij is aangenomen dat de toiletten in dit kantoor een 9 liter spoelbak hebben (zie Tabel 7-2).



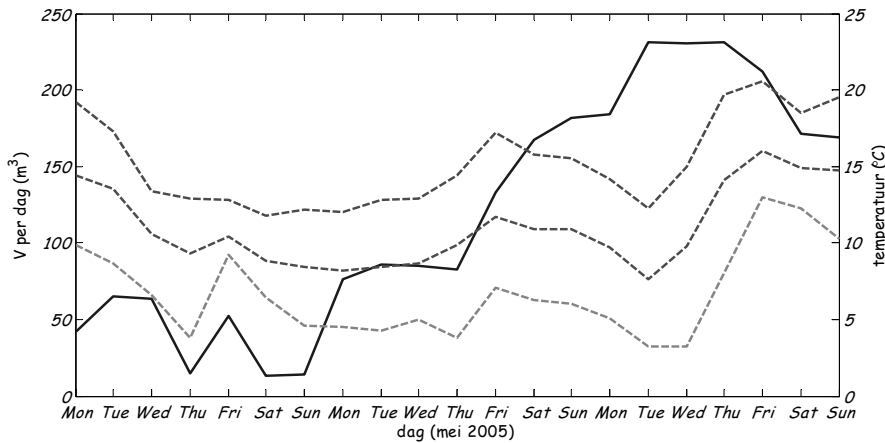
Figuur 7-3 (a) Gemeten patroon van waterverbruik op werkdagen van 3 – 12 mei 2005 en (b) het gesimuleerde patroon van het totaal waterverbruik op basis van enquête gegevens uit 2007 van kantoor A (50 gesimuleerde patronen), beide met tijdschaal van 15 minuten.

Uit de vergelijking van het gemeten patroon en het gesimuleerde patroon van het totaal waterverbruik blijkt voor kantoor A het volgende:

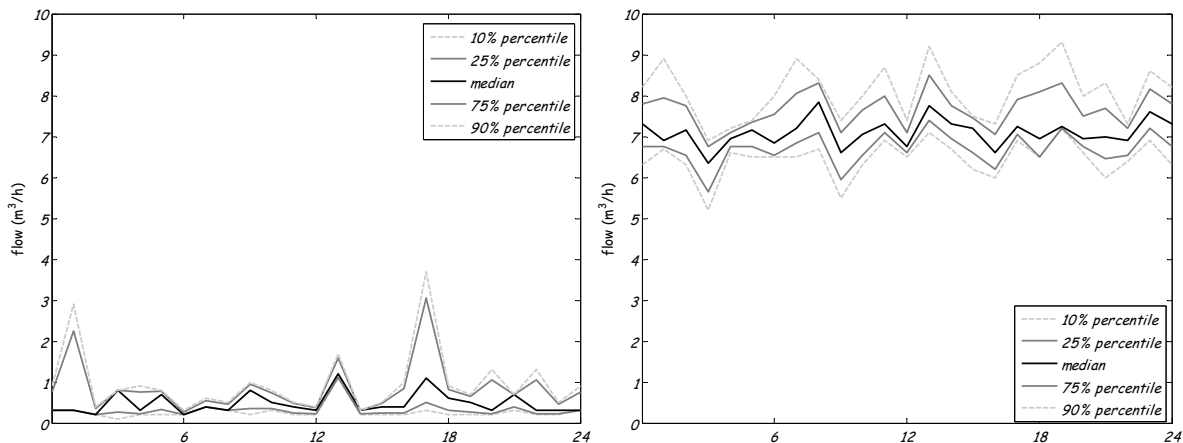
- het patroon van de meting en van de simulatie is vergelijkbaar.
- het gemeten verbruik is hoger dan het gesimuleerde verbruik.
- de variatie in de gemeten patronen is veel groter dan binnen de gesimuleerde patronen. De variabele bezetting van het kantoor leidt niet tot voldoende variatie in het gesimuleerde waterverbruik. Het is mogelijk dat de grote variatie in de metingen ook veroorzaakt wordt doordat de patronen slechts op een beperkt aantal dagen zijn gebaseerd.
- er wordt een variabel nachtelijk verbruik gemeten, dat niet in de gesimuleerde gegevens terug komt. Uit de enquête blijkt dat het kantoor A deels 24 uur open is. Dit is echter niet in het simulatiemodel opgenomen.

Om het verschil in het gemeten en gesimuleerde verbruik te kunnen verklaren, is het gemeten verbruik gedurende de periode van 3 tot 20 mei 2005 nader onderzocht. In Figuur 7-4 is het dagverbruik in de meetperiode in 2005 uitgezet. In de eerste periode is het verbruik in de vrije dagen (donderdag 5 mei en het weekend) gemiddeld 13,8 m³. Vanaf vrijdag 13 mei neemt het verbruik toe. Het gemiddelde verbruik in de tweede periode (2 weekends) is 172,4 m³. Dit verschil in waterverbruik bedraagt ongeveer 120 liter per persoon per dag. Er blijkt een extra ‘continu’ verbruik op te treden, zoals ook blijkt uit Figuur 7-5. Hieruit volgt dat in het simulatiemodel een belangrijke verbruikspost die onafhankelijk is van het aantal verbruikers, niet is meegenomen. Mogelijkheden zijn waterverbruik door koeling van kantoor- en

computerruimtes en door klimaatbeheersing. Uit Figuur 7-4 blijkt echter dat dit niet samenhangt met de buitentemperatuur. Het simulatiemodel voor kantoor A kan worden uitgebreid met een extra functionele ruimte die dit waterverbruik voorspelt. De gesimuleerde patronen in Figuur 7-3 zijn echter al exclusief dit hoge basisverbruik. Het verschil tussen de gesimuleerde en gemeten patronen kan dus in deze periode niet toegeschreven worden aan een continu verbruik door koeling of klimaatbeheersing. Omdat kantoor A een groot kantoor is, kan het extra waterverbruik worden toegeschreven aan extra waterverbruikende faciliteiten die dit kantoor mogelijk aanbiedt, zoals een luxer restaurant en fitnessruimte.



Figuur 7-4 Het verbruik per dag van kantoor A in de periode 3-20 mei 2005 (blauw doorgetrokken lijn) met de minimale (cyaan), gemiddelde (rood) en maximale (groen) temperatuur.

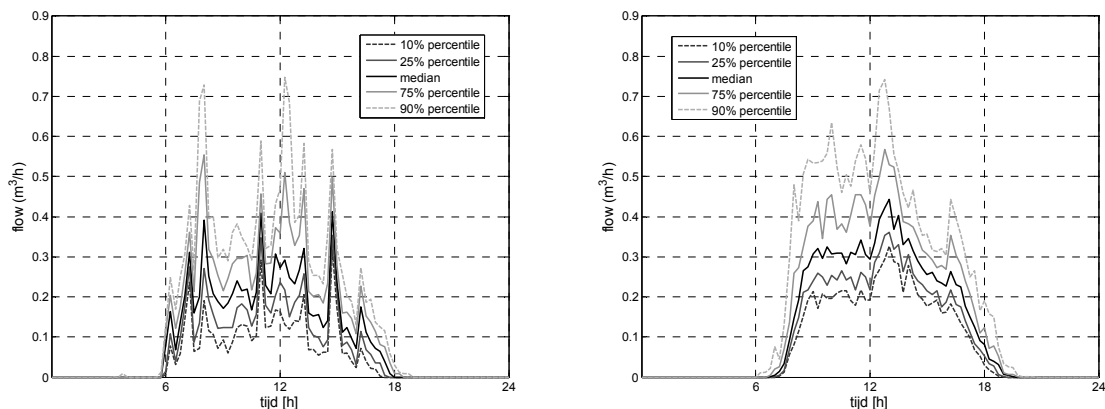


Figuur 7-5 Verbruik-dagpatroon op vrije dagen: (a) op donderdag 5 mei en weekend 7 en 8 mei; (b) weekend 14, 15 mei en 21, 22 mei.

Kantoor B

Van kantoor B zijn meetresultaten beschikbaar van de volumestroom op minutenbasis in de periode van 26 juli tot 27 oktober 2008. In Figuur 7-6a is het gemeten patroon van de volumestroom weergegeven voor kantoor B op de werkdagen van 28 juli tot 26 oktober 2008. In Figuur 7-6b zijn de gesimuleerde patronen van het waterverbruik van kantoor B te zien.

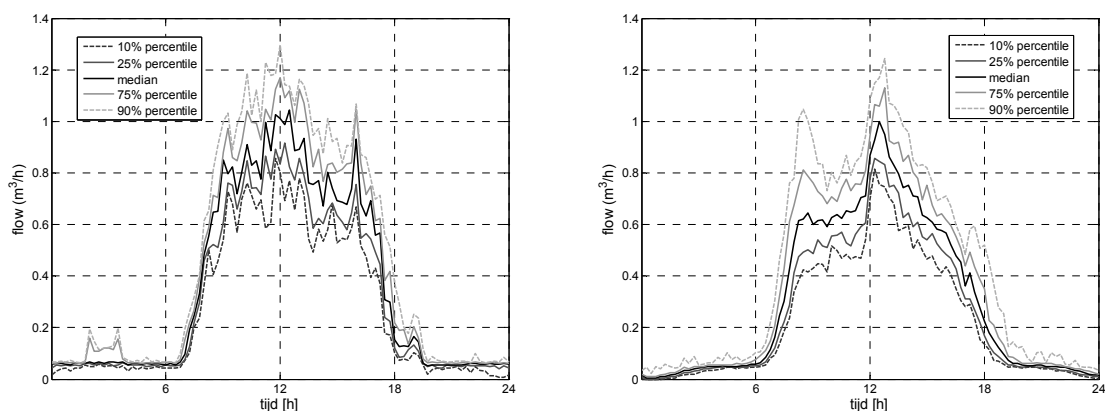
Uit de figuur blijkt dat het gesimuleerde patroon met behulp van SIMDEUM een goede beschrijving geeft van het waterverbruik in kantoor B. Zowel het patroon, de start- en eindtijd van waterverbruik, de hoeveelheid en de variatie tussen de verschillende dagen komen goed met elkaar overeen.



Figuur 7-6 (a) Gemeten patroon van het waterverbruik op werkdagen van 28 juli tot 26 oktober 2008 en (b) het gesimuleerde patroon van het totaal verbruik op basis van enquête gegevens uit 2008 voor kantoor B (50 gesimuleerde patronen), beide met tijdschaal van 15 minuten.

Kantoor C

Van kantoor C zijn meetgegevens beschikbaar in de periode van 3-18 november 2008. De metingen van de volumestroom zijn op minutenbasis. In Figuur 7-7 zijn voor kantoor C de gemeten patronen op de werkdagen in deze periode weergegeven in figuur a en de gesimuleerde patronen van het totaal waterverbruik in figuur b. De simulatie is gebaseerd op gegevens uit de enquête van 2008.

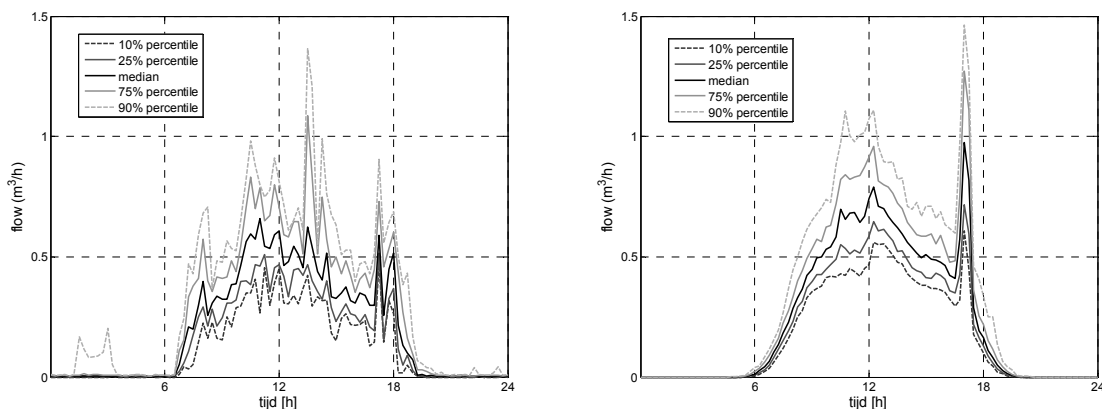


Figuur 7-7 (a) Gemeten patroon van het waterverbruik op werkdagen van 3 tot 18 november 2008 en (b) het gesimuleerde patroon van het totaal verbruik op basis van enquête gegevens uit 2008 voor kantoor C (50 gesimuleerde patronen), beide met tijdschaal van 15 minuten.

Figuur 7-7 toont aan dat met SIMDEUM het verbruik van kantoor C goed voorspeld kan worden. Dit wordt ondersteund door de objectieve beoordeling voor kantoor C (bijlage III.3.1). Het patroon van het waterverbruik komt redelijk overeen. De maximale volumestromen komen met elkaar overeen en vinden plaats op hetzelfde tijdstip. De simulatie laat echter meer een piek zien, terwijl de meting een geleidelijker verloop rond het maximum vertoont. De metingen laten daarnaast een piek zien in de nacht/vroege ochtend. Dit zou mogelijk kunnen wijzen op periodieke spoeling voor *Legionella* preventie.

Kantoor D

Van kantoor D zijn meetgegevens beschikbaar van de volumestroom op minutenbasis in de periode van 27 oktober tot 28 november 2008. Het patroon van het waterverbruik gedurende de werkdagen in deze periode is weergegeven in Figuur 7-8a. Het gesimuleerde patroon van het totaalwaterverbruik, gebaseerd op enquête gegevens uit 2008, is te zien in Figuur 7-8b.



Figuur 7-8 (a) Gemeten patroon van het waterverbruik op werkdagen van 27 oktober tot 18 november 2008 en (b) het gesimuleerde patroon van het totaal verbruik op basis van enquête gegevens uit 2008 voor kantoor D (50 gesimuleerde patronen), beide met tijdschaal van 15 minuten.

Het gesimuleerde waterverbruik van kantoor D laat zien dat met SIMDEUM het waterverbruik goed voorspeld kan worden voor dit kantoor. Het patroon van het waterverbruik is vergelijkbaar voor de meting en de simulatie. De maximale volumestroom tijdens de lunch ligt bij de simulatie iets hoger. De (schoonmaak-) piek later op de dag is zichtbaar bij beide patronen. Ook bij dit kantoor laten de metingen een piek zien in de nacht/vroege ochtend.

7.1.4 Validatie totaal waterverbruik kantoren

De patronen van het totale waterverbruik, als volumestroom over de dag, geven informatie over het totale waterverbruik in liters per persoon per dag en de variatie tussen de patronen van verschillende dagen. Voor elk kantoor is het gesimuleerde totale waterverbruik, het gemiddelde en de standaarddeviatie, vergeleken met het gemeten totaal waterverbruik. Voor het gemeten waterverbruik zijn de gemeten patronen gebruikt en het gemeten jaarverbruik.

Tabel 7-4 Het gemeten en door SIMDEUM gesimuleerde totaal waterverbruik in [l/p.dag] voor de kantoren A, B, C, en D.

kantoor	gemeten waterverbruik in [l/p.dag]			gesimuleerde waterverbruik in [l/p.dag]	
	op basis van jaarverbruik	op basis van patroon volumestroom*		op basis van gesimuleerde patroon volumestroom*	
		μ	σ	μ	σ
kantoor A	141	46**	9.9	28.4	2.0
kantoor B	20	15.6	3.2	20.8	2.0
kantoor C	22	22.1	1.3	19.9	2.5
kantoor D	30	17.7	6.0	19.8	1.5

ad *: μ is de gemiddelde waarde van het waterverbruik en σ de bijbehorende standaarddeviatie.

ad **: dit gemiddelde verbruik is exclusief het continue verbruik van 13.8 m³ per dag in deze periode (zie pagina 51)

Uit Tabel 7-4 blijkt dat het gemiddelde totaal waterverbruik voor de kantoren B, C en D goed voorspeld worden door SIMDEUM. De afwijking ten opzichte van de metingen bedraagt gemiddeld 10-20%. De variatie in het waterverbruik op verschillende dagen is met uitzondering van kantoor C in werkelijkheid groter.

De simulatie voor kantoor A wijkt echter sterk af van de metingen. Uit de vergelijking van het waterverbruik op basis van het gemeten jaarverbruik en de gemeten patronen van de volumestroom, blijkt dat het waterverbruik in kantoor A in verschillende perioden sterk kan verschillen. Het verschil

komt overeen met de eerder genoemde 120 [l/p.dag]. Dit bevestigt het vermoeden dat er een extra functionele ruimte aanwezig kan zijn dat zorgt voor meer waterverbruik, zoals een koeling of klimaatbeheersing. Daarnaast is kantoor A ten opzichte van de andere kantoren een groot kantoor. Het heeft 3 to 8x zoveel medewerkers. Het is mogelijk dat dit kantoor meer waterverbruikende faciliteiten biedt dan de overige kantoren, zoals intensiever gebruik van douche door de aanwezigheid van een 'echte' fitnessruimte. Daarnaast kunnen ook uitgebreidere of luxere restaurantfaciliteiten aanwezig zijn dat resulteert in een andere lunchcultuur en ander gebruik van water in de keuken.

7.1.5 Conclusie

SIMDEUM vormt een solide basis om het waterverbruik in kantoren te voorspellen. Uit de vergelijking van gemeten patronen van de volumestroom en de gesimuleerde patronen voor verschillende kantoren blijkt dat het met SIMDEUM mogelijk is de patronen van de volumestroom goed te voorspellen. Voor elk kantoor werd een uniek patroon verkregen op basis van de enquête- en aangenomen invoergegevens. In alle gevallen werd een patroon verkregen dat goed overeenkwam met de werkelijk gemeten patronen. Ook de totale hoeveelheid water dat op een dag verbruikt wordt, uitgedrukt in [l/p.dag] komt goed overeen met de metingen. Bij één kantoor kon de totale hoeveelheid water niet goed voorspeld worden. Deze afwijking kan toegeschreven worden aan een extra continu waterverbruik door koeling of klimaatbeheersing, wat ook in de metingen over een grotere periode waarneembaar is. SIMDEUM kan worden uitgebreid met een extra functionele ruimte die dit waterverbruik voorspelt. Daarnaast heeft dit kantoor tov. de andere kantoren een veel groter aantal werknemers. Dit kan aanleiding zijn tot meer en luxere restaurant- en sportfaciliteiten, dat door een andere lunch- en werkcultuur een groter verbruik per persoon veroorzaakt.

De metingen van alle kantoren laten echter een grotere variabiliteit in het gemeten waterverbruik zien. Door de modellering van de variabele bezetting van de kantoren op verschillende dagen is de variabiliteit van het gesimuleerde waterverbruik vergroot. De variatie is echter nog niet groot genoeg. Mogelijke oorzaken van de variabiliteit, die in SIMDEUM opgenomen kunnen worden, zijn:

- telewerken: door het telewerken kunnen medewerkers op verschillende dagen of dagdelen niet aanwezig zijn op kantoor.
- klantenbezoek: medewerkers kunnen delen van een dag niet aanwezig zijn door bezoek aan de klanten.
- bloktijden: in het huidige model van SIMDEUM zijn de bloktijden geconcentreerd rond de lunch. Het is denkbaar dat er op een dag meerdere bloktijden zijn, zoals rond de koffiepauze in de ochtend, die per afdeling kan verschillen.
- bezoekers: momenteel zijn de bezoekers op vergelijkbare manier opgenomen in het model als de medewerkers. Door de bezoekers als aparte gebruikers van de bijeenkomstruimte/pantry te modelleren met bloktijden van 10-12 uur en 13-16 uur kan een grotere variatie verkregen worden.
- werk in weekend: incidenteel werk in het weekend kan leiden tot een grotere variatie in het waterverbruik.
- keuken: momenteel wordt de keuken gemodelleerd met een vaste bezetting. Het is aannemelijk dat de kantine een wisselende bezetting heeft en ook het eetgedrag anders is (alleen melk, uitgebreide lunch, vergadering met uitgebreide lunch).
- schoonmaak: de schoonmaakacties kunnen per dag verschillen.
- douches: gebruik van douches op meerdere periodes op een dag of door meer personen.

Voor het waterverbruik van kantoren vormt het waterverbruik in de bijeenkomstruimte/pantry door het personeel en de bezoekers de grootste component in zowel het totaal waterverbruik op een dag als in het patroon van de volumestroom over een dag. De eerste vier punten, telewerken, klantenbezoek, bloktijden en bezoekers, zullen dus het meeste kunnen bijdragen aan een toename van de variabiliteit.

Bij enkele kantoren wordt een waterverbruik in de vroege ochtend zichtbaar in de gemeten patronen van de volumestroom. Dit nachtelijk verbruik is momenteel niet opgenomen in het SIMDEUM model. De oorzaak is de periodieke doorspoeling ter preventie van *Legionella*, dat als functionele ruimte in het model kan worden verwerkt. De bijdrage aan het totaal verbruik en aan het maximum verbruik is

beperkt. Daarnaast zijn kantoren niet wettelijk verplicht om *Legionella* preventie toe te passen. Modelleren van dit nachtelijk verbruik, dat dus niet gelijk is aan nul, kan wel belangrijk zijn o.a. bij het schatten van lekverliezen.

De validatie van het SIMDEUM model is volledig gebaseerd op uitgevoerde enquêtes en op aannames. Specifiekere informatie kan leiden tot een verbetering van de gesimuleerde waterverbruiken. Meer en gedetailleerdere informatie is nodig over medewerkers die telewerken (hoeveel dagen, hoeveel uur), over het douchegebruik (hoeveel medewerkers, welke tijdstippen), over de keuken (hoeveel mensen werken er precies, hoeveel spullen kunnen in de vaatwasmachine, hoeveel mensen maken gebruik van de kantine met wat voor lunch), over de schoonmaak (hoeveel schoonmaker, hoeveel water per schoonmaak (natte doekjes, emmers)). Daarnaast kunnen, afhankelijk van de toepassing van het SIMDEUM model, aannames worden veranderd of onderzocht, bijvoorbeeld bij een ontwerp voor een maximaal aantal dagen.

7.2 Hotels

Het waterverbruik van de hotels A t/m D (Tabel 4-2, pag. 28), dat voorspeld wordt door SIMDEUM, wordt gevalideerd met metingen van het jaarverbruik van het hotel en met metingen van de volumestroom. Van elk hotel wordt de invoer van SIMDEUM beschreven die specifiek voor het hotel is. Vervolgens wordt de gevoeligheid van het gesimuleerde waterverbruik, zowel het patroon van de volumestroom over de dag als het totale waterverbruik beschreven. Tenslotte worden de gesimuleerde patronen van de volumestroom en het totale waterverbruik per hotel vergeleken met de beschikbare metingen. De objectieve beoordeling van de gesimuleerde patronen van hotel C ten opzichte van de metingen is beschreven in bijlage III.

7.2.1 Specifieke invoer SIMDEUM per hotel

Voor de invoer van de gegevens voor het simulatiemodel SIMDEUM is gebruik gemaakt van de door de hotels ingevulde enquêtes. Omdat sommige hotels een heel specifiek karakter hebben, is extra informatie afgeleid uit de bijbehorende internetsites. Wanneer de benodigde gegevens niet bekend zijn, is een aanname gemaakt. In Tabel 7-5 zijn de gebruikers en de bloktijden gegeven van elke functionele ruimte voor de verschillende hotels. In Tabel 7-6 zijn de waterverbruikende apparaten binnen elke functionele ruimte gegeven.

Tabel 7-5 Invoergegevens voor SIMDEUM voor het aantal gebruikers en de bijbehorende bloktijden van een functionele ruimte voor de hotels A, B, C en D.

	Functionele ruimte	Type gebruiker	Aantal gebruikers	Bloktijden hotel			
				t1	t2	t3	t4
Hotel A ^a	Hotelkamers	hotelgasten	385				
		hotelgasten werk		7:00	8:30	9:00	8:00
		hotelgasten vakantie		8:00	10:00	14:00	8:00
	Keuken	keuken verdiepingen	345	7:30	17:00	20:00	22:30
		keukenpersoneel-ontbijt	5	6:30	-	-	10:00
		keukenpersoneel-lunch	4	10:30	-	-	14:00
		keukenpersoneel-diner	4	15:00	17:00	20:00	21:30
	Bijeenkomstruimte/ pantry	Hotelpersoneel en bezoekers	30	8:00	10:00	20:00	23:00
		bezoekers-cursist	345	9:00	12:00	14:00	16:00
	Schoonmaak	Schoonmaakteam	5	9:00	-	-	16:00
Douche	Sporters	1 ^b	8:30	-	-	18:00	
Hotel B	Hotelkamers	hotelgasten	158				
		hotelgasten werk		7:00	8:30	9:00	8:00
		hotelgasten vakantie		8:00	10:00	14:00	8:00
	Keuken	keukenpersoneel-ontbijt	6	7:00	-	-	10:00

	Functionele ruimte	Type gebruiker	Aantal gebruikers	Bloktijden hotel			
				t1	t2	t3	t4
		keukenpersoneel-lunch	6	10:30	-	-	14:00
		keukenpersoneel-diner	6	15:00	17:00	20:00	22:30
	Bijeenkomstruimte/ pantry	Hotelpersoneel en bezoekers	60	8:00	10:00	20:00	23:00
	Schoonmaak	Schoonmaakteam	12	8:00	-	-	14:00
	Douche	Sporters	3	8:30	-	-	18:00
Hotel C	Hotelkamers	hotelgasten	110				
		hotelgasten werk		7:00	8:30	9:00	8:00
		hotelgasten vakantie		8:00	10:00	14:00	8:00
	Keuken	keukenpersoneel-ontbijt	8	7:00	-	-	10:00
		keukenpersoneel-lunch	8	10:30	-	-	14:00
		keukenpersoneel-diner	12	15:00	17:00	20:00	22:30
	Bijeenkomstruimte/ pantry	Hotelpersoneel en bezoekers	300	8:00	10:00	20:00	23:00
		bezoekers-congres	2-700	9:00	12:00	14:00	16:00
		bezoekers-theater	150-700	19:30	21:30	22:00	23:00
	Schoonmaak	Schoonmaakteam	20	9:00	-	-	13:00
	Fitnessruimte/Fysio	Sporters	30	8:30	-	-	18:00
Hotel D	Hotelkamers	hotelgasten	376				
		hotelgasten werk		7:00	8:30	9:00	8:00
		hotelgasten vakantie		8:00	10:00	14:00	8:00
	Keuken	keukenpersoneel-ontbijt	10	6:30	-	-	10:00
		keukenpersoneel-lunch	10	10:30	-	-	14:00
		keukenpersoneel-diner	12	15:00	17:00	20:00	22:30
	Bijeenkomstruimte/ pantry	Hotelpersoneel en bezoekers	120	8:00	10:00	20:00	23:00
	Schoonmaak	Schoonmaakteam	26	10:00	-	-	16:00
	Fitnessruimte	Sporters	50	8:30	-	-	22:00

ad ^a: hotel met op elke verdieping een keuken. Aangenomen is dat deze voornamelijk gebruikt wordt voor het ontbijt. De meeste mensen maken gebruik van het ontbijt in het restaurant. Slechts een deel maakt gebruik van lunch en diner.

ad ^b: de extra douches bevinden zich in dit hotel in de keuken, wat het kleine aantal gebruikers van de douche verklaart.

Tabel 7-6 Invoergegevens voor SIMDEUM voor de waterverbruikende apparaten binnen de functionele ruimtes van de hotels A, B, C en D.

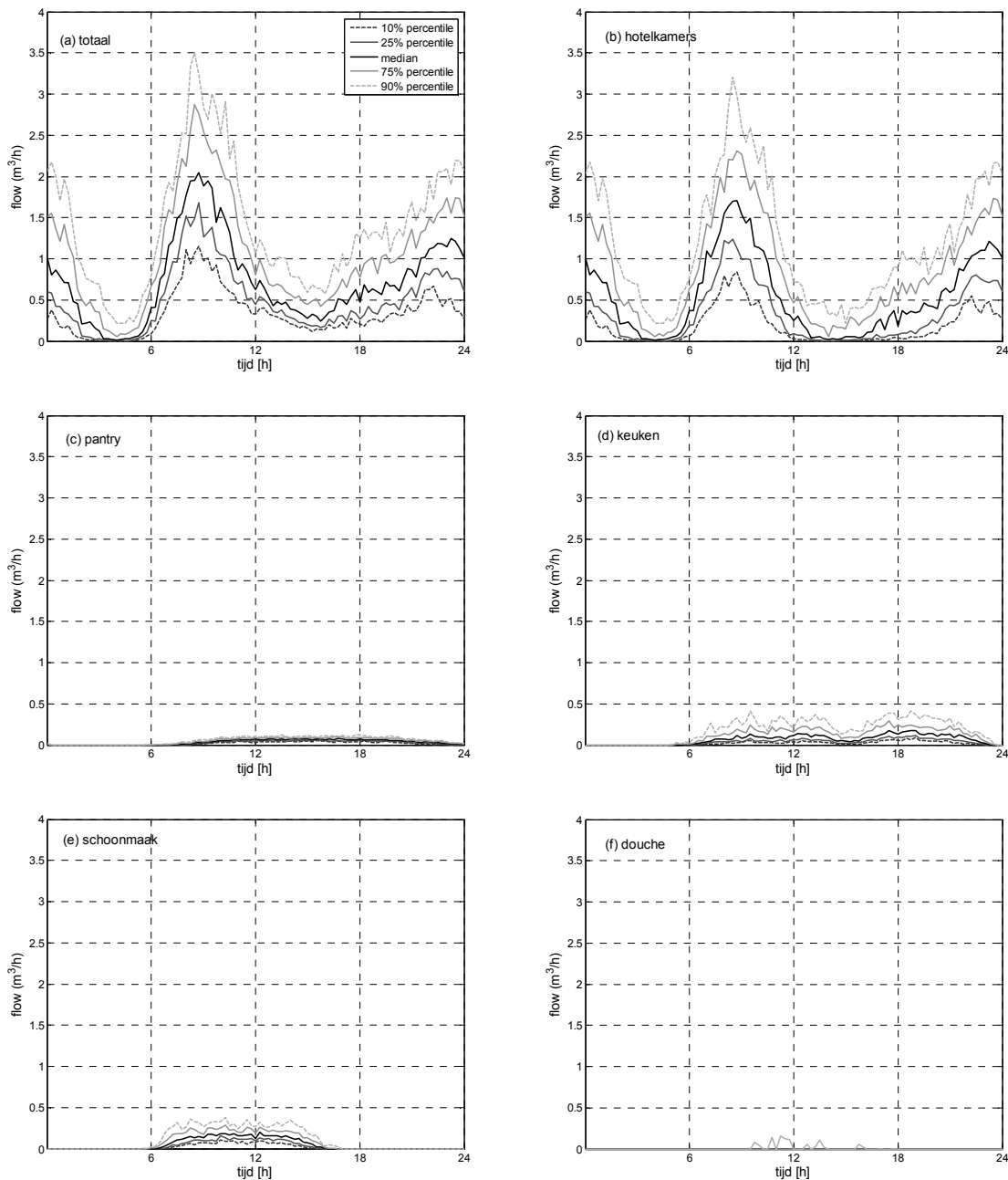
	Functionele ruimte	toiletten	kraan	automaat	vaat-wasmachine	douche
Hotel A	Hotelkamers	1x	1xwarm 1xkoud			douche geen bad
	Keuken- verdieping		24 x koud 24 x warm			
	Keuken		3 x koud 3 x warm		3 x	
	Bijeenkomstruimte /pantry	10 x dames; 10 x heren; 9 x urinoirs	6 x wastafel	2 x koffie/ thee/water		
	Schoonmaak		5 x koud 5 x warm			
	Fitnessruimte					2 x
Hotel B	Hotelkamers	1x	1xwarm 1xkoud			douche bad
	Keuken		3 x koud 3 x warm		3 x	
	Bijeenkomstruimte /pantry	4 x dames; 4 x heren; 4 x urinoirs	6 x wastafel	9 x koffie/ thee/water		
	Schoonmaak		12 x koud 12 x warm			
	Douche					2 x
Hotel C	Hotelkamers	1x	1xwarm 1xkoud			douche bad
	Keuken		5 x koud 5 x warm		1 x	
	Bijeenkomstruimte /pantry	40 x dames; 40 x heren; 40 x urinoirs	69 x wastafel	7 x koffie/ thee/water		
	Schoonmaak		20 x koud 20 x warm			
	Douche					8 x
Hotel D	Hotelkamers	1x	1xwarm 1xkoud			douche bad
	Keuken		5 x koud 5 x warm		3 x	
	Bijeenkomstruimte /pantry	6 x dames; 6 x heren; 10 x urinoirs	18 x wastafel	7 x koffie/ thee/water		
	Schoonmaak		26 x koud 26 x warm			
	Douche					4 x

7.2.2 Gevoeligheidsanalyse waterverbruik hotel

Gevoeligheid van het totaal waterverbruik voor het verbruik in de functionele ruimtes

Het totale waterverbruik van een hotel wordt bepaald door de bijdrage van het waterverbruik in de verschillende functionele eenheden. In Figuur 7-9 is het gesimuleerde totale waterverbruik gegeven voor

hotel B en het waterverbruik in elke functionele ruimte. Dit hotel is samen met hotel D een standaard hotel, bestaande uit hotelkamers en kleine vergaderzalen. De invloed van het specifieke karakter van hotel A (cursisten) en hotel C (congres en theater) blijkt uit de patronen die bij de specifieke hotels horen (paragraaf 7.2.3).



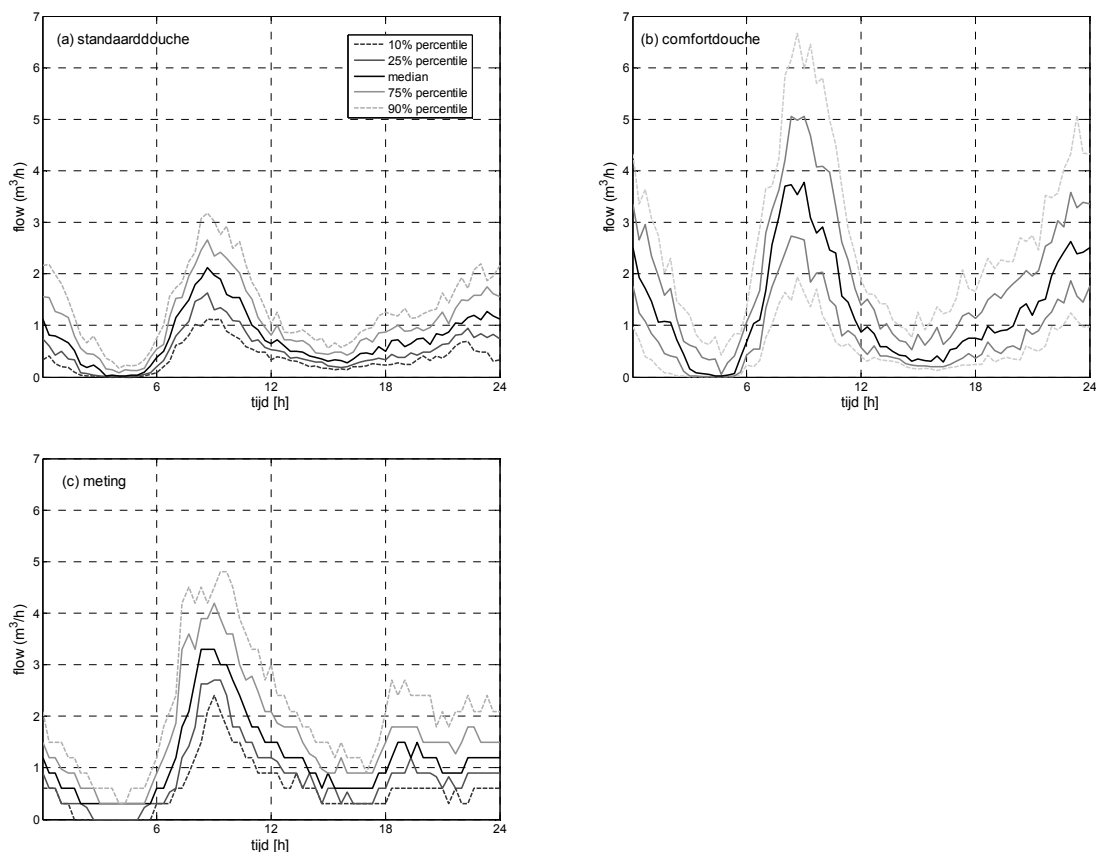
Figuur 7-9 Gesimuleerde patronen van het waterverbruik met tijdschaal van 15 minuten ($[m^3/h]$) in de functionele ruimtes van hotel B: (a) totaal waterverbruik, (b) waterverbruik in hotelkamers, (c) waterverbruik in bijeenkomstruimte/pantry, (d) waterverbruik in keuken, (e) waterverbruik door schoonmaak, (f) waterverbruik in douche.

Uit Figuur 7-9 blijkt dat de grootste bijdrage aan het totaal waterverbruik wordt geleverd door het waterverbruik in de hotelkamers (76% van het totaal waterverbruik). Tevens blijkt dat het patroon van de totale volumestroom voornamelijk wordt veroorzaakt door het waterverbruik in de hotelkamers. Dit patroon is vergelijkbaar voor alle standaard hotels. Bij de hotels met een bijzonder karakter zal de pantry een bijdrage gaan leveren aan het patroon van het totaal waterverbruik, afhankelijk van de soort gast.

Congresgasten en cursisten zullen het verbruik in de loop van de dag verhogen, terwijl theaterbezoekers een verhoogd avond verbruik zullen geven.

Gevoeligheid van totaal waterverbruik voor het type douche in de hotelkamers

Uit de gevoeligheid van het totaal waterverbruik voor het waterverbruik in de verschillende functionele ruimtes blijkt dat zowel het patroon van de volumestroom als de totale hoeveelheid water het meest bepaald worden door het waterverbruik op de hotelkamers. Om deze reden is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd van het totale waterverbruik voor het type douche. In Tabel 4-4 zijn de volumestroom voor de standaard douche met spaarkop en voor de comfortdouche weergegeven. De comfortdouche gebruikt 3x zoveel water dan een standaard douche. In Figuur 7-10a en b zijn de gesimuleerde patronen van hotel B weergegeven bij verschillende type douchekoppen in de hotelkamers. In Figuur 7-10c is het gemeten patroon van het totaalverbruik van hotel B te zien.



Figuur 7-10 Het gesimuleerde waterverbruik van hotel B bij verschillende type douches: (a) standaard douchekop en (b) comfort douchekop en het gemeten waterverbruik (c) (met tijdschaal van 20 minuten)

Tabel 7-7 Het gesimuleerde totaal waterverbruik in [l/p.dag] bij verschillende type douchekoppen in de hotelkamers en het gemeten totaal verbruik voor hotel B.

type douchekop	waterverbruik in [l/p.dag]
standaard douchekop	123
comfort douchekop	214
meting	191 op basis van gemeten patroon (65 dagen) 226 op basis van jaarverbruik

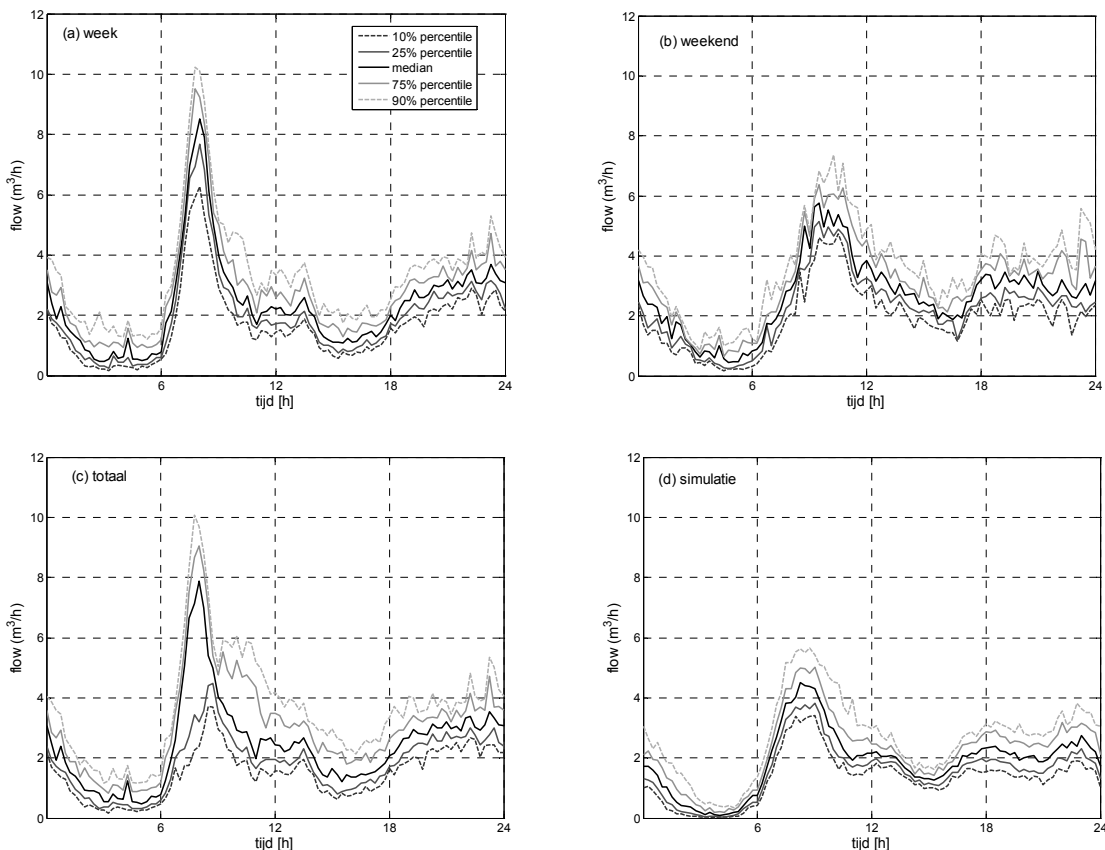
Uit de figuur blijkt dat de uitrusting van een hotelkamer met een comfortdouchekop leidt tot een veel hoger verbruik van water. Dit blijkt tevens uit het totaal waterverbruik, wat is weergegeven in Tabel 7-7. Voor hotel B komen het gesimuleerde patroon en het totaal waterverbruik bij gebruik van een comfortdouche beter overeen met de metingen. Vooral het maximum in de volumestroom wordt beter beschreven. Dit geldt echter niet voor alle hotels. Het type douchekop dat aanwezig is op de hotelkamers moet dus expliciet in de enquête worden opgenomen.

7.2.3 Validatie waterverbruik patronen in hotel

Van elk hotel wordt het gesimuleerde patroon van het totaal waterverbruik vergeleken met de gemeten patronen.

Hotel A

Van hotel A zijn metingen beschikbaar van de volumestroom op 5 minutenbasis in de periode van 1 tot 30 juni 2006. Tevens is het jaarverbruik over 2007 bekend. In Figuur 7-11 zijn de gemeten patronen van het totaal verbruik weergegeven op weekdagen, weekenddagen en op alle dagen (totaal). Uit de figuur blijkt dat het maximum verbruik in het weekend lager ligt en later op de ochtend. De variabiliteit in patronen wordt voornamelijk door het verschil in week- en weekendgebruik veroorzaakt. Het avond- en nachtverbruik is door de week en in het weekend vergelijkbaar. In Figuur 7-11d is het gesimuleerde patroon van de volumestroom te zien.



Figuur 7-11 Gemeten patroon waterverbruik voor hotel A op (a) weekdagen, (b) weekenddagen en (c) op alle dagen in de periode 1-30 juni 2006 en het gesimuleerde patroon van het totaal waterverbruik, op zowel week- als weekenddagen, op basis van enquête gegevens uit 2008 (d) (50 gesimuleerde patronen), allen met tijdschaal van 15 minuten.

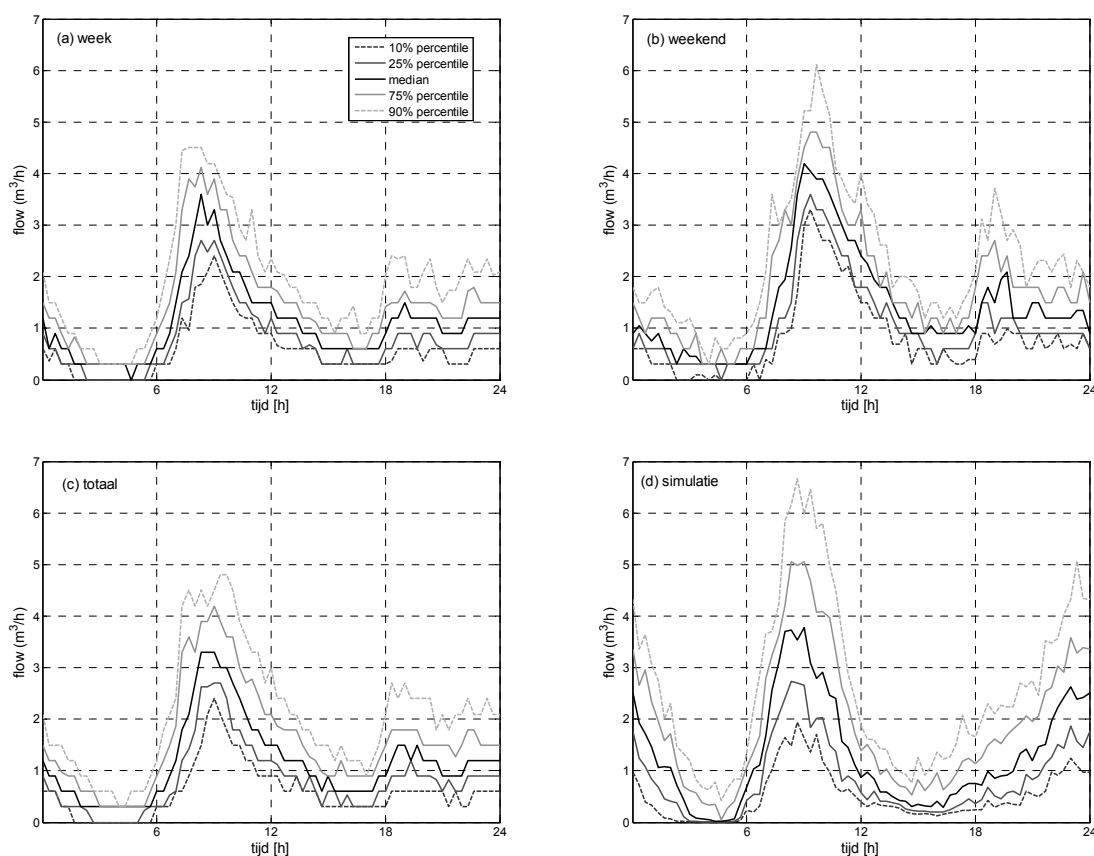
Uit de vergelijking van het gesimuleerde patroon van het waterverbruik met de meting blijkt dat SIMDEUM een vergelijkbaar patroon voorspelt voor het waterverbruik over de dag. Hotel A heeft een bijzonder karakter, daar het overdag cursussen aanbiedt aan de gasten. SIMDEUM is dus in staat om het waterverbruik van een hotel met een bijzonder karakter te voorspellen. Vooral het dagelijks en avond gebruik worden goed voorspeld. De gesimuleerde ochtendpiek is echter lager dan de gemeten piek. De

hogere volumestroom treedt vooral op doordeweekse dagen op. Een mogelijke verklaring voor deze hogere piek kan zijn dat in de ochtend cursisten arriveren, die niet in het hotel verblijven. Een andere reden kan zijn dat de gasten in dit hotel vooral internationale cursisten zijn. Deze kunnen door andere culturele gewoonten een hoger verbruik hebben in de ochtend. Hierbij valt te denken aan een hoger waterverbruik tijdens douchen, het afwassen onder stromend water of het klaarmaken van warme maaltijden als ontbijt.

Daarnaast is bij de invoer van de gegevens voor SIMDEUM aangenomen dat het een relatief sober hotel betreft: geen bad op de hotelkamers en een spaar douchekop en geen comfortdouche. Het is mogelijk dat enkele kamers een luxere uitvoering hebben.

Hotel B

Van hotel B zijn meetgegevens van de volumestroom op 10 minutenbasis beschikbaar voor de periode van 21 september tot 4 december 2004. Het patroon van het waterverbruik op week- en weekenddagen is weergegeven in Figuur 7-12. Uit de figuur blijkt dat er geen groot verschil is in het patroon tussen week en weekenddagen. In het weekend is het maximum verbruik iets hoger. Daarnaast wordt het maximale verbruik later in de ochtend bereikt. In Figuur 7-12d is het gesimuleerde patroon van het totaal waterverbruik voor dit hotel weergegeven.

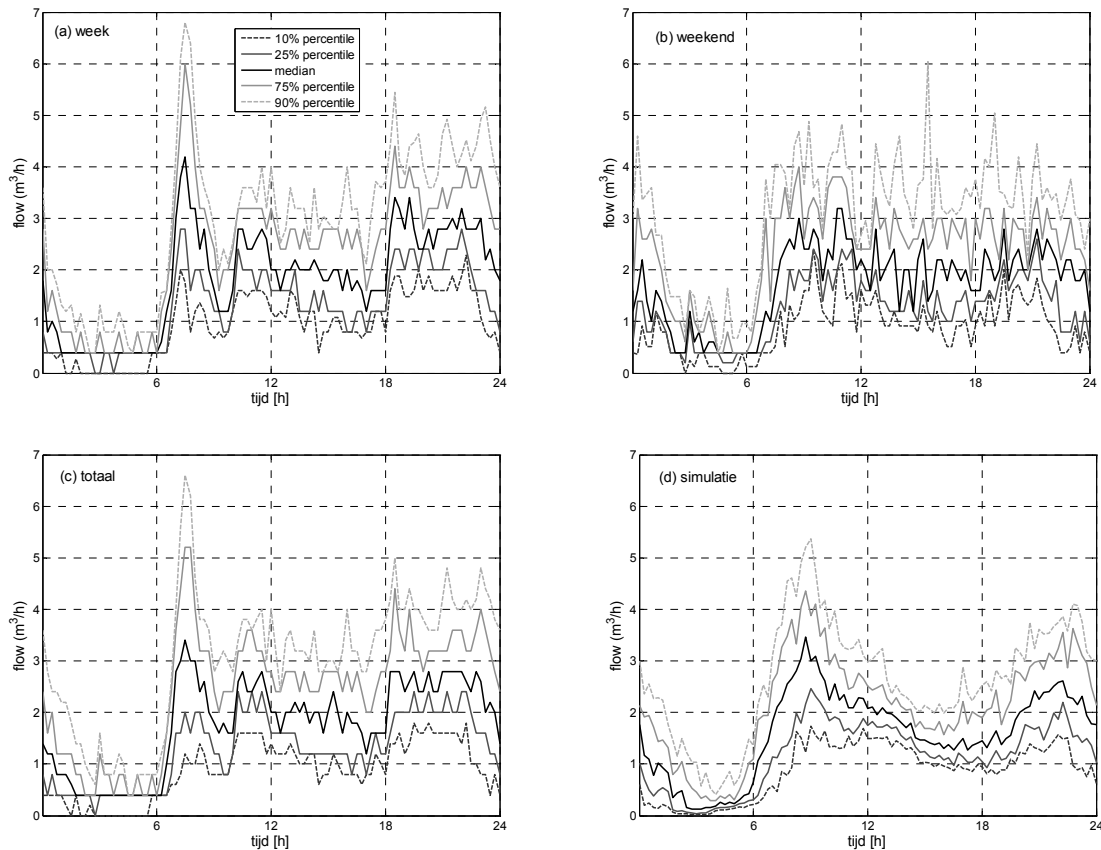


Figuur 7-12 Gemeten patroon waterverbruik voor hotel B op (a) weekdagen, (b) weekenddagen en (c) op alle dagen in de periode 21 september tot 4 december 2004 en het gesimuleerde patroon van totaal waterverbruik op basis van enquête gegevens uit 2008 (d) (50 gesimuleerde patronen), allen met een tijdschaal van 20 minuten.

Op basis van de gevoeligheidsanalyse uit paragraaf 7.2.2 is voor hotel B gekozen voor een comfortdouche op elke hotelkamer. Dit resulteert in een goede voorspelling van het patroon van het totaal waterverbruik door SIMDEUM, zoals zichtbaar is in Figuur 7-12. Zowel het patroon, als de hoogte van de maximale volumestroom komen met elkaar overeen. Alleen het nachtelijk verbruik wordt door SIMDEUM in het begin van de nacht overschat en in de nacht onderschat.

Hotel C

Van hotel C zijn meetgegevens beschikbaar in de periode van 1-30 juni 2006. De metingen van de volumestroom vonden plaats op 5 minuten basis. In Figuur 7-13 zijn de gemeten patronen van het waterverbruik te zien voor weekdagen in figuur a, voor weekenddagen in figuur b en voor beide in figuur c. In figuur d zijn de gesimuleerde patronen van het totaal waterverbruik voor dit hotel te zien op basis van gegevens uit de enquête.



Figuur 7-13 Gemeten patroon waterverbruik voor hotel C op (a) weekdagen, (b) weekenddagen en (c) op alle dagen in de periode 1-30 juni 2006 en het gesimuleerde patroon van totaal waterverbruik op basis van enquête gegevens uit 2008 (d) (50 gesimuleerde patronen), allen met tijdschaal van 15 minuten.

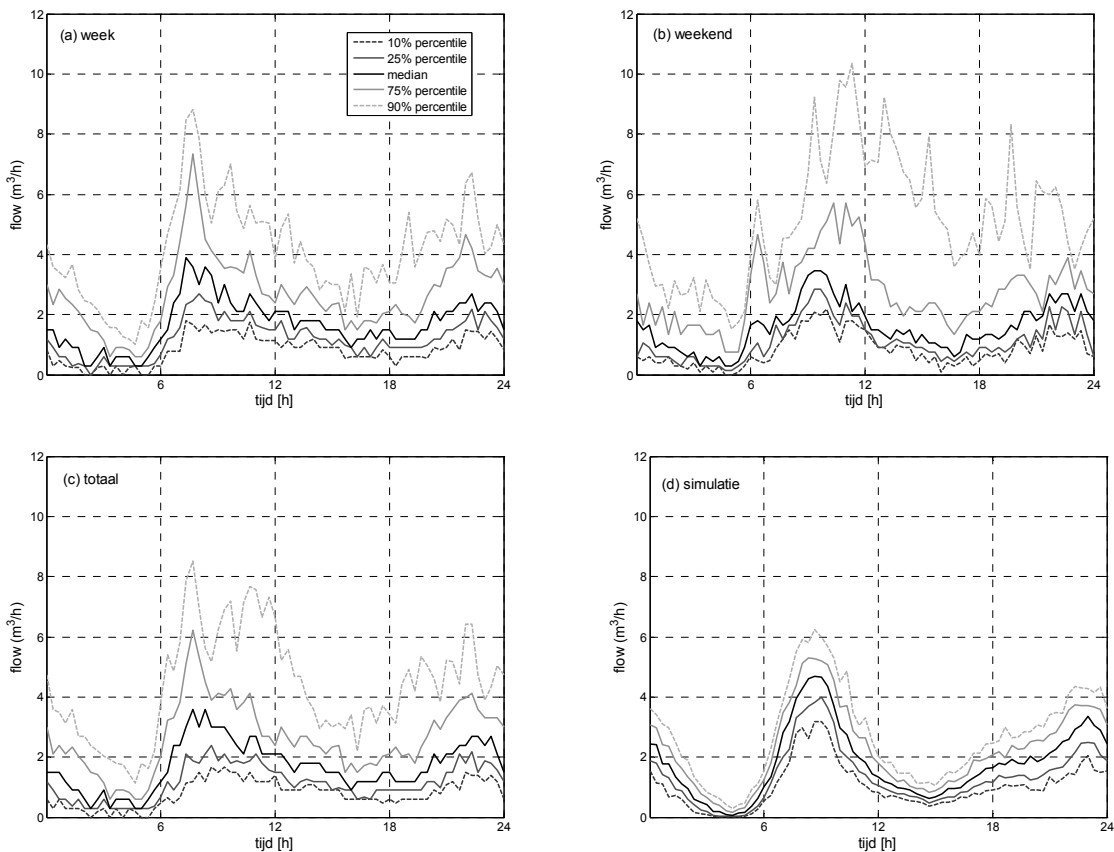
Hotel C is een hotel met meerdere functies. Naast de mogelijkheid tot verblijf in de hotelkamers zijn er meerdere congresszalen, een theater en meerdere restaurants. Dit resulteert in verschillende patronen voor de weekdagen en de weekenddagen. In de weekenddagen zullen er minder congressen plaatsvinden. Hierdoor zijn de hotelkamers minder bezet en is het maximale verbruik in de ochtend lager. Door het luxe karakter van het hotel is uitgegaan van comfortdouches op de hotelkamers. Daarnaast hebben de bezoekers van dit hotel verschillende karakters: hotelgasten, congresbezoekers en theaterliefhebbers. Van de theaterliefhebbers is aangenomen dat ze 's avonds gemiddeld 1-2x naar het toilet gaan. Bij de simulatie van het waterverbruik in hotel C, zijn naast de variatie in bezettingsgraad van de hotelkamers (zie paragraaf 4.3.3 op pagina 31), ook de bezoekersaantallen gevarieerd. Omdat het bezoekersaantal tijdens de gemeten periode niet bekend is, wordt voor elke simulatie een aantal congresbezoekers gekozen uit een normale verdeling met gemiddelde van 350 en een standaard deviatie van 100. Hetzelfde gebeurt voor de bezoekers van het theater.

Uit Figuur 7-13 blijkt dat het met SIMDEUM heel goed mogelijk is om het waterverbruik van een hotel met meerdere functies te voorspellen. Zowel het patroon als de hoogte van het verbruik van de metingen en de simulaties komen zeer goed met elkaar overeen. Alleen in het begin van de avond is het

voorspelde waterverbruik minder goed. Dit komt overeen met de objectieve beoordeling van de gesimuleerde patronen, beschreven in bijlage III.3.2.

Hotel D

Van hotel D zijn meetgegevens beschikbaar van de volumestroom op 10 minutenbasis in de periode van 21 december 2004 tot 20 januari 2005. De patronen van het gemeten waterverbruik zijn voor week- en weekenddagen weergegeven in Figuur 7-14a-c. Hotel D is net als hotel B een hotel, zonder bijzondere functies. Dit blijkt ook uit de patronen die voor de weekdagen en de weekenddagen niet veel verschil vertonen. De variatie is in het weekend groter en het maximum van de volumestroom vindt later in de ochtend plaats. In Figuur 7-14d is het gesimuleerde patroon van het totaal waterverbruik weergegeven voor hotel D op basis van de gegevens uit de enquête.



Figuur 7-14 Gemeten patroon waterverbruik voor hotel D op (a) weekdagen, (b) weekenddagen en (c) op alle dagen in de periode van 21 december 2004 tot 20 januari 2005 en het gesimuleerde patroon van totaal waterverbruik op basis van enquête gegevens uit 2008 (d) (50 gesimuleerde patronen), allen met een tijdschaal van 20 minuten.

Het met SIMDEUM gesimuleerde patroon komt zeer goed overeen met de gemeten patronen van het waterverbruik. Zowel de hoogte van de volumestroom, als het patroon over de gehele dag zijn vergelijkbaar met de metingen. De metingen vertonen echter een veel grotere variatie tussen de patronen, vooral in het weekend. Een mogelijke oorzaak voor het extra waterverbruik in het weekend, is de bezetting van enkele luxe suites (2) in het hotel of een grotere bezetting van het hotel dan in de simulaties.

7.2.4 Validatie totaal waterverbruik hotel

Het totale waterverbruik van een hotel, uitgedrukt in liters per bezet bed per dag kan worden afgeleid uit de patronen van de volumestroom over een dag. Tevens geven de patronen informatie over de variatie tussen de volumestroompatronen van verschillende dagen. Voor elk hotel is het gesimuleerde gemiddelde waterverbruik (μ) en de bijbehorende standaarddeviatie (σ) vergeleken met het gemeten

waterverbruik. Het gemeten waterverbruik is berekend uit de gemeten patronen van de volumestroom en uit het jaarverbruik dat voor elk hotel in de enquête is opgegeven.

Tabel 7-8 Het gemeten en door SIMDEUM gesimuleerde totaal waterverbruik in [l/bezet bed.dag] voor de hotels A, B, C en D.

hotel	gemeten waterverbruik in [l/bezet bed.dag]			gesimuleerde waterverbruik in [l/bezet bed.dag]	
	op basis van jaarverbruik	op basis van patroon volumestroom*		op basis van gesimuleerde patroon volumestroom*	
		μ	σ	μ	σ
hotel A	147	156	15	120	13
hotel B	226	191	35	214	58
hotel C	449	415	72	382	66
hotel D	191	138	74	114	23

ad *: μ is de gemiddelde waarde van het waterverbruik en σ de bijbehorende standaarddeviatie.

Uit Tabel 7-8 blijkt dat het gemiddelde waterverbruik van de hotels redelijk goed voorspeld wordt door SIMDEUM. In de meeste gevallen wordt de totale gemiddelde hoeveelheid voor 10-20% onderschat. Het door SIMDEUM voorspelde waterverbruik voor hotel B is vergelijkbaar met het gemiddelde jaarverbruik, maar ligt 12% hoger dan het gemiddelde verbruik op basis van de gemeten patronen van de volumestroom. De variatie tussen de gesimuleerde patronen is vergelijkbaar met de gemeten patronen. Alleen voor hotel D geldt dat de variantie in de metingen groter is dan de variantie in de simulaties. Dit is ook zichtbaar in de patronen van de volumestroom (Figuur 7-14). Gezien de grote variatie in typologie van de hotels is dit een bijzonder goed resultaat.

7.2.5 Conclusie

De validatie van vier verschillende hotels door het gesimuleerde waterverbruik te vergelijken met de gemeten waterverbruiken, toont aan dat SIMDEUM een goede basis vormt voor de voorspelling van het waterverbruik van hotels. Het waterverbruik van hotels met verschillende karakters kan goed beschreven worden door SIMDEUM. Zowel het patroon van de volumestroom, het totaal waterverbruik als de variatie tussen de verschillende dagen. De verschillende mogelijkheden van hotels, naast het verblijf van hotelgasten in de hotelkamers, zoals congressen, theater, restaurants kunnen in het simulatie model SIMDEUM worden verwerkt, waardoor goede voorspellingen van het waterverbruik worden verkregen.

Het waterverbruik van standaard (zakelijke) hotels wordt voornamelijk bepaald door het waterverbruik op de hotelkamers. De maximale volumestroom in de ochtend wordt met name door het waterverbruik in de ochtend in de hotelkamers veroorzaakt, door het douchen en het toiletgebruik. Extra functies zoals een congres of een theater zorgen voor additioneel waterverbruik in de bijeenkomstruimte/pantry, door toiletbezoek tijdens de cursus of theater en voor extra waterverbruik in de keuken.

Door de dominante bijdrage van het waterverbruik in de hotelkamers aan het totale waterverbruik, is deze gevoelig voor de installatie in de hotelkamers. De aanwezigheid van een comfortdouche in plaats van een standaard douchekop veroorzaakt een groter waterverbruik en een groter maximum volumestroom. De aanwezigheid van een comfortdouche kop of een explicietere beschrijving van de uitrusting van een hotelkamer moet in de enquête opgenomen worden. Daarnaast is voor de simulatie van het waterverbruik van de hotelkamers een bezetting van het aantal bedden in een kamer aangenomen. Deze aanname heeft invloed op het gesimuleerde waterverbruik. Specifiekere informatie hierover kan het gesimuleerde waterverbruik verbeteren.

Bij de hotels met extra functies, blijkt het met aannames mogelijk te zijn om een goede voorspelling van het waterverbruik te verkrijgen met SIMDEUM. Specifiekere informatie over het restaurant gebruik (hoeveel mensen nemen deel aan ontbijt, lunch en diner), het gebruik van de keuken tijdens congressen, bezoekersaantallen en frequentie van congressen, het theaterbezoek, kunnen de voorspelling verbeteren.

Tevens kan informatie over het aantal medewerkers in de keuken, de frequentie van vaatwas gebruik en informatie over de schoonmaak leiden tot een verbetering van de voorspelling van het waterverbruik. Dat op basis van aannames al een goede voorspelling wordt verkregen van het waterverbruik door SIMDEUM, benadrukt de waarde van SIMDEUM. Reeds in de ontwerpfase, wanneer nog beperkte informatie beschikbaar is over het specifieke gebruik en de tijdens) is SIMDEUM geschikt voor het verkrijgen van een reële voorspelling van het waterverbruik.

7.3 Zorginstellingen

Door de afwezigheid van geschikte data voor ziekenhuizen, zoals beschreven in paragraaf 5.4 (pagina 37), is de validatie van zorginstellingen beperkt tot bejaardenhuizen, verpleeghuizen en verzorgingshuizen. Van slechts één verpleeghuis is een gerichte enquête ingevuld (zorginstelling 2 in Tabel 5-6, pagina 37). Van dit verpleeghuis is echter alleen het jaarverbruik van 2007 bekend; er zijn geen metingen beschikbaar van het dagpatroon van de volumestroom. Dit verpleeghuis wordt in het vervolg zorginstelling A genoemd. Van drie andere zorginstellingen B t/m D zijn deze metingen wel beschikbaar. Door het ontbreken van de bijbehorende enquête, zijn voor deze zorginstellingen gegevens gezocht op de corresponderende website. Ontbrekende gegevens zijn aangenomen, met de gerichte enquête van het verpleeghuis als voorbeeld/richtlijn voor de andere zorginstellingen. In Tabel 7-9 staan de algemene gegevens van de zorginstellingen, die gebruikt zijn voor de validatie van SIMDEUM.

Tabel 7-9 Algemene gegevens van de zorginstellingen voor de validatie van SIMDEUM, waarbij van zorginstelling A een gerichte enquête aanwezig is. De cursief weergegeven getallen geven aannames aan.

zorginstelling	A	B	C	D
soort zorginstelling	verpleeghuis	verpleeghuis	verpleeghuis	verzorgingshuis serviceflat
aantal medewerkers	400	465	435	435
aantal mannen	20%	20%	20%	20%
aantal vrouwen	80%	80%	80%	80%
FTE	212	250	231	212 ^a
aantal bedden	193	225	210	210
aantal 1 p kamers	36	116	68	110
aantal meer persoonskamers	48	67	50	-
aantal aanleunwoningen	-	-	-	80
gem. bezettingsgraad bedden	100%	100%	100%	100%
meting waterverbruik m ³ /jaar	10000			
waterverbruik m ³ /jaar.bezet bed	51,8			
waterverbruik liter/dag.bezet bed	142			

ad ^a: er is aangenomen dat in de serviceflat naar verhouding minder personeel werkzaam is

Van elke zorginstelling wordt de invoer van SIMDEUM beschreven die specifiek voor deze zorginstelling is. De opbouw van de functionele eenheden is volledig afgeleid van de gerichte enquête van zorginstelling A. Vervolgens wordt de gevoeligheid van het gesimuleerde waterverbruik, zowel het patroon van de volumestroom over de dag als het totale waterverbruik, beschreven. Tenslotte worden de gesimuleerde patronen van de volumestroom en het totale waterverbruik per zorginstelling vergeleken met de beschikbare metingen. De objectieve beoordeling van de gesimuleerde patronen van zorginstelling D ten opzichte van de metingen is beschreven in bijlage III.

7.3.1 Specifieke invoer SIMDEUM per zorginstelling

De invoergegevens voor SIMDEUM voor de zorginstellingen A t/m D zijn weergegeven in Tabel 7-10 tot Tabel 7-12. In Tabel 7-10 en Tabel 7-11 zijn de gebruikers en de bloktijden voor elke functionele ruimte gegeven en in Tabel 7-12 de waterverbruikende apparaten in elke functionele ruimte.

Tabel 7-10 Invoergegevens voor SIMDEUM voor het aantal gebruikers en de bijbehorende bloktijden van een functionele ruimte in de zorginstellingen A, B, C en D.

	Functionele ruimte	Type gebruiker	Aantal gebruikers
Zorg- instelling A	Verpleegafdeling	verpleegden-algemeen	193
		verpleegden-wassen	193
	Afdelingskeuken	personeel afdeling	6
	Bijeenkomst- ruimte/pantry	personeel en bezoekers	237
	Centrale keuken	keukenpersoneel	virtueel
	Technische ruimte	personeel	virtueel
Zorg- instelling B	Verpleegafdeling	verpleegden-algemeen	225
		verpleegden-wassen	225
	Afdelingskeuken	personeel afdeling	8
	Bijeenkomst- ruimte/pantry	personeel en bezoekers	288
	Centrale keuken	keukenpersoneel	virtueel
	Technische ruimte	personeel	virtueel
Zorg- instelling C	Verpleegafdeling	verpleegden-algemeen	210
		verpleegden-wassen	210
	Afdelingskeuken	personeel afdeling	6
	Bijeenkomst- ruimte/pantry	personeel en bezoekers	256
	Centrale keuken	keukenpersoneel	virtueel
	Technische ruimte	personeel	virtueel
Zorg- instelling D	Aanleunwoning	senioren	100
	Verpleegafdeling	verpleegden-algemeen	110
		verpleegden-wassen	110
	Afdelingskeuken	personeel afdeling	5
	Bijeenkomst- ruimte/pantry	personeel en bezoekers	237
	Centrale keuken	keukenpersoneel	virtueel
	Technische ruimte	personeel	virtueel

Ad ^a: de tijdstippen bij de senioren in een aanleunwoning hebben betrekking op het patroon van een household: tijd opstaan, tijd vertrek, duur afwezig, duur slaap

Tabel 7-11 Invoergegevens voor SIMDEUM voor de bloktijden van de type gebruikers van een functionele ruimte in de zorginstellingen A, B, C en D.

Functionele ruimte	Type gebruiker	Tijdstippen en -duur zorginstellingen				Soort patroon
		t1	t2	t3	t4	
Aanleunwoning	senioren	8:00	13:00	10:00	8:00	household ^a
Verpleegafdeling	verpleegden-algemeen	6:30	7:30	22:00	22:30	non_res ^b
	verpleegden-wassen	6:30	8:00	9:30	10:30	non_res
Afdelingskeuken	personeel algemeen	6:00	7:00	22:00	22:30	non_res
	personeel-ontbijt	7:00			9:00	non_res
	personeel-lunch	12:00			14:00	non_res
	personeel-avond	18:00			20:00	non_res
Bijeenkomst-ruimte/pantry	personeel en bezoekers	6:00	8:00	21:00	22:00	non_res
Centrale keuken	keukenpersoneel	7:00	11:30	14:30	22:30	non_res
Technische ruimte Schoonmaak Kapsalon Wasserette	personeel	9:00			16:00	non_res

ad ^a: patroon household= tijd opstaan, tijd vertrek, duur afwezig, duur slaap

ad ^b: patroon non_res= tijd start, tijd start piek, tijd stop piek, tijd einde

Tabel 7-12 Invoergegevens voor SIMDEUM voor de waterverbruikende apparaten binnen de functionele ruimtes van de zorginstellingen A, B, C en D. [dtw = dishwasher, wm = wasmachine]

	Functionele ruimte	WC	kraan	bedpan- spoeler	automaat	dw	douche	wm
Zorg- instelling A	Verpleegafdeling	30x	48xwarm 48xkoud	6xwarm			74x	
	Afdelingskeuken		6x warm 6x koud			6x		
	Bijeenkomstruimte/pantry	30x	48 x wastafel		9 x koffie/ thee/water			
	Centrale keuken		X ^a			X ^a		
	Technische ruimte schoonmaak wasserette kapsalon			10x koud 10x warm				
	Verpleegafdeling	40x	183xwarm 183xkoud	7x warm			96x	
	Afdelingskeuken		8x koud 8 x warm			8 x		
	Bijeenkomstruimte/pantry	40x	68 x wastafel		9 x koffie/ thee/water			
	Centrale keuken		X ^a			X ^a		
	Technische ruimte							

	Functionele ruimte	WC	kraan	bedpan- spoeler	automaat	dw	douche	wm
	schoonmaak		15x koud 15x warm					
	wasserette							2x
	kapsalon		X ^a					
Zorg- instelling C	Verpleegafdeling	83x	118xwarm 118xkoud	6x warm			56x	
	Afdelingskeuken		6 x koud 6 x warm			6 x		
	Bijeenkomstruimte/pantry	36x	36 x koud 36 x warm		12 x koffie/ thee/water			
	Centrale keuken		X ^a			X ^a		
	Technische ruimte							
	schoonmaak		15x koud 15x warm					
	wasserette							6x
	kapsalon		X ^a					
Zorg- instelling D	seniorenappartement	1x	3x koud 3x warm				1x	1x
	Verpleegafdeling	110x	110xwarm 110xkoud	6xwarm			110x	
	Afdelingskeuken		5 x koud 5 x warm			5 x		
	Bijeenkomstruimte/pantry	40x	40 x koud 40 x warm		10 x koffie/ thee/water			
	Centrale keuken		X ^a			X ^a		
	Technische ruimte							
	schoonmaak		20 x koud 20 x warm					
	wasserette							2x
	kapsalon		X ^a					

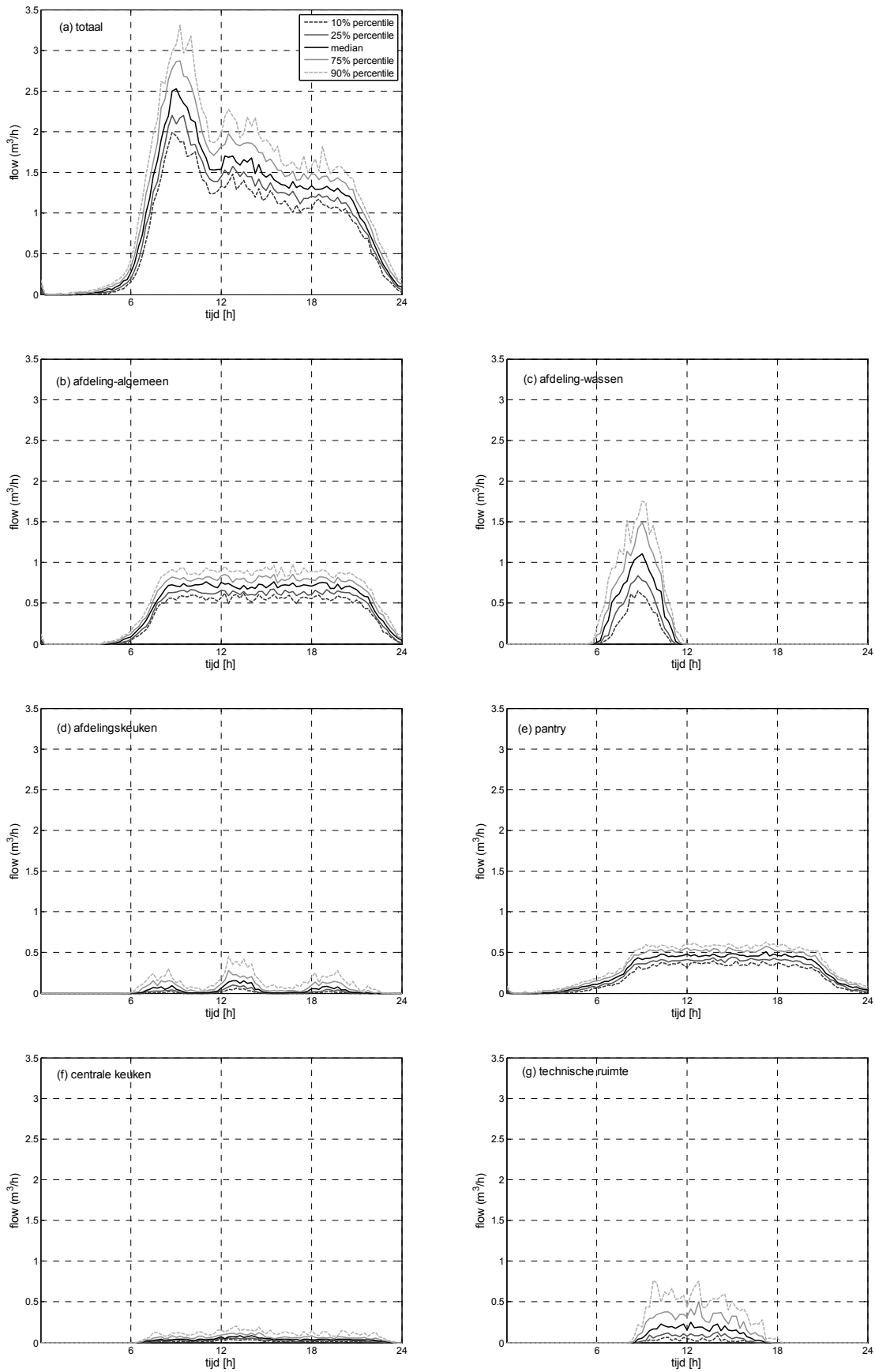
ad ^a: het aantal tappunten is gedefinieerd via de variabele frequentie van gebruik van deze tappunten

7.3.2 Gevoeligheidsanalyse waterverbruik zorginstelling

Gevoeligheid van het totaal waterverbruik van zorginstellingen voor het verbruik in de functionele ruimtes

Het totale waterverbruik in een zorginstelling wordt bepaald door de bijdrage van het waterverbruik in de verschillende functionele eenheden. In Figuur 7-15 is het gesimuleerde totaal waterverbruik te zien voor zorginstelling A en voor elke functionele ruimte. Deze zorginstelling is maatgevend voor de andere zorginstellingen, omdat alleen voor deze instelling een enquête was ingevuld. In Tabel 7-13 zijn de bijbehorende gemiddelde waterverbruiken weergegeven in elke functionele ruimte.

Uit Figuur 7-15 en Tabel 7-13 blijkt dat er geen dominante functionele ruimte is voor het patroon van het waterverbruik en het totaal waterverbruik, zoals bij de kantoren en de hotels. In het totaal waterverbruik dragen vooral de verpleegafdelingen bij en het personeel plus de bezoekers in de pantry. Uit de patronen blijkt dat het wassen van de verpleegden in de ochtend vooral zorgt voor de piek in het totaal waterverbruik.



Figuur 7-15 Gesimuleerde patronen van het waterverbruik met tijdschaal van 15 minuten ($[m^3/h]$) in de functionele ruimtes van zorginstelling A: (a) totaal waterverbruik, (b) waterverbruik op verpleegafdeling voor algemeen gebruik, (c) waterverbruik op verpleegafdeling door wassen, (d) waterverbruik in de afdelingskeuken, (e) waterverbruik in bijeenkomst ruimte/pantry, (f) waterverbruik in de centrale keuken en (g) waterverbruik in technische ruimte.

Het patroon in de volumestroom van het totaal verbruik is vergelijkbaar voor alle zorginstellingen, evenals de bijdrage van het waterverbruik in de verschillende functionele ruimtes aan het totaal waterverbruik. Gemiddeld zorgt het algemene waterverbruik op de verpleegafdeling voor 30-45% van het totaal waterverbruik, het wassen voor ca. 15% en het waterverbruik in de pantry voor 25-35%. In de zorginstelling D met aanleunwoningen, veroorzaakt het waterverbruik van de senioren een bijdrage aan het patroon, zoals blijkt uit paragraaf 7.3.3. In deze zorginstelling wordt 40% van het totaal waterverbruik veroorzaakt door het waterverbruik in de serviceflat.

Tabel 7-13 Het gemiddeld waterverbruik in elke functionele ruimte van zorginstelling A en het totaal gemiddeld waterverbruik.

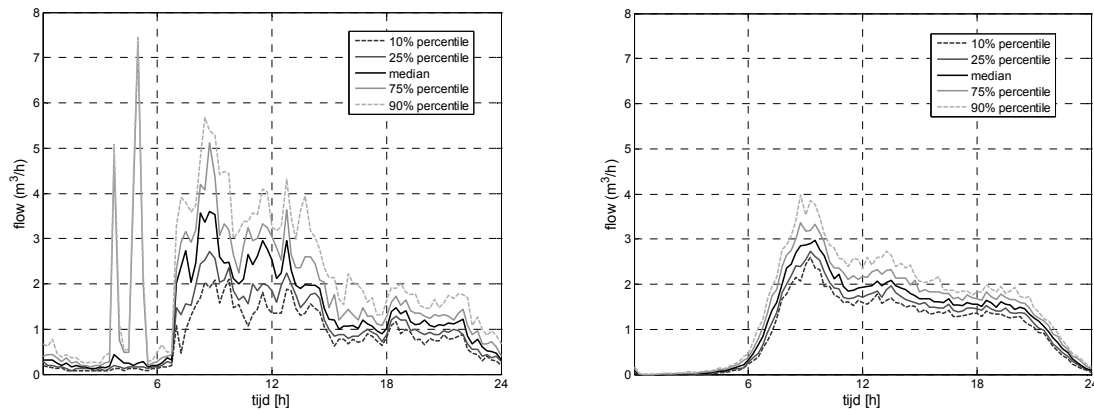
functionele ruimte	gemiddeld waterverbruik	
	[l/dag.bezet bed]	[%] van totaal
verpleegafdeling-algemeen	57,6	44
verpleegafdeling-wassen	17,5	13
afdelingskeuken	5,8	4
bijeenkomstruimte/pantry	35,4	27
centrale keuken	4,9	4
technische ruimte	9,5	7
totaal	130,6	

7.3.3 Validatie waterverbruik patronen in zorginstelling

Van de zorginstellingen B t/m D wordt het gesimuleerde patroon van het totaal waterverbruik vergeleken met de gemeten patronen. De gemeten patronen van de hele week zijn hiervoor gebruikt. Er is nauwelijks verschil tussen het waterverbruik op week- en weekenddagen. De maximale volumestroom in de ochtend is in het weekend iets lager. Waarschijnlijk vinden in het weekend minder wasbeurten plaats. Omdat SIMDEUM op stochastische data is gebaseerd is deze variabiliteit al in het model verwerkt.

Zorginstelling B

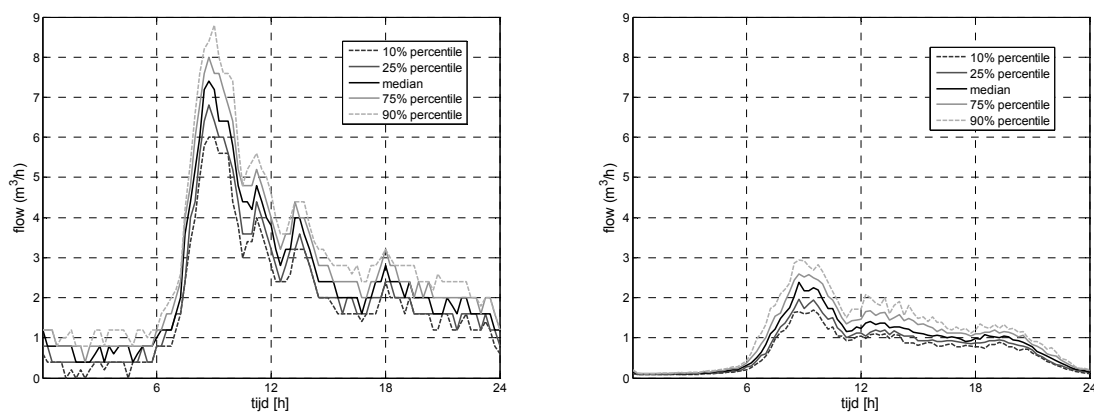
Van zorginstelling B zijn meetgegevens van de volumestroom aanwezig op 5 minutenbasis in de periode van 1-30 juni 2006. In Figuur 7-16 is het gemeten patroon van de volumestroom en het gesimuleerde patroon het totaal waterverbruik te zien. Ondanks de zeer beperkte gerichte informatie over de installatie en de medewerkers van de zorginstelling, is het met SIMDEUM mogelijk om het waterverbruik van deze zorginstelling te voorspellen. Zowel het patroon als de maximale volumestroom worden redelijk goed beschreven. De gesimuleerde maximale volumestroom is iets lager en het verbruik in de avond iets hoger. De metingen laten daarnaast twee pieken in de vroege ochtend zien. Deze kunnen veroorzaakt worden door spoelingen ter preventie van *Legionella* besmetting (paragraaf 2.4.1, pagina 13). Op elke maandag, woensdag en vrijdag zijn deze pieken zichtbaar in het waterverbruik patroon.



Figuur 7-16 (a) Het gemeten patroon van wateroverbruik van 1 – 30 juni 2006 en (b) het gesimuleerde patroon van het wateroverbruik voor zorginstelling B (50 gesimuleerde patronen), beide met tijdschaal van 15 minuten.

Zorginstelling C

Van zorginstelling C zijn metingen beschikbaar van de volumestroom van de periode 1-30 juni 2006 op 5 minutenbasis. Het gemeten patroon van de volumestroom is weergegeven in Figuur 7-17a. Het gesimuleerde patroon van het totaal waterverbruik van zorginstelling C is te zien in Figuur 7-17b. Uit de vergelijking van beide figuren blijkt dat het patroon van het totaal waterverbruik overeenkomt, echter het maximale verbruik in de ochtend als ook de hoogte van de volumestroom in de middag worden door SIMDEUM sterk onderschat. Het is duidelijk dat op basis van de zeer geringe informatie over de zorginstelling de voorspelling van het waterverbruik niet goed is. Er zijn verschillende verklaringen mogelijk. In de eerste plaats is de opzet van deze zorginstelling anders dan de overige. De zorginstelling is opgebouwd uit wijken. Dit kan leiden tot ander waterverbruik gedrag dan op basis van de enquête voor zorginstelling A is verondersteld. Daarnaast is het in deze zorginstelling, in tegenstelling tot zorginstelling A en B, toegestaan om de gezonde partner mee te nemen. Dit leidt uiteraard tot ander waterverbruik. Zo is deze partner niet afhankelijk van de zorg om gewassen te worden. Het is denkbaar dat de frequentie van wassen en douchen voor deze gezonde partner hoger is wat een groter verbruik in de ochtend zal veroorzaken.



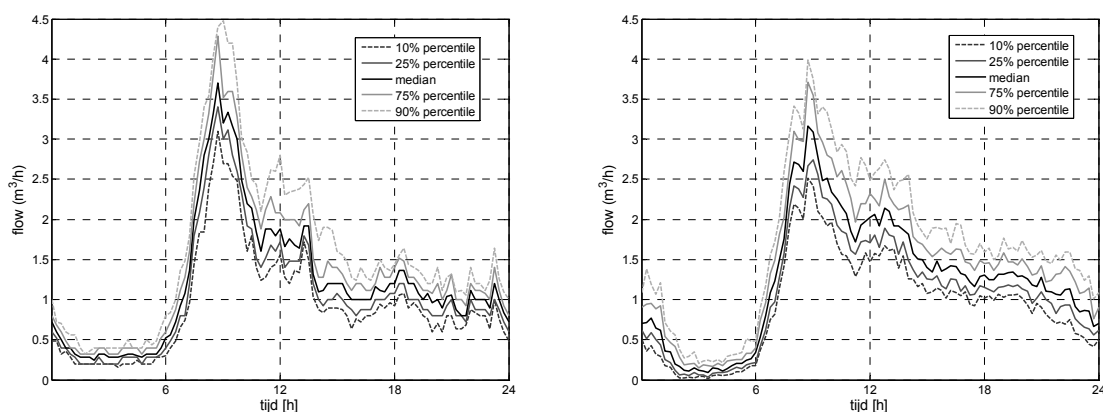
Figuur 7-17 (a) Het gemeten patroon van wateroverbruik van 1 – 30 juni 2006 en (b) het gesimuleerde patroon van het wateroverbruik voor zorginstelling C (50 gesimuleerde patronen), beide met tijdschaal van 15 minuten.

Voor een goede voorspelling van het waterverbruik van deze zorginstelling is meer specifieke informatie nodig.

Zorginstelling D

De meetgegevens van de volumestroom van zorginstelling D hebben betrekking op de periode van 1-30 juni 2006. De volumestroom is elke 5 minuten gemeten. In Figuur 7-18a is dit patroon te zien. In Figuur 7-18b is het gesimuleerde patroon voor deze zorginstelling weergegeven. Uit de figuur blijkt dat

SIMDEUM voor deze zorginstelling goed in staat is om het waterverbruik te voorspellen. Zowel het gesimuleerde patroon van de volumestroom over de dag als de hoogte van de volumestroom komen overeen met de meting. De maximale volumestroom is in de simulatie iets lager. Overdag is de beschrijving van het waterverbruik door SIMDEUM erg goed, zoals het 'plateau' rond 12 uur en het verbruik rond middernacht. Deze zorginstelling bestaat uit een verzorgingshuis en een serviceflat met aanleunwoningen. Het meer huishoudelijk verbruik in de aanleunwoningen (in de metingen en de simulaties) verklaart het patroon van 23:00 – 6:00. In de verpleeghuizen zonder deze woningen is dit verbruik namelijk afwezig (bijvoorbeeld Figuur 7-16). Het blijkt dat de combinatie in SIMDEUM van de zorginstelling gebaseerd op gegevens uit de enquête voor zorginstelling A en de seniorenappartementen, met gegevens uit Blokker (2006a en 2006b), leidt tot een goede voorspelling van het waterverbruik. De bijbehorende objectieve beoordeling voor deze zorginstelling, die de beschreven resultaten ondersteunt, staat in bijlage III.3.3.



Figuur 7-18 (a) Het gemeten patroon van wateroverbruik van 1 – 30 juni 2006 en (b) het gesimuleerde patroon van het wateroverbruik voor zorginstelling D (50 gesimuleerde patronen), beide met tijdschaal van 15 minuten.

7.3.4 Validatie totaal waterverbruik zorginstellingen

De patronen van het totale waterverbruik over een dag geven informatie over het gemiddelde waterverbruik in liters per bezet bed per dag en de variatie tussen de patronen van verschillende dagen. Daarnaast kan voor zorginstelling A het dagelijks verbruik afgeleid worden uit het opgegeven jaarverbruik in de enquête. In Tabel 7-14 is het totaal waterverbruik voor zorginstelling A gebaseerd op de enquête terwijl voor zorginstellingen B, C en D het gemiddeld dagelijks verbruik gebaseerd is op de gemeten patronen van de volumestroom.

Tabel 7-14 Het gemeten en door SIMDEUM gesimuleerde totaal waterverbruik in [l/bezet bed.dag] voor de zorginstellingen A, B, C en D.

zorginstelling	gemeten waterverbruik in [l/bezet bed.dag]		gesimuleerde waterverbruik in [l/bezet bed.dag]		
	op basis van jaarverbruik	op basis van patroon volumestroom*		op basis van gesimuleerde patroon volumestroom*	
		μ	σ	μ	σ
zorginstelling A	142	-	-	130,6	4,6
zorginstelling B	-	151	28	133,2	4,6
zorginstelling C	-	276	19	101,6	4,1
zorginstelling D	-	142	14	147,8	6,2

ad *: μ is de gemiddelde waarde van het waterverbruik en σ de bijbehorende standaarddeviatie.

Uit Tabel 7-14 blijkt dat ondanks het ontbreken van zeer specifieke informatie SIMDEUM het dagelijks waterverbruik van de zorginstellingen goed kan voorspellen. Voor de zorginstellingen A, B en D wordt

het gemiddelde waterverbruik goed voorspeld. Het waterverbruik van zorginstelling B wordt 12% onderschat, wat verklaard kan worden met waargenomen pieken in het ochtendverbruik van de zorginstelling. Alleen voor zorginstelling C kan het waterverbruik niet goed voorspeld worden. Ook het gemeten waterverbruik van deze zorginstelling wijkt af van de overige. Er wordt per bezet bed bijna 2x zoveel water verbruikt in deze instelling. Het specifieke karakter van deze zorginstelling, namelijk de opbouw in wijken en de aanwezigheid van gezonde partners, kan dit afwijkende waterverbruik verklaren.

7.3.5 Conclusie

Voor de opbouw van SIMDEUM voor zorginstellingen was slechts één gerichte enquête voor één zorginstelling aanwezig en summiere informatie van drie andere instellingen op de website. Ondanks deze beperkte informatie blijkt dat SIMDEUM het waterverbruik van drie van de vier zorginstellingen goed kan voorspellen op basis van aannames. Het waterverbruik van een zorginstelling met een serviceflat kan goed beschreven worden door SIMDEUM uit te breiden met de gegevens van seniorenappartementen.

Het patroon van het waterverbruik in zorginstellingen wordt niet overheerst door het waterverbruik in één functionele ruimte, zoals bij kantoren en hotels het geval is. Het meeste water wordt gebruikt door het algemene verbruik, zoals toiletgang, tandenpoetsen, handen wassen op de verpleegafdeling en het waterverbruik door personeel en bezoekers. Het maximale verbruik in de ochtend wordt voornamelijk veroorzaakt door het wassen van de verpleegden.

De huidige voorspelling van het waterverbruik door SIMDEUM is volledig gebaseerd op aannames betreffende installatie van de zorginstellingen. De voorspelling van het waterverbruik door SIMDEUM kan waarschijnlijk verbeterd worden door gegevens te gebruiken die daadwerkelijk betrekking hebben op de zorginstelling.

8 Toepassing bij ontwerp

8.1 Inleiding

Een van de toepassingen van SIMDEUM voor niet-huishoudelijke verbruiken is de inzet bij het ontwerp van waterleidinginstallaties. Voor dat doel wordt momenteel gebruik gemaakt van formules voor maximum momentane verbruiken. In Kiwa Mededeling 93 (Werkgroep Momentane Verbruiken, 1985) worden formules gegeven voor verschillende vormen van utiliteitsbouw. Deze formules zijn gebaseerd op metingen die Kiwa Spuurwerk heeft uitgevoerd tussen 1976 – 1980. Van ieder object is gedurende ca. 2 tot 3 weken de volumestroom per seconde gemeten en de maximum momentane verbruiken (Q_{max}) zijn verder statistisch verwerkt. Met deze metingen is gezocht naar een relatie tussen Q_{max} en gebouwkenmerken; bijvoorbeeld informatie over de installatie (tapeenheden) of aantal mensen in het gebouw, zie tabel Tabel 8-1. ISSO heeft in haar richtlijnen (ISSO-55) deze formules overgenomen (ISSO-kontaktgroep 43, 2001).

Tabel 8-1 Formules om voor verscheidene typen utiliteitsbouw Q_{max} te voorspellen en het aantal metingen waarop de formules gebaseerd zijn, afgeleid uit Kiwa Mededeling 93 en overgenomen in ISSO-55.

Type utiliteitsbouw	# metingen	Formule voor Q_{max} (l/s)
Woongebouw	28	$q\sqrt{n}^1$, rekening houdend met gelijktijdigheidsklasse voor warm tapwater
School – zonder spoelkranen	3	$q\sqrt{n}$
School – met spoelkranen		$0,992 + q\sqrt{n}$
Bejaardenhuis ²	14	$1,177 + 0,0092 * (\text{aantal bewoners})$
Verpleeghuis	11	$2,257 + 0,0130 * (\text{aantal bewoners})$
Kantoor – zonder toiletspoelkraan	29	$1,464 + 0,0019 * (\text{aantal werknemers})$
Kantoor – met toiletspoelkraan		$2,603 + 0,0031 * (\text{aantal werknemers})$
Sportcomplex – sporthal	10	$1,714 + 0,0630 * (\text{aantal douches})$
Sportcomplex – sportveld	11	$1,302 + 0,0115 * (\text{aantal sportvelden})$

Ad 1: $q\sqrt{n}$ -methode: $q\sqrt{n} = 0,083 * \sqrt{\Sigma TE}$

Ad 2: gemeten bejaarden- en verpleeghuizen hadden een capaciteit van minimaal 250 bedden.

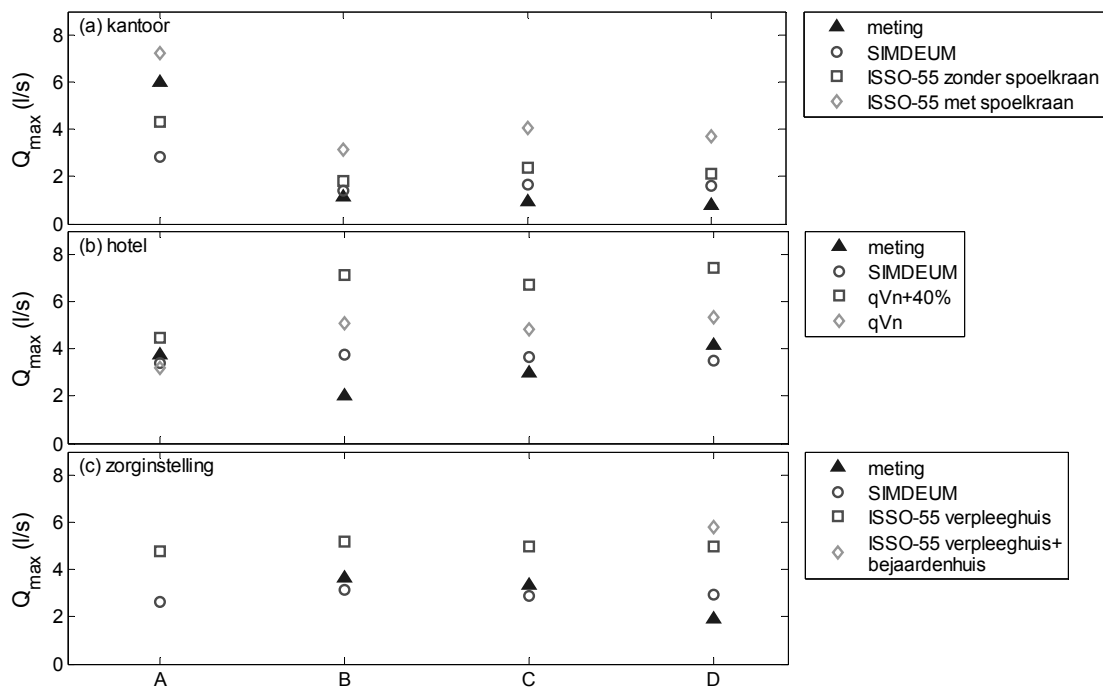
Voor hotels zijn geen formules opgenomen in de ISSO-richtlijn. In de praktijk wordt voor een zakelijk hotel vaak de $q\sqrt{n}$ -methode + 40% toegepast (e-mail van Eric Herlé 28 november 2008). Metingen door Duijvelaar Pompen (in opdracht van Thermos Loodgieterswerken B.V.) aan het waterverbruik van het IBIS hotel in Den Haag in 2005 lieten geen hogere piekverbruiken zien dan op basis van het ontwerp werd verwacht. Gemeten werd gedurende 2 weken in de zomer en 2 weken tijdens grote toeloop van zakelijke klanten i.v.m. een bijeenkomst in de Tweede Kamer. In de zomerperiode is de hoogste waarde van Q_{max} gemeten, namelijk $13 \text{ m}^3/\text{h}$; dit is net iets minder dan de ontwerpwaarde van $13,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (N.B. de volumestroom is per minuut gemeten).

De formules voor het piekverbruik zijn slechts op een beperkt aantal metingen gebaseerd en bovendien is het aannemelijk dat metingen van 30 jaar oud niet langer representatief zijn voor het huidige waterverbruik. In de volgende paragraaf wordt de Q_{max} uit de simulaties van hoofdstuk 7 geëxtraheerd en vergeleken met de formules uit Tabel 8-1.

8.2 Vergelijking met SIMDEUM

Voor de verschillende kantoren, hotels en zorginstellingen zijn de maximale moment volumestromen, Q_{max} , berekend met behulp van de ontwerpregels uit de vorige paragraaf. Tevens wordt deze maximale volumestroom als het 99-percentiel bepaald uit de metingen en uit de met SIMDEUM gesimuleerde patronen. In Figuur 8-1 zijn de Q_{max} weergegeven voor de kantoren A t/m D in figuur a, voor de hotels A t/m D in figuur b en voor de zorginstellingen A t/m D in figuur c. Voor kantoren zijn de ontwerpregels

zonder en met spoelkraan toegepast. De ontwerpregels met spoelkraan geven de hoogste waarde voor Q_{max} . Voor hotels is de $q\sqrt{n}$ -methode toegepast en de $q\sqrt{n}$ -methode+40%, die leidt tot een hogere Q_{max} . Voor zorginstelling A zijn geen meetgegevens aanwezig. Voor zorginstelling D, met de aanleunwoningen, is de Q_{max} op twee manieren berekend. Bij de eerste manier wordt alleen de ontwerpregel voor een verpleeghuis toegepast met het totaal aantal bewoners. Bij de tweede manier wordt Q_{max} opgesplitst in een deel veroorzaakt door het verpleeghuis, met de ontwerpregel voor verpleeghuizen en een deel door de bewoners in de aanleunwoning, met de ontwerpregel voor een bejaardenhuis. De laatste methode resulteert in de hoogste waarde voor Q_{max} .



Figuur 8-1 Maximale volumestroom Q_{max} bepaald uit de gemeten patronen, de door SIMDEUM gesimuleerde patronen en de ontwerpregels van ISSO-55 voor de kantoren (a), van de $q\sqrt{n}$ methode voor de hotels (b) en van ISSO-55 voor de zorginstellingen (c).

Uit Figuur 8-1 blijkt dat de ontwerpregels van ISSO-55 en de $q\sqrt{n}$ -methode (ISSO-30) leiden tot de hoogste waarde voor Q_{max} (ISSO-kontaktgroep 43, 2001; ISSO-kontaktgroep 62, 2003). De met de ISSO-ontwerpregels berekende Q_{max} ligt 25-80% hoger dan de Q_{max} bepaald uit de gesimuleerde patronen. De figuur laat ook zien dat de met SIMDEUM verkregen Q_{max} dichtbij de gemeten Q_{max} ligt of hoger.

De metingen zijn niet per seconde uitgevoerd. De Q_{max} die uit de metingen is bepaald zal lager zijn dan de werkelijke maximale volumestroom. Daarnaast geeft SIMDEUM waarschijnlijk te lage waarden aan. Dit komt ten dele door het tekort aan informatie over de verschillende kantoren, hotels en zorginstellingen en het specifieke aantal gebruikers, zoals hotelgasten, verpleegden. Aan de andere kant komt het door het meenemen van de variabele bezetting van kantoren door deeltijdarbeid en bij hotels door een variërende bezettingsgraad. Hierdoor wordt de Q_{max} niet specifiek berekend van een maximale bezetting, wat de rekenregels wel doen. Als bij de simulatie met SIMDEUM wordt uitgegaan van een maximale bezettingsgraad zal een hogere waarde voor Q_{max} verkregen worden.

Met de huidige verhouding van Q_{max} tussen SIMDEUM en de rekenregels van ISSO zullen andere ontwerpen verkregen worden. Een 25-80% lagere waarde voor Q_{max} betekent 15-50% kleinere diameters.

Uit de vergelijking van Q_{max} van de rekenregels en van de gesimuleerde patronen van SIMDEUM blijkt dat SIMDEUM een bijdrage kan leveren bij de vervanging van de $q\sqrt{n}$ -methode (hotels) en mogelijk ook van de ISSO-methodes op basis van mededeling 93. De metingen voor de validatie van SIMDEUM zijn mogelijk gedaan in gebouwen die ontworpen zijn volgens deze mededeling en dus een installatie hebben zoals ook bij de metingen van rond 1980 worden aangetroffen. In nieuw te ontwerpen gebouwen, met meer waterbesparende apparatuur (kleinere inhoud stortbakken en kranen met bewegingssensor die tot lager verbruik leiden) kunnen andere 'wetten' gelden die met SIMDEUM wel duidelijk gemaakt kunnen worden, en met de oude methode niet.

9 Conclusies en aanbevelingen

9.1 Conclusies

SIMDEUM voor niet-huishoudelijk verbruik blijkt het waterverbruik van kantoren, hotels en zorginstellingen goed te voorspellen. Dit geldt voor zowel het gemiddelde en variatie van het verbruik per dag als het verbruikspatroon over de dag.

Bij kantoren is de toiletspoeling de belangrijkste bijdrage aan het totale waterverbruik; de variatie in waterverbruik per dag komt vooral door een variabele bezettingsgraad. Met de inzet van waterbesparende (of zelfs waterloze) toiletten en een hoog verbruik van urinoirs kan het totale waterverbruik afnemen. Met een toename in deeltijdwerken en telewerken zal de variatie in waterverbruik per dag ook toenemen.

Bij hotels vindt het meeste waterverbruik plaats in de hotelkamers. Het patroon van het waterverbruik van hotels is vergelijkbaar met huishoudelijk waterverbruik. Hotels met luxe comfortdouches verbruiken beduidend meer water. De invloed van het type hotel blijkt duidelijk uit het verbruik over de dag; het theaterhotel dat veel bezoekers in de avond heeft, heeft het piekverbruik niet in de ochtend. Dit patroon wordt ook goed gesimuleerd.

Bij zorginstellingen dragen verschillende onderdelen ongeveer evenveel bij aan het totale waterverbruik. Het patroon over de dag wordt in verpleeghuizen vooral bepaald door de werkschema's van het personeel, terwijl in verzorgingshuizen met een meer zelfstandige woonfunctie het verbruik over de dag meer op het huishoudelijk verbruikspatroon lijkt. De patronen over de dag worden goed gesimuleerd. Het gemiddelde verbruik en de variatie in het verbruik worden bij 3 van de 4 zorginstellingen goed voorspeld; de verzamelde informatie van de andere zorginstelling is waarschijnlijk onvolledig.

Doordat kennis van menselijk gedrag (tijdschema's bijvoorbeeld) en kennis over kranen en waterverbruikende apparaten (volumestroom en duur van gebruik) als basis dient van SIMDEUM blijkt het mogelijk om SIMDEUM uit te breiden met allerlei soorten verbruiken en verbruikers. Het model is stochastisch van aard en geeft een range van uitkomsten die ook passen bij de variatie van de verschillende meetseries. Bij de simulatie is het niet nodig om alle invoergegevens exact te kennen; met informatie van websites blijkt het mogelijk om een goed model te bouwen. Dat betekent dat ook in de ontwerpfase, wanneer een gebouw er nog niet is en ook verschillende variabelen nog niet vaststaan (bijvoorbeeld het aantal mensen dat in een kantoor deeltijd zal gaan werken), SIMDEUM een goede voorspeller van maximum verbruik is waarop de installatie van het gebouw kan worden ontworpen.

Het simuleren van waterverbruik van veehouderijen vergt een andere aanpak. Ten eerste omdat de veehouderij een heel ander type waterverbruiker is dan huishoudens, kantoren, hotels en zorginstellingen. Het waterverbruik wordt niet langer door mensen bepaald, maar door het drinkgedrag van het vee. Ten tweede omdat de ruimtelijke en temporale schaal waarvoor interesse is veel groter is. De ruimtelijke schaal is niet het verbruik aan de kraan of de watermeter, maar op een toevoerleiding naar een cluster veehouders. De belangrijkste tijdschaal is niet zozeer het verbruik over de dag (op bijvoorbeeld minuten- of kwartierschaal), maar veel meer over het jaar (bijvoorbeeld het verbruik per dag). Uit metingen van Brabant Water bij een aantal varkensstallen blijkt dat met de groei van de dieren het waterverbruik behoorlijk stijgt; het verbruik per dag varieert dus sterk. Ten derde is 'de' veehouderij erg divers, het maakt nogal uit of het gaat om varkens, runderen of pluimvee en of de dieren naar buiten mogen of de hele dag op stal staan. Ten vierde is belangrijk of leidingwater of bijvoorbeeld water uit eigen winningen wordt gebruikt.

9.2 Aanbevelingen

De validatie van de kantoren, hotels en zorginstellingen laat zien dat op basis van enquêtes en aannames al een goede voorspelling van het waterverbruik door SIMDEUM wordt verkregen. Uit de validaties bleek dat op een aantal punten specifieke informatie afwezig is, zoals bijvoorbeeld de deeltijdfactor van

kantoormedewerkers, het type douche aanwezig op de hotelkamers, de installatie van de meeste zorginstellingen. Aanpassing van de enquêtes (bijlage II) is dus gewenst. Validatie met zeer gerichte enquêtes op basis van de kennis die binnen dit project vergaard is, is een aanbeveling om te onderzoeken of de zeer specifieke invoerinformatie ook leidt tot een significante verbetering van het voorspelde waterverbruik.

Een tweede aanbeveling betreft het uitvoeren van metingen van het waterverbruik van functionele ruimtes om de gevoeligheid van SIMDEUM te testen en analyseren. Door sommige aangenomen waarden voor parameters (zoals de verhouding tussen toilet- en urinoirgebruik door mannen of de frequentie van het gebruik van een tappunt) te fitten op deze metingen kan de gevoeligheid van SIMDEUM voor de betreffende parameter getest worden.

De verwachting is dat met de modulaire opbouw in functionele ruimtes SIMDEUM ook gebruikt kan worden voor ziekenhuizen, penitentiaire inrichting, onderwijsinstellingen, sportaccommodaties, zwembaden, zalencomplexen, campings / bungalowparken / jachthavens. Het is wenselijk om ook het waterverbruik in deze gebouwen met metingen te valideren.

SIMDEUM is minder geschikt voor verbruikers met een te specifiek gebruik of grootverbruikers, zoals werkplaatsen en fabrieken, waarbij het waterverbruik niet direct gerelateerd is aan het gedrag van mensen. Dit geldt ook voor veehouders, door de andere ruimtelijke en temporale schaal en door de invloed van het gedrag van dieren ipv. mensen. Een aanpak voor het simuleren van waterverbruik van veehouders zou bijvoorbeeld gebaseerd kunnen zijn op een statistische analyse van verbruiksmetingen. Daarvoor is een uitgebreide meetset onontbeerlijk.

De huidige ontwerpformules voor maximum momentaan verbruik geven ten opzichte van de metingen en de simulaties een overschatting van het maximale waterverbruik met 25-80%. Omdat het ontwerpen van waterleidingen en binneninstallaties gebaseerd is op maximale verbruiken, wordt aanbevolen om rekenregels voor niet-huishoudelijk verbruik te ontwikkelen en te vergelijken met de huidige ontwerprichtlijnen.

Uit de metingen blijkt dat *Legionella* bestrijding leidt tot nachtelijke pieken in het waterverbruik. In één zorginstelling bepaalt deze zelfs de hoogste piek. Installaties in de nieuwbouw, die voldoen aan de NEN-norm, geven door de kleinere diameters een grotere doorstroming, waardoor de kans op *Legionella* ontwikkeling klein is. Echter het gebruik van installaties speelt ook een rol bij *Legionella* ontwikkeling. Een goed ontwikkelde installatie kan bij verkeerd gebruik toch aanleiding geven tot *Legionella* ontwikkeling. Dit betekent dat *Legionella* preventie noodzakelijk blijft in prioritaire installaties. Thermische desinfectie voor *Legionella* preventie is niet bepalend voor het ontwerp van de diameters van de leidingen, maar wel voor de gebruikte hoeveelheid warm water. In de ontwikkeling van rekenregels voor niet-huishoudelijk verbruik wordt daarom aanbevolen om rekening te houden met het warmwaterverbruik voor *Legionella* preventie.

9.3 Implementatie

SIMDEUM voor huishoudelijk verbruik is afgelopen jaren op verschillende plaatsen toegepast. In opdracht van Uneto-VNI en TVVL zijn simulaties uitgevoerd met SIMDEUM om van verschillende type woningen (qua luxe van installatie en aantal bewoners), zowel binnen de woning als in woongebouwen en woontorens, te bepalen wat de maximum moment volumestroom is voor koud en warm water en hoeveel warm water er maximaal verbruikt wordt in 10 minuten, 1 uur, 2 uur en per dag. Voor woongebouwen zijn bovendien relaties bepaald tussen deze kentallen en het aantal woningen (Blokker e.a. 2007; Pieterse-Quirijns, 2008). Op basis van deze kentallen zal in de toekomst de installatie van woongebouwen kunnen worden gedimensioneerd. Rekenregels voor gelijksoortige kentallen zijn ook wenselijk om voor de utiliteitsbouw te bepalen.

SIMDEUM voor huishoudelijk waterverbruik is eerder toegepast in verschillende onderzoeksprojecten van de waterbedrijven. Onder andere om te bepalen wat de maximale volumestroom is in leidingnetten en zo de relatie tussen maximale snelheid en deeltjes in het leidingnet te bepalen (Blokker e.a., 2008b) of de huidige ontwerpregels tegen het licht te houden (Blokker e.a., 2006c). Ook is SIMDEUM gebruikt in

leidingnetmodellen om bijvoorbeeld de verblijftijd te modelleren (Blokker e.a., 2008c; Blokker en Beverloo 2009) of de maximale snelheid in de leiding te bepalen (Blokker en Vogelaar, 2007). Deze toepassingen kunnen verder worden uitgebreid of verfijnd met verbruikstoekenning van niet-huishoudelijke verbruiken op basis van SIMDEUM.

De waterbedrijven stoppen veel energie in het verfijnen van leidingnetmodellen door ook de kleinere leidingen in het model op te nemen. De volgende logische stap is om ook energie te stoppen in een betere verbruikstoewijzing. SIMDEUM is daar een geschikte methode voor en zeker nu niet alleen huishoudelijke maar ook allerlei niet-huishoudelijke verbruiken gemodelleerd kunnen worden.

10 Literatuur

- Baggelaar, P.K. en P.J.J. Geudens (2008). *Prognose landelijke drinkwatervraag t/m 2025*, VEWIN, Rijswijk, rapportnr 2008/85/6222
- Beffers, T. en I. van den Brink. *Telewerken. Samenvatting resultaten*. ADV Market Research, Den Dolder. In opdracht van FNV.
- Blokker, E. J. M. (2006a). *Modelleren van afnamepatronen; beschrijving en evaluatie van simulatiemodel SIMDEUM*, Kiwa N.V., Nieuwegein. BTO 2006.010.
- Blokker, E. J. M. (2006b). *Bijlage bij rapport BTO 2006.010; invoervariabelen voor het model SIMDEUM*, Kiwa N.V., Nieuwegein. BTO 2006.011.
- Blokker, M., Vreeburg, J., and L.Rosenthal. (2006c). Ontwerprichtlijnen voor zelfreinigende netten bij de duinwaterbedrijven. *H2O*, 2006-8, 34-36.
- Blokker, E. J. M., Doldersum, R., Lansbergen, A., Schee, W. v. d., en Scheffer, W. (2007). *Rekenregels voor dimensionering van leidingwaterinstallaties*, Kiwa Water Research, Nieuwegein. KWR 06.104.
- Blokker, E. J. M., and Vogelaar, A. J. (2007). *Toepassing van SIMDEUM in het leidingnetmodel van Franeker*, Kiwa Water Research B.V., Nieuwegein. BTO 2007.006 (s)
- Blokker, E. J. M., Buchberger, S. G., Vreeburg, J. H. G., and van Dijk, J. C. (2008a). Comparison of water demand models: PRP and SIMDEUM applied to Milford, Ohio, data. *WDSA 2008*, Kruger Park, South Africa.
- Blokker, M., Donocik, A., Smits, F., en Vreeburg, J. (2008b). De beoogde stroomsnelheid voor zelfreinigende netten vastgesteld. *H2O*, 2008-24, 59-62.
- Blokker, E. J. M., Beverloo, H., en Schaap, P. G. (2008c). *Metten verblijftijden in distributienet - fase 3; Metingen in Benthuizen, zomer 2007*, Kiwa Water Reserach, Nieuwegein. KWR 08.002 (DPW)
- Blokker, E. J. M., en Beverloo, H. (2009). *Verblijftijden leidingnet Zandvoort; Metingen boulevard Zandvoort zomer 2008*, KWR, Nieuwegein. KWR 09.010 (DPW)
- Bosch, N., A. Deelen en R. Euwals. *Is part-time emplyment here to stay?* CPB Discussion Paper No. 100, Den Haag.
- Buchberger, S. G., Carter, J. T., Lee, Y. H., and Schade, T. G. (2003). *Random demands, travel times, and water quality in dead ends*, American Water Works Association Research Foundation, Denver, Colorado. Report 90963F.
- CBS (2008) *De digitale economie 2008*, CBS Voorburg/Heerlen. www.cbs.nl
- CTG (2001) *Richtlijn functiegerichte budgettering algemene ziekenhuizen*
- D'hooghe J., Wustenberghs H., Lauwers L. (2007), *Inschatting van het watergebruik in de landbouw*, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2007/04, ILVO.
- Derden, A., E. Meynaerts, P. Vercaemst en K. Vrancken (2005). *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de veeteeltsector*. Gent, Academia Press, 2005, xiv + 289 pp.
- Deuning, C.M. (2006). Beddencapaciteit ziekenhuis 2006. In: Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationale Atlas Volksgezondheid. Bilthoven: RIVM, <<http://www.zorgatlas.nl>> Zorg\ Ziekenhuiszorg\ Algemene en academische ziekenhuizen\ Aanbod, 19 december 2006 (http://www.rivm.nl/vtv/object_map/o1838n26907.html)
- Foekema, H., van Thiel, L., en Lettinga, B. (2008). *Watergebruik thuis 2007*, TNS NIPO, Amsterdam. In opdracht van VEWIN
- Ham, van den, E.R. (1996). *Sectorstudie kantoorhoudende dienstverlening*. Climatic Design Consult, Nijmegen/ Amsterdam. in opdracht van Stichting NEEDIS NDS-96-012.
- Herlé, E. (2008). persoonlijke communicatie.
- Hills, S., R. Birks and B. McKenzie (2002). The Millennium Dome "Watercycle" experiment: to evaluate water efficiency and customer perception at a recycling scheme for 6 million visitors. *Water Science and Technology*, vol. 46, no. 6-7, p. 233-240.
- ISSO-kontaktgroep 43 (2001). *ISSO - publicatie 55; Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.
- ISSO-kontaktgroep 62. (2003) *ISSO - publicatie 30; Leidingwaterinstallaties in woningen*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.
- de Jong, A. en J.W. Pothuis (2003). *Bouwbesluit 2003*. Den Haag: SDU Uitgevers.

- LOC (2003). *Verantwoorde Zorg Verpleeghuizen en Verzorgingshuizen vanuit cliëntenperspectief*. LOC. augustus 2003.
- Pieterse-Quirijns, E. J. (2008). *Rekenregels voor wateroverbruik in woontorens*, KWR, Nieuwegein. KWR 08.089 SP, 2004. *Waar een rijk land arm in is* – verslag van een enquête onder 1100 bewoners, familieleden en personeelsleden in verpleeg- en verzorgingshuizen, deel 3.
- Triodos (1999). *Milieujaarverslag 1999*.
- Usemann, K.W. (2007). *Warmwaterbedarf in gewerblichen Fertigungsstätten, Ein Querschnittsbericht*. Gesundheits-Ingenieur – Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik 128 Heft 6.
- VDI (2000), *Characteristic values of water consumption inside buildings and on adjacent ground*. Verein Deutsche Ingenieure. Beuth Verlag GmbH, Berlin. VDI-richtlijnen 3807.
- Versteegh J.F.M., P.S. Brandsema, N.G.F.M. van der Aa, H.H.J. Dik, G.M. de Groot (2007). *Evaluatie legionellapreventie Waterleidingwet*, 92 p. RIVM rapport 703719020.
- Vewin (2004). *Berekeningsgrondslagen. Gemiddelde wateroverbruiken per etmaal voor mens, dier en plant*. werkblad WB 2.1B.
- Werkgroep momentane waterverbruiken (1985). *Maximum momentane waterverbruiken*, Kiwa N.V., Nieuwegein. Mededeling nr. 93.
- Wever, A.A. (2005). *GIM Jaarverslag 2003/2204. Gemeente Wierden*. Grondgebiedzaken, Wierden.

Geraadpleegde websites:

- bouwcollege.nl <http://www.bouwcollege.nl/Pdf/CBZ%20Website/Organisatie/Appendix%20D.pdf>, bezocht juli 2008
- cafebar .nl <http://www.cafebar.nl> ; bezocht april 2008
- de blink.nl http://www.deblink.nl/publicaties/verantwoorde_zorg_oudtburgh.pdf ; bezocht oktober 2008
- hinc.databank.nl <http://www.hinc.databank.nl/>; bezocht augustus 2008
- kiesbeter.nl <http://www.kiesbeter.nl/verplegingverzorging/TypeZorg/>
<http://www.kiesbeter.nl/ziekenhuizen/SoortenBehandelcentra/>
<http://www.kiesbeter.nl/verplegingverzorging/>; bezocht juli 2008
- milieubarometer .nl <http://www.milieubarometer.nl/kantoor>,
<http://www.milieubarometer.nl/verzorgingshuis>,
<http://www.milieubarometer.nl/ziekenhuis>; bezocht april 2008
- loc-lpc.nl http://www.loc-lpr.nl/loc-lpr/dossiers/verantwoorde_zorg_kwaliteit ; bezocht oktober 2008
- rvstotaal.nl <http://www.rvstotaal.nl>, http://www.rvstotaal.nl/app_electrolux_textiel_wasmachine.php ; bezocht april 2008.
- sbr.nl <http://www.sbr.nl/default.aspx?ctid=4350>, bezocht april 2008
- sp.nl http://www.sp.nl/partij/theorie/standpunten/rapport_verpleeghuiszorg.pdf ; bezocht oktober 2008
- tijdsbesteding.nl www.tijdsbesteding.nl
- znb.nl http://www.znb.nl/upload/assets/formulieren/milieujaarverslag_webversie_2006_.pdf, bezocht juni 2008
- zorgvoorbeter.nl <http://www.zorgvoorbeter.nl/onderwerpen/over/verzorgend-wassen/> ; bezocht oktober 2008
- zorgkrant <http://www.zorgkrant.nl/read.html?id=5825> ; bezocht oktober 2008

I Kentallen niet-huishoudelijk verbruik uit literatuur

ISSO-publicatie 55

Tabel I-1 Watergebruik voor verschillende toepassingen

Gemiddelde daggebruiken	eenheid	totaal	warmtap 60 °C
		[liter/dag]	[liter/dag]
Verzorgingstehuis voor bejaarden	per bed	100-150	55
Verpleegtehuis	per bed	250-300	50
Ziekenhuis	per bed	300-700	50-100
Luxe hotel	per bed	300-600	54
Kantoor	per werknemer	20	-
Restaurant	per bezoeker	20	1-5

bron: ISSO, 2001, blz 41, tabel 15 en 16

Bij logiesgebouwen is het warmtapwatergebruik met name afhankelijk van het aantal bezette bedden en de aard van het gebouw (congreshotel, vakantiehôtel e.d.)

Tabel I-2 Warmwatergebruik van hotels per bezet bed per dag

Warmwatergebruik van een hotel	warmtap 60 °C per bezet bed per dag	afwijking +/-
	[liter/dag]	[liter/dag]
Kamer met wastafel	6	1
Kamer met wastafel en douche	21	3
Kamer met wastafel, douche en bad	54	8
Wasserij	18	9
Keuken	zie tabel3	

bron: ISSO, 2001, blz 93, tabel 56

De vaatwasser heeft het grootste aandeel in het warmtapwatergebruik. Op basis van het aantal geserveerde maaltijden kan een globale inschatting gemaakt worden van het warmtapgebruik.

Tabel I-3 Warmwatergebruik van restaurants en keukens per maaltijd

Warmwatergebruik van restaurants en keukens	warmtap 60 °C per type maaltijd [liter/dag]	
	zonder warmtap	met warmtap
toevoer vaatwasser		
Eenvoudig 1 gang	0,6	1,5
Normaal 2-3 gangen	1,2	2,9
Luxe 4-6 gangen	1,9	4,6
Zeer luxe 7-10 gangen	6,0	14,5

bron: ISSO, 2001, blz 93, tabel 57

Usemann 2007

Tabel I-4 Warmwatergebruik eetgelegenheden per zitplaats

Gemiddelde daggebruiken per zitplaats	artikel bron tabel	warmtap 60 °C [liter/dag] per bezettingsklasse	
		matig	normaal
kantines eenvoudig	1	15	20
kantines normaal	1	20	30
kantines luxe	1	30	40
cafe's en restaurants eenv.	1	10	25
cafe's en restaurants normaal	1	15	30
cafe's en restaurants luxe	1	25	45
restaurants	2	17-35	30-35
tearooms	25	20-35	25-50
'bierrestaurants'	25	15-30	25-40
'speizerrestaurants'	25	25-45	35-70

bron: Usemann, 2007

Tabel I-5 Warmwatergebruik eetgelegenheden per maaltijd

Gemiddelde daggebruiken per maaltijd of per gast	artikel bron tabel	warmtap 60 °C [liter/dag]	
		min	max
restaurants eenvoudig	1	6	12
restaurants normaal	1	8	15
restaurants luxe	1	10	20
Grootkeuken ziekenhuis of kantoor	6	2,5	3
keuken hotel zonder spoelen	13	5	
keuken pension, restaurants, hotel of ziekenhuis zonder spoelen	14	5	
restaurant	21	8	20
keuken restaurant met handspoelen	22	12	
keuken restaurant met machinespoelen 85 °C	22	8	
keuken restaurant voedselbereiding 50 °C	22	1,5	3
keuken restaurant met handspoelen 50 °C	23	15	
keuken restaurant met machinespoelen 85 °C	23	8	
eenvoudig menu; 2-3 gangen	25	8	15
normaal menu; 3-4 gangen	25	12	20
luxe menu; 5 of meer gangen	25	20	30

bron: Usemann, 2007

Tabel I-6 Warmwatergebruik overnachting in hotels en pensions per bed

Gemiddelde daggebruiken hotel en pension per overnachting	artikel bron tabel	gesorteerd op tabelnummer in artikel warmtap [liter/dag]			
		min	gem	max	temp °C
eenvoudig	1	30	80	60	
luxe	1	50	100	60	
normaal	1	40	100	60	
eenvoudig	2	40	60	45-50	
luxe	2	80	100	45-50	
normaal	2	50	120	45-50	
bad	6	90		60	
douche	6	20		60	
reiniging kamer	6	3		60	
reiniging sanitair	6	3		60	
wasbak	6	6		60	
bad	13	95	138	60	
bad en douche	13	120	180	60	
badkuip	13	90		60	
douche	13	50		60	
douche	13	50	95	60	
reiniging kamer	13	5		60	
pension	13	25	50	60	
wasbak	13	15		60	
bad en douche	14	100		60	
badkuip	14	100		60	
douche	14	50		60	
reiniging kamer	14	10		60	
wasbak	14	50		60	
bad	21	100	150	60	
douche	21	50	100	60	
pension	21	25	30	60	
wasbak	21	10	15	60	
bad	22	100	150	60	
douche	22	50	100	60	
wasbak	22	25	50	60	
bad en douche	23	100		60	
badkuip	23	250		37	
douche	23	60		37	
reiniging kamer	23	10		40	
reiniging sanitair	23	5		40	
wasbak	23	25		40	
bad	24	95	138	60	
douche	24	50	95	60	
eenvoudig	24	25	35	60	
pension	24	25	50	60	
eenvoudig	25	40	50	80	60
normaal	25	60	90	150	60
luxe	25	100	120	200	60
bad	6	90		60	
bad	13	95	138	60	
bad	21	100	150	60	
bad	22	100	150	60	
bad	24	95	138	60	
bad en douche	13	120	180	60	
bad en douche	14	100		60	
bad en douche	23	100		60	
badkuip	13	90		60	
badkuip	14	100		60	
badkuip	23	250		37	
douche	6	20		60	
douche	13	50		60	
douche	13	50	95	60	
douche	14	50		60	
douche	21	50	100	60	
douche	22	50	100	60	
douche	23	60		37	
douche	24	50	95	60	
eenvoudig	1	30	80	60	
eenvoudig	2	40	60	45-50	
eenvoudig	24	25	35	60	
eenvoudig	25	40	50	80	60
luxe	1	50	100	60	
luxe	2	80	100	45-50	
luxe	25	100	120	200	60
normaal	1	40	100	60	
normaal	2	50	120	45-50	
normaal	25	60	90	150	60
pension	13	25	50	60	
pension	21	25	30	60	
pension	24	25	50	60	
reiniging kamer	6	3		60	
reiniging kamer	13	5		60	
reiniging kamer	14	10		60	
reiniging kamer	23	10		40	
reiniging sanitair	6	3		60	
reiniging sanitair	23	5		40	
wasbak	6	6		60	
wasbak	13	15		60	
wasbak	14	50		60	
wasbak	21	10	15	60	
wasbak	22	25	50	60	
wasbak	23	25		40	

bron: Usemann, 2007

Tabel I-7 Warmwatergebruik ziekenhuizen per bed

Gemiddelde daggebruiken ziekenhuizen per bed	artikel bron tabel	warmtap [liter/dag]		temp °C
		min	max	
ziekenhuis eenvoudig	1	50	100	60
ziekenhuis normaal	1	60	120	60
ziekenhuis luxe	1	80	150	60
ziekenhuis 150-300 bedden	2	50	100	60-65
ziekenhuis 300-600 bedden	2	60	120	60-65
ziekenhuis 600-1000 bedden	2	80	130	60-65
ziekenhuis 1000-2000 bedden	2	100	140	60-65
ziekenhuis	5	100	300	60
ziekenhuis	7	65	120	60
ziekenhuis	19	65		60
'Kinderheime'	25	50	70	60
'Alterheime'	25	40	60	60
verpleegtehuizen	25	50	80	60
plattelands-ziekenhuis	25	60	100	60
stads-ziekenhuis	25	80	150	60
universiteits-kliniek	25	100	200	60
ziekenhuis	26	150		60

bron: Usemann, 2007

VDI-Richtlijnen 2000

Tabel I-8 Waterverbruik bij kantoren van overheidsdiensten

waterverbruik per referentie parameter	kentallen van richtlijnen voor klassen bouwtypen			
	eenheid	min	mediaan	max
per oppervlakte hoofdgebouw	[m ³ /m ²]	0,3	0,6	1,25
per gebruiker	[ppp] m ³	4,7	6,9	40,5

bron: VDI-2000; tabel 2

Tabel I-9 Waterverbruik in hotels

waterverbruik in hotels op basis van metingen en richtlijnen	l/dag	
	min	max
per overnachting	235	255
per gast	244	290
per gast+medewerker	167	182
per bed	81	241
per kamer	388	

bezettingsgraad circa 35%; 1 hotelmedewerker per 6 bedden

bron: VDI-2000; tabel 5

Tabel I-10 Waterverbruik in ziekenhuizen (1)

waterverbruik per referentie parameter	eenheid	min	mediaan	max	n=
per persoon P (patienten+personeel)	liter /(P.d)	120	340	830	43
per oppervlakte bebouwing	m ³ /m ²	0,3	0,6	1,25	15

bron: VDI-2000; tabel 9; op basis van inventarisatie in 1975; n= steekproefgrootte

Tabel I-11 Waterverbruik in ziekenhuizen (2)

aantal bedden	l/(dag.bed)
0-199	322
200-399	349
400-699	423
>700	612
gemiddeld	416

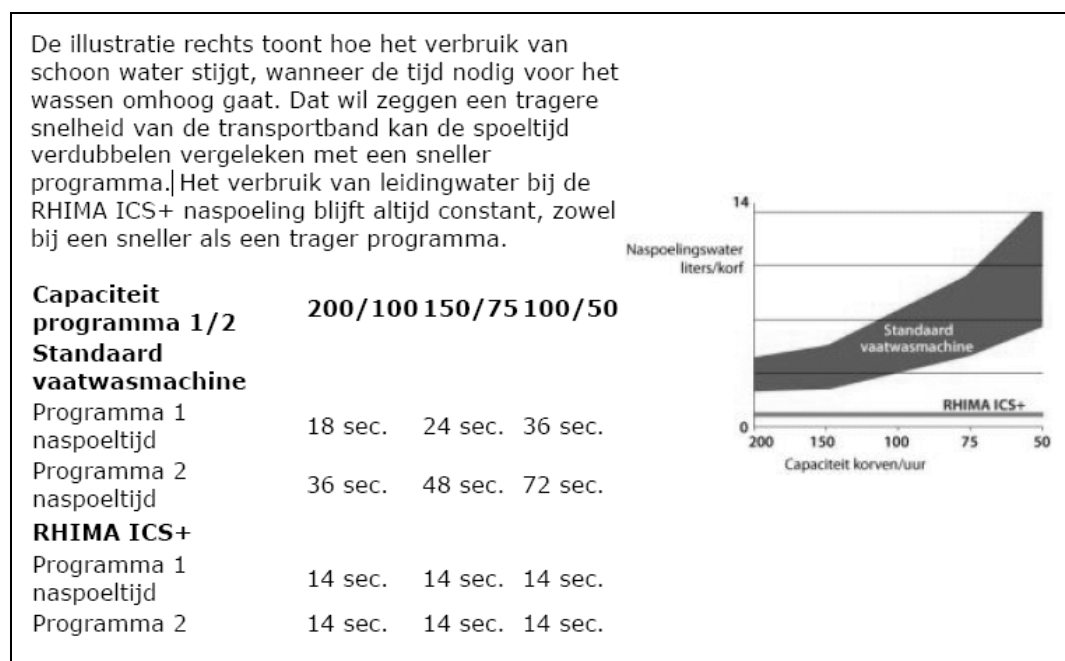
bron: VDI-2000; tabel 10; steekproef 168 ziekenhuizen

Tabel I-12 Waterverbruik in ziekenhuizen (3)

waterverbruik op type ziekenhuis/verzorging	n=	aantal bedden	gemiddeld aantal bedden	gemiddeld l/(dag.bed)
'basiszorg'	76	0-250	150	342
'gecontroleerde zorg'	39	251-450	350	400
'centrale zorg'	29	451-650	540	447
'maximum zorg'	15	651-1000	700	421
meer dan 1000 bedden	28	>1000	1580	701
totale steekproefgrootte	187			

bron: VDI-2000; tabel 12

Tappatronen vaatwasmachine voor grootkeuken



Figuur I-1 Patroon van waterinname van een vaatwasmachine. Bron: rvstotaaal.nl.

II Enquêteformulieren

Kantoren

1a. Bedrijfsgegevens

Naam bedrijf:

Adres:

Naam contactpersoon:

aantal medewerkers: waarvan mannen vrouwen

aantal FTE:

openingstijden gebouw:

werktijden:

weekendrooster:

bezoekers (gemiddeld en maximum) :

hoe vaak komt een maximale bezetting voor? :

eens per week ... eens per maand ... eens per kwartaal of minder

Watergebruik op jaarbasis:

Eigen watermeter aanwezig:

1b. Gebouwkenmerken

bouwjaar gebouw:

eventuele uitbreidingen:

vloeroppervlak:

aantal verdiepingen:

vergaderzalen aanwezig :

zo ja: aantal zalen, grootte van de zalen:

indicatie gebruik van de zalen:

sportruimte:

2. FUNCTIONELE RUIMTES

TOILETTEN

type toiletten:

aantal:

waterbesparend: ja/ nee

Spoelkranen of reservoirs? stortbak: ja/ nee, spoelkraan: ja/ nee

urinoirs:

aantal:

wastafel / fonteintje (koud of ook warmwateraansluitingen):

DOUCHERUIMTES

Aantal douches:

Aantal werknemers dat douche gebruikt (gemiddeld) :

Aantal wastafel / fonteintje:

Tijdstippen in gebruik:

KEUKEN

tijdstippen in gebruik:
openingstijden restaurant:
aantal zitplaatsen restaurant:
lunchcultuur (welk percentage neemt lunch mee van huis, wie koopt alleen soep en melk, wie koopt uitgebreide lunch) :
aantal vaatwasmachines:
vaatmachines elektrisch verwarmd?:
koffie-automaten in gebouw:
water-automaten in gebouw:
koffieverbruik (aantal kilo's koffie per week) :
theeverbruik (aantal theezakjes per week) :

SCHOONMAAK

tijdstip:
emmers voor inventaris:
wijze van schoonmaken:
schoonmaakexterieur gebouw:

OVERIG WATERGEBRUIK

Overige tappunten/watergebruiksdoelen, bijvoorbeeld:

- blusvoorziening:
- lab- / productieruimte:
- koelinstallatie (koelwanden of koelplafonds, of anders):
- tuin:

Tussenwatermeter aanwezig bijvoorbeeld bij de warmtapwaterbeider?
.....

Is men bereid meetgegevens van deze tussenmeters ter beschikking te stellen?
.....

Hotels

1a. Bedrijfsgegevens

naam hotel:
adres:
naam contactpersoon:
aantal medewerkers: waarvan mannen vrouwen
aantal FTE:

aantal logies/jaar:
aantal kamers totaal: 1-pers: 2-pers: >2-pers:
bezettingsgraad kamers: werkdagen weekend:
inchecktijd: uitchecktijd: receptie 'snachts bemensd: ja /nee *

watergebruik op jaarbasis: eigen bemetering aanwezig: ja /nee *
aantal aansluitingen op drinkwaternet: reservoir(s) aanwezig:

1b. Gebouwkarakteristieken

bouwjaar hotel:
 eventuele uitbreidingen:
 vloeroppervlak:
 aantal verdiepingen:
 Vergader/party-zalen aanwezig :
 zo ja: aantal zalen, grootte van de zalen:
 bezoekers zalen (gemiddeld en maximum) :
 hoe vaak komt een maximale bezetting voor? :
 eens per week ... eens per maand ... eens per kwartaal of minder
 aantal kantoorruimtes:
 andere ruimtes met waterverbruik:
 (sportruimte, zwembad, buitenterras, tuin, enz.)

2. FUNCTIONELE RUIMTES

KAMERS

Gaag opgave van waterverbruikende inventaris per kamertype (markeer met X indien aanwezig):

Inventaris	1-pers	2-pers	> 2-pers
Douche				
Bad				
Toilet				
Wastafel				
Koffiezetapparaat				
Keukenblok				
...				

type toiletten: met spoelkraan / stortbak *
 waterbesparend: ja / nee *
 wastafel met : alleen koudwater / warmwateraansluiting *

TOILETTEN (anders dan op de kamers)

aantal toiletten: aantal toiletgroepen:
 met spoelkraan / stortbak * waterbesparend: ja / nee *
 aantal urinoirs:
 aantal wastafels alleen koudwater / warmwateraansluiting *

DOUCHERUIMTES (anders dan op de kamers; bv. sport/fitness of zwembad)

Aantal douches:
 Aantal wastafels met alleen koudwater / warmwateraansluiting *
 Tijdstippen in gebruik:

KEUKEN/RESTAURANTS

aantal restaurants:
 openingstijden restaurants:
 aantal zitplaatsen (per) restaurant:
 bezettingsgraad ontbijt: werkdagen weekend:
 bezettingsgraad lunch: werkdagen weekend:
 bezettingsgraad diner: werkdagen weekend:
 bezettingsgraad overig: werkdagen weekend:
 aantal vaatwasmachines: aantal vaatwascorven/dag:
 koffie-automaten in gebouw:
 water-automaten in gebouw:

SCHOONMAAK

tijdstip:
emmers voor inventaris:
wijze van schoonmaken:
schoonmaakexterieur gebouw:

OVERIG WATERGEBRUIK

Overige tappunten/watergebruiksdoelen, bijvoorbeeld:
eigen wasserij: ja/ nee * Aantal wasmachines: Kg wasgoed per dag:
koelinstallatie (koelwanden of koelplafonds, of anders):
luchtbevochtiging:
periodiek doorspoelen van leidingen ivm legionella-preventie:
tuin:
zwembad:

Zorginstellingen

1a. Bedrijfsgegevens

Naam zorginstelling:
Adres:
Naam contactpersoon:

Type zorginstelling: * =markeer juiste typering(en) , vul aan
Algemeen ziekenhuis / Universitair medisch centrum / Categorieel ziekenhuis / Zelfstandig
behandelcentrum / Buitenpolikliniek
Verpleeghuis / Verzorgingshuis / Woonzorg-combinatie / Aanleunwoning / Serviceflat /
Overig (graag specificeren) *

Kengetallen totaal , op jaarbasis of gemiddelden per weekdag/weekend
aantal medewerkers: waarvan mannen vrouwen
aantal FTE:
aantal bedden: aantal wooneenheden :
aantal dagbehandelingen :
aantal verpleegdagen :
aantal bezoekers polikliniek:
aantal bezoekers patiënten/bewoners:
watergebruik op jaarbasis: eigen bemetering aanwezig: ja /nee *
aantal aansluitingen op drinkwaternet: reservoir(s) aanwezig:

1b. Gebouwkarakteristieken

bouwjaar zorginstelling: eventuele uitbreidingen:
vloeroppervlak: aantal verdiepingen:

Graag opgave van het aantal ruimtes binnen de zorginstelling:

<i>Gebouw-indeling</i>	<i>Beschrijving</i>	<i>Funcities</i>	<i>Aantal ruimtes</i>
Kantoor	Funcities die gebruik maken van kantoor of kantoorachtige voorzieningen	Administratie Zorglogistiek Spreekkamer	
Hotel	Funcities waar naast verzorging de hotelfunctie (verblijf) voorop staat	Klinieken Verpleegkamers/zalen Kamers verzorgingshuis	
Woning	Funcities waar de zelfstandige woonfunctie voorop staat	Aanleunwoning Serviceflat Kamers bijzondere gezondheidszorg	
Facilitair	Kapitaalintensieve functies die t.o.v. het primaire proces een ondersteunende rol vervullen	Laboratoria Beeldvormende diagnose Facilitair bedrijf Restaurants Zwembad Sport/fitness-ruimtes	
'Hot floor'	Kapitaalintensieve functies die uniek zijn voor een ziekenhuis	Intensive care Operatiekamers	

2. FUNCTIONELE RUIMTES

WOONEENHEDEN/SERVICEFLATS (opgave van verzorg en/of verpleegafdelingen op volgende bladzijde) Graag opgave van waterverbruikende inventaris per eenheid (markeer met X indien aanwezig)

<i>Inventaris</i>	<i>1-pers</i>	<i>2-pers</i>	<i>... pers</i>	<i>...</i>
Douche				
Bad				
Toilet				
Wastafel				
Keukenblok				
...				

type toiletten: met spoelkraan / stortbak *

waterbesparend: ja / nee *

wastafel met : alleen koudwater / warmwateraansluiting *

VERZORG- EN/OF VERPLEEGKAMERS/ZALEN

Graag opgave van waterverbruikende inventaris per kamer/zaaltype (markeer met X indien aanwezig):

<i>Inventaris</i>	<i>1-pers</i>	<i>2-pers</i>	<i>... pers</i>	<i>...</i>
Douche				
Bad				
Toilet				
Wastafel				
...				

type toiletten: met spoelkraan / stortbak *
waterbesparend: ja / nee *
wastafel met : alleen koudwater / warmwateraansluiting *

TOILETTEN (anders dan op de kamers/zalen)

aantal toiletten: aantal toiletgroepen:
met spoelkraan / stortbak * waterbesparend: ja / nee *
aantal urinoirs:
aantal wastafels alleen koudwater / warmwateraansluiting *

DOUCHE/BADRUIMTES (anders dan op de kamers/zalen; bv. sport/fitness of zwembad)

Aantal douches: Aantal baden:
Aantal wastafels met alleen koudwater / warmwateraansluiting *
Tijdstippen in gebruik:

KEUKEN/RESTAURANTS

aantal restaurants:
openingstijden restaurants:
aantal zitplaatsen (per) restaurant:
aantal verstrekte maaltijden buiten restaurant:
..... ontbijt lunch diner
aantal vaatwasmachines: aantal vaatwascorven/dag:
koffie-automaten in gebouw:
water-automaten in gebouw:

SCHOONMAAK

tijdstip:
emmers voor inventaris:
wijze van schoonmaken:
schoonmaak exterieur gebouw:

OVERIG WATERGEBRUIK

Overige tappunten/watergebruiksdoelen, bijvoorbeeld:

eigen wasserij: ja/ nee * Aantal wasmachines: Kg wasgoed per dag:
koelinstallatie (koelwanden of koelplafonds, of anders):
luchtbevochtiging:
periodiek doorspoelen van leidingen ivm legionella-preventie:
operatiekamers:
intensive care:
laboratoria:
zwembad:
tuin:
facilitaire diensten binnen gebouw (vullen, wassen/spoelen/sterilisatie):

III Methode voor objectieve beoordeling van gesimuleerde afnamepatronen

III.1. Inleiding

Voor de vergelijking van gesimuleerde patronen met metingen kunnen verschillende variabelen, die het waterverbruik beschrijven, gebruikt worden: Q_{max} (de maximale volumestroom voor verschillende tijdschalen), V (volume per dag in m^3), Q_{dag} (verbruikpatroon over de dag in m^3/h) en C_d (genormaliseerde verbruikpatroon of uurfactoren patroon in [-]).

Q_{max} en V zijn variabelen die uit een dagpatroon van de volumestroom worden afgeleid. Q_{max} is immers de maximum volumestroom op een dag. Omdat deze per tijdstip en dag kunnen verschillen, kunnen de Q_{max} en V van één gemeten dag niet vergeleken worden met de Q_{max} en V van één gesimuleerde dag. Q_{max} en V worden daarom weergegeven als cumulatieve frequentie verdeling[†], $Q_{max,cf}$ en V_{cf} . Dit betekent dat wordt gekeken naar hoe vaak een bepaalde waarde voor Q_{max} of V voorkomt in de metingen en in de simulaties. Door de gesimuleerde cumulatieve frequentie verdelingen te vergelijken met de cumulatieve frequentie verdeling voor Q_{max} en V van de metingen kan een maat worden toegekend aan de juistheid van de gesimuleerde **waarden**.

De variabelen Q_{dag} en C_d zijn gemiddelde patronen van de (genormaliseerde) volumestroom in de tijd. Door deze variabelen van de gesimuleerde patronen te vergelijken met die van de gemeten patronen kunnen de gesimuleerde **patronen** op juistheid beoordeeld worden.

III.2. Criteria voor beoordeling gesimuleerde afnamepatronen

Voor de beoordeling van de gesimuleerde afnamepatronen, zijn de volgende statistische beoordelingsparameters gebruikt:

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{i,meting} - X_{i,model})}{n} \text{ [eenheid X]}$$

$$ME_{\%} = \frac{ME}{X_{i,meting}} \cdot 100\% \text{ [%]}$$

waarin

ME	=	Mean Error Gemiddelde afwijking
$ME_{\%}$	=	Procentuele Mean Error
$X_{i,meting}$	=	gemeten waarde voor $Q_{max,cf}$, V_{cf} , Q_{dag} of C_d .
$X_{i,model}$	=	gesimuleerde waarde voor $Q_{max,cf}$, V_{cf} , Q_{dag} of C_d .
n	=	aantal vergeleken datapunten
$Q_{max,cf}$	=	cumulatieve frequentie behorend bij $Q_{max,i}$.
V_{cf}	=	cumulatieve frequentie behorend bij V_i .
$\overline{X_{i,meting}}$	=	gemiddelde gemeten waarde voor $Q_{max,cf}$, V_{cf} , Q_{dag} of C_d .

$$= \frac{\sum_{i=1}^n X_{i,meting}}{n}$$

[†] cumulatieve frequentie verdeling = geeft het totaal aantal frequenties weer dat zich beneden een klassengrens bevindt.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{i,meting} - X_{i,model})^2}{n-1}} \quad [\text{eenheid } X]$$

$$RMSE_{\%} = \frac{RMSE}{X_{i,meting}} \cdot 100\% \quad [\%]$$

waarin

$RMSE$ = Root Mean Squared Error
 Standaardafwijking van de modelfout ($X_{i,meting} - X_{i,model}$)
 $RMSE_{\%}$ = Procentuele Root Mean Squared Error

ME en $RMSE$ geven een oordeel over de juistheid van de gesimuleerde waarde. Een lage waarde voor ME en $RMSE$ (in %) betekent dat de gesimuleerde waarde de meting goed benadert. Wanneer ME en $RMSE$ kleiner zijn dan 25%, worden de gesimuleerde patronen beoordeeld als "goed". Een negatieve waarde voor ME betekent dat de voorspelde waarde door het model groter is dan de gemeten waarde. Het model overschat dan het waterverbruik.

Een andere statistische beoordelingsparameter is R^2 . R^2 is de determinatie-coëfficiënt en geeft het percentage verklaarde variantie weer. Het is een maat voor hoe sterk de variatie van een variabele wordt verklaard door een model. Als $R^2 = 1$ is het gesimuleerde patroon gelijk aan het gemeten patroon. Een hoge waarde voor R^2 betekent dus dat de vorm van het gesimuleerde patroon overeenkomt met de gemeten vorm.

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{residu}}{SS_{totaal}}$$

waarin:

R^2 = determinatiecoëfficiënt
 SS_{residu} = variantie in het residu of de modelfout (ook wel de onverklaarde variantie genoemd)

$$SS_{residu} = \sum_{i=1}^n (X_{i,meting} - X_{i,model})^2$$

SS_{totaal} = totale variantie in de metingen (=de som van de verklaarde en onverklaarde variantie)

$$SS_{totaal} = \sum_{i=1}^n (X_{i,meting} - \overline{X_{i,meting}})^2$$

$X_{i,meting}$ = gemeten waarde voor $Q_{max,cf}$, V_{cf} , Q_{dag} of C_d .

$X_{i,model}$ = gesimuleerde waarde voor $Q_{max,cf}$, V_{cf} , Q_{dag} of C_d .

$\overline{X_{i,meting}}$ = gemiddelde gemeten waarde voor $Q_{max,cf}$, V_{cf} , Q_{dag} of C_d .

$$\overline{X_{i,meting}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{i,meting}}{n}$$

$Q_{max,cf}$ = cumulatieve frequentie behorend bij $Q_{max,i}$.

V_{cf} = cumulatieve frequentie behorend bij V_i .

Voor een objectieve beoordeling van de gesimuleerde patronen zijn de volgende criteria vastgesteld, gebaseerd op gebruikelijke grenswaarden voor de statistische beoordelingsparameters:

beoordelings-parameter	criterium	oordeel over
ME	< 25%	waarde
$RSME$	< 25%	waarde
R^2	> 70%	vorm/variantie

Als de parameters Q_{max} en V voldoen aan deze criteria, betekent dit dat de gesimuleerde waarde de metingen goed beschrijven, zowel qua grootte/waarde als qua vorm.

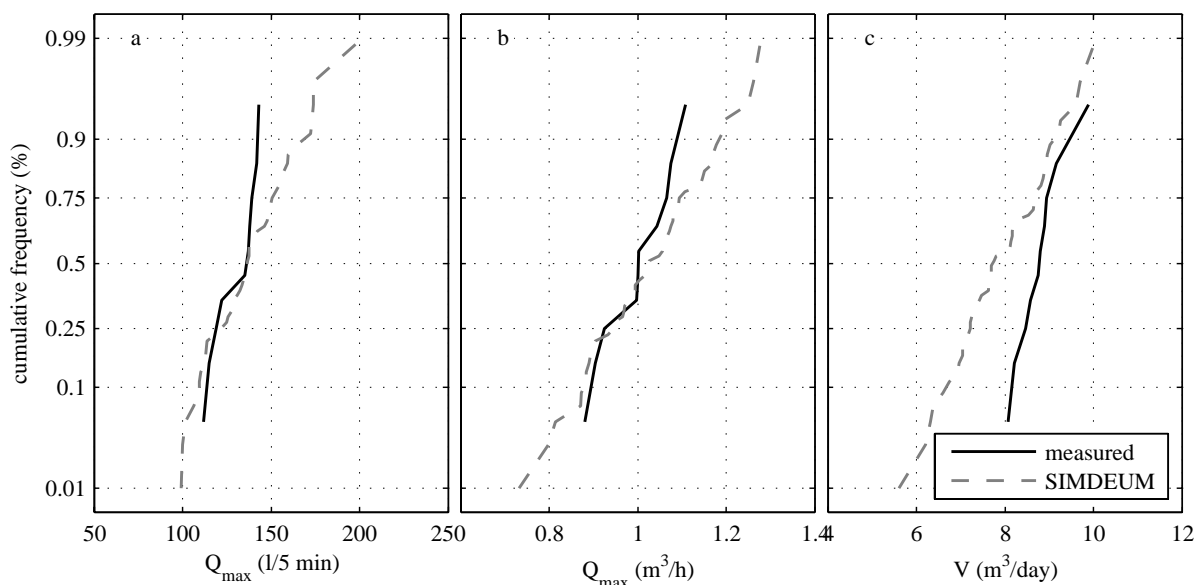
Als de parameters Q_{dag} en C_d voldoen aan deze criteria, betekent het dat de gesimuleerde patronen de gemeten patronen goed beschrijven, zowel qua grootte/waarde als qua vorm.

III.3. Resultaten: beoordeling van de gesimuleerde afnamepatronen

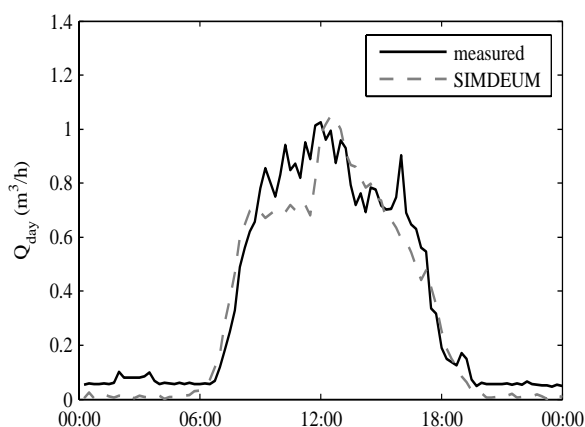
De gedefinieerde beoordelingsparameters zijn gebruikt om de gesimuleerde afnamepatronen voor de niet-huishoudelijke verbruiken te beoordelen. Van elke categorie binnen het niet-huishoudelijk verbruik is het gesimuleerde patroon van de volumestroom beoordeeld voor één specifieke gebruiker binnen de categorie.

III.3.1. Beoordeling afnamepatroon van kantoor C

Voor kantoor C zijn de gemeten patronen op werkdagen in de periode van 3-18 november 2008 weergegeven in Figuur 7-7a. In Figuur 7-7b zijn de gesimuleerde patronen van het totale waterverbruik weergegeven voor 50 werkdagen. Uit deze patronen kunnen de gewenste waarden voor Q_{max} (de maximale volumestroom voor verschillende tijdschalen), V (volume per dag in m^3), Q_{dag} (verbruikpatroon over de dag in m^3/h) en C_d (uurfactoren patroon in [-]) afgeleid worden. Q_{max} in liter per 5 minuten en in m^3 per uur zijn weergegeven in respectievelijk Figuur III-1a en III-1b. In Figuur III-1c is het volume te zien in m^3/dag . Het gemiddelde van de gemeten en gesimuleerde patronen van het waterverbruik voor kantoor C zijn weergegeven in Figuur III-2.



Figuur III-1 Kantoor C: vergelijking van metingen (10 werkdagen met tijdschaal van 1 minuut) en simulaties (50 werkdagen met tijdschaal van 1 seconde); a) Q_{max} per 5 min., b) Q_{max} per uur, c) V per dag.



Figuur III-2 Kantoor C: vergelijking van de gemiddelde Q_{dag} met een tijdschaal van 15 minuten, van de metingen (10 werkdagen) en de simulaties (50 dagen)

Deze figuren zijn gebruikt voor de berekening van de beoordelingsparameters, die voor kantoor C in Tabel III-1 zijn weergegeven.

Tabel III-1 statistische vergelijking tussen de gemeten en gesimuleerde patronen van het waterverbruik voor kantoor C afgeleid uit de figuren III-1 en III-2, weergegeven in de beoordelingsparameters ME, RMSE en R^2 . Gearceerde waarden zijn de waarden die voldoen aan de gestelde criteria: ME en RMSE < 25% en R^2 > 70%.

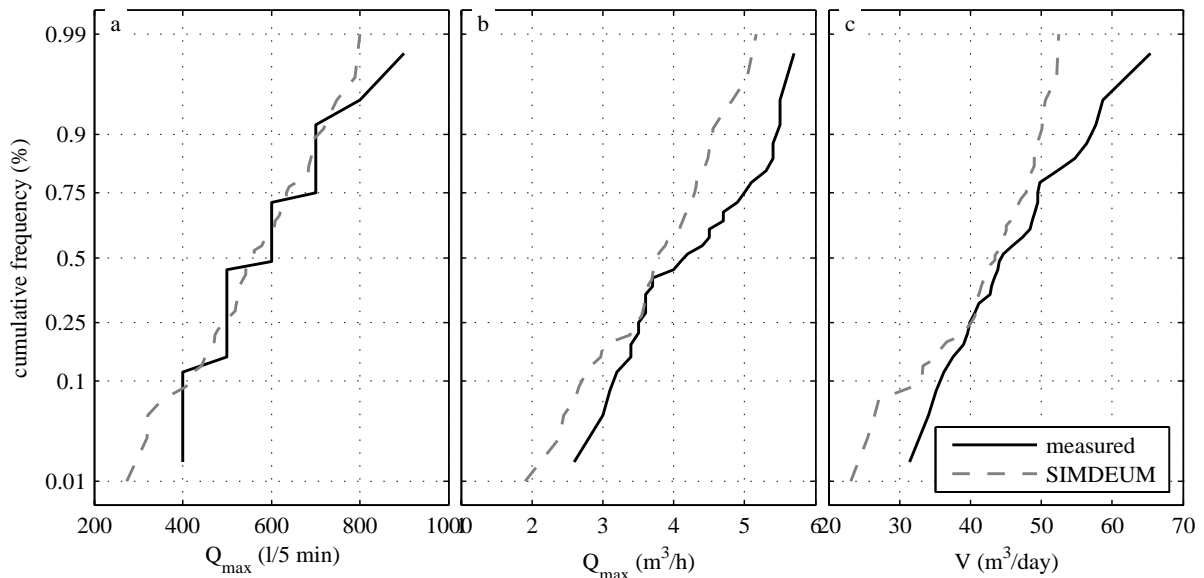
Variabele waterverbruik	Beoordelingsparameter				
	ME	ME%	RMSE	RMSE%	R^2
$Q_{max,cf}$ (l/5 min)	0.076	(10%)	0.144	(20%)	94%
$Q_{max,cf}$ (m ³ /h)	0.046	(8%)	0.103	(18%)	98%
V_{cf} (m ³ /day)	-0.192	(-56%)	0.284	(84%)	94%
Q_{dag} (m ³ /h)	0.037	(10%)	0.092	(25%)	x
C_d (-)	x		x		93%

Uit de resultaten voor de beoordelingsparameters (Tabel III-1) blijkt, dat zowel het patroon als de variatie van het waterverbruik goed worden voorspeld met SIMDEUM. Alleen het volume per dag voldoet niet aan de gestelde criteria. Uit Figuur III-1c blijkt dat het gesimuleerde volume vooral afwijkt bij de lage waarden voor het volume. Het volume wordt door SIMDEUM onderschat.

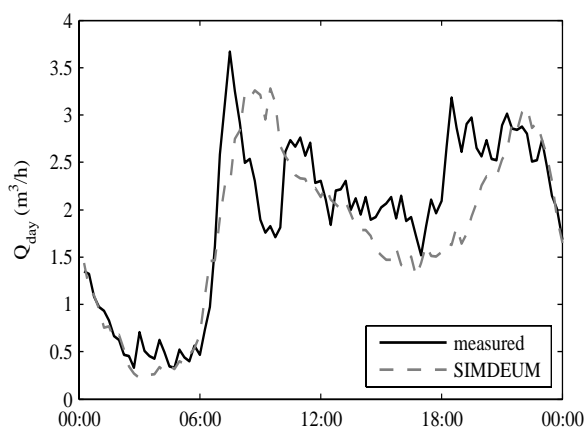
III.3.2. Beoordeling afnamepatroon van hotel C

Voor hotel C zijn de gemeten en gesimuleerde patronen van het waterverbruik weergegeven in Figuur 7-13. De cumulatieve verdeling voor Q_{max} (de maximale volumestroom voor verschillende tijdschalen) en V (volume per dag in m^3) die hieruit afgeleid is, is weergegeven in Figuur III-3. Het gemiddelde van de gemeten en gesimuleerde patronen van het waterverbruik is voor hotel C te zien in Figuur III-4.

Deze figuren zijn gebruikt voor de berekening van de beoordelingsparameters, die voor hotel C in Tabel III-2 zijn weergegeven.



Figuur III-3 Hotel C: vergelijking van metingen (30 dagen met tijdschaal van 5 minuten) en simulaties (50 dagen met tijdschaal van 1 seconde); a) Q_{max} per 5 min., b) Q_{max} per uur, c) V per dag.



Figuur III-4 Hotel C: vergelijking van de gemiddelde Q_{dag} met een tijdschaal van 15 minuten, van de metingen (30 dagen) en de simulaties (50 dagen).

Tabel III-2 statistische vergelijking tussen de gemeten en gesimuleerde patronen van het waterverbruik voor hotel C afgeleid uit de figuren III-3 en III-4, weergegeven in de beoordelingsparameters ME, RMSE en R^2 .

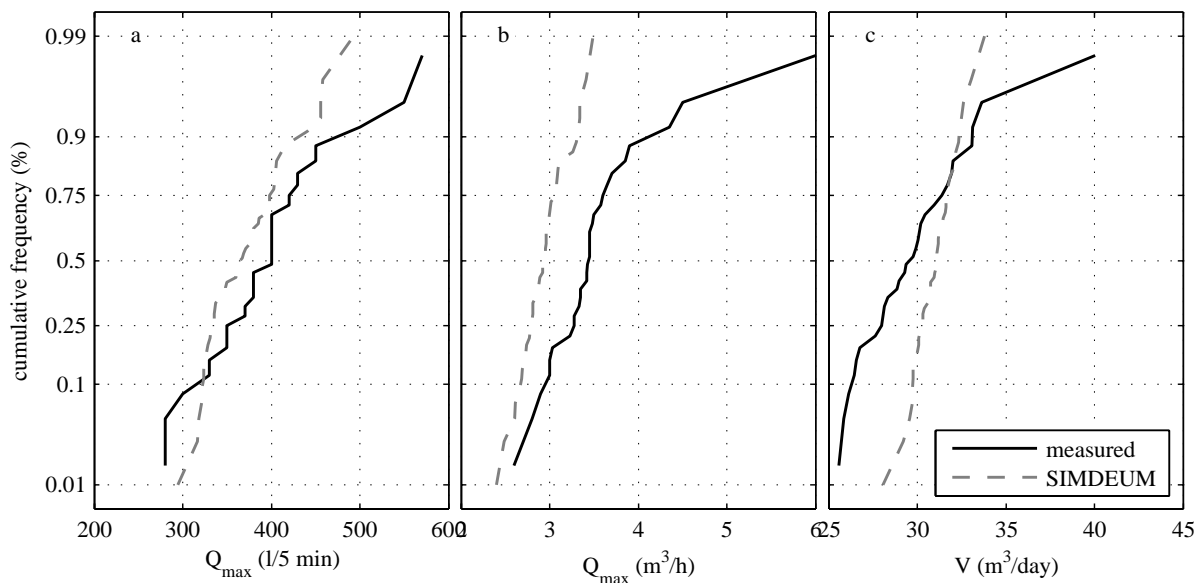
Gearceerde waarden zijn de waarden die voldoen aan de gestelde criteria: ME en RMSE < 25% en $R^2 > 70\%$.

Variabele waterverbruik	Beoordelingsparameter				
	ME	ME%	RMSE	RMSE%	R^2
$Q_{max,cf}$ (1/5 min)	-0.018	(-3%)	0.054	(10%)	98%
$Q_{max,cf}$ (m^3/h)	-0.093	(-22%)	0.019	(32%)	87%
V_{cf} (m^3/day)	-0.072	(-12%)	0.092	(13%)	95%
Q_{dag} (m^3/h)	0.140	(7%)	0.540	(-7%)	x
C_d (-)	x		x		60%

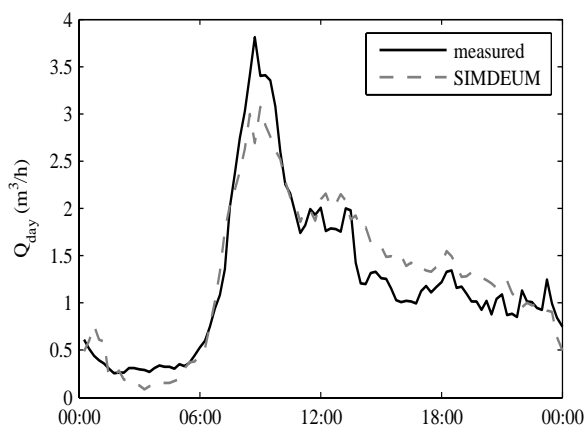
Uit Tabel III-2 blijkt uit de beoordelingsparameters, dat Q_{max} en V goed voorspeld worden door SIMDEUM. Zowel de grootte van de volumestroom en het volume als de vorm van de cumulatieve frequentie verdeling voldoen aan de criteria. Het patroon van het waterverbruik voldoet aan de criteria, wanneer gekeken wordt naar de voorspelde waarde van de volumestroom. De variatie/vorm van het patroon voldoet niet aan de grens van 70%. Een waarde van 60% voor R^2 geeft aan dat het gesimuleerde patroon qua variatie redelijk is. Het menselijk oog beoordeelt bijvoorbeeld het nacht- en ochtendverbruik als goed, en het verbruik aan het begin van de avond als minder goed passend (pagina 60).

III.3.3. Beoordeling afnamepatroon van zorginstelling D

Voor zorginstelling D zijn de gemeten patronen en de gesimuleerde patronen van het waterverbruik weergegeven in Figuur 7-18. Uit deze patronen kunnen de gewenste waarden voor Q_{max} (de maximale volumestroom voor verschillende tijdschalen) en V (volume per dag in m^3) bepaald worden. De cumulatieve verdeling van Q_{max} en V voor zorginstelling D is weergegeven in Figuur III-5. In Figuur III-6 is het gemiddelde van de gemeten en gesimuleerde patronen van het waterverbruik voor zorginstelling D te zien.



Figuur III-5 Zorginstelling D: vergelijking van metingen (30 dagen met tijdschaal van 5 minuten) en simulaties (50 dagen met tijdschaal van 1 seconde); a) Q_{max} per 5 min., b) Q_{max} per uur, c) V per dag.



Figuur III-6 Zorginstelling D: vergelijking van de gemiddelde Q_{dag} met een tijdschaal van 15 minuten, van de metingen (30 dagen) en de simulaties (50 dagen).

De beoordelingsparameters voor de gesimuleerde resultaten van zorginstelling D zijn afgeleid uit de figuren III-5 en III-6 en weergegeven in Tabel III-3.

Tabel III-3 statistische vergelijking tussen de gemeten en gesimuleerde patronen van het waterverbruik voor zorginstelling D afgeleid uit de figuren III-5 en III-6, weergegeven in de beoordelingsparameters ME, RMSE en R^2 . Gearceerde waarden zijn de waarden die voldoen aan de gestelde criteria: ME en RMSE < 25% en R^2 > 70%.

Variabele waterverbruik		Beoordelingsparameter				
		ME	ME%	RMSE	RMSE%	R^2
$Q_{max,cf}$	(l/5 min)	-0.068	(-11%)	0.117	(19%)	91%
$Q_{max,cf}$	(m ³ /h)	-0.137	(-21%)	0.244	(38%)	65%
V_{cf}	(m ³ /day)	0.080	(11%)	0.193	(27%)	69%
Q_{dag}	(m ³ /h)	-0.053	(-4%)	0.284	(23%)	x
C_d	(-)	x		x		89%

Uit de beoordelingsparameters voor zorginstelling D (Tabel III-3) blijkt, dat de waarde voor Q_{max} en V redelijk tot goed voorspeld worden. De vorm/variatie van de cumulatieve verdeling van Q_{max} en V voldoet net niet aan de norm voor R^2 , maar kan nog steeds zeer redelijk worden genoemd. Het patroon van het waterverbruik voor zorginstelling D wordt door SIMDEUM goed voorspeld.

III.4. Discussie

De gesimuleerde patronen van het waterverbruik door SIMDEUM zijn op een objectieve manier beoordeeld. De statistische beoordelingsparameters, ME en RMSE geven een indruk over de grootte van de maximum volume stroom Q_{max} en het volume V en de grootte van de volumestroom in het afnamepatroon. De statistische beoordelingsparameter R^2 geeft aan of de vorm of variatie in de waardes en patronen overeen komen met de metingen.

Uit de beoordeling van gesimuleerde patronen in elke categorie van niet-huishoudelijk verbruik, blijkt dat de objectieve beoordeling de kwalitatieve beschrijving en beoordeling van de patronen in het rapport onderschrijft. Het is daarom te verwachten dat de kwalitatieve beoordelingen van de overige kantoren, hotels en zorginstellingen een goede benadering zijn van de objectieve beoordelingen.

Niet alle hotels, kantoren en zorginstellingen zijn op de beschreven wijze beoordeeld, omdat de statistische significantie samenhangt met het aantal data. Voor Q_{max} bijvoorbeeld is het aantal gelijk aan het aantal meetdagen. Voor de meeste niet-huishoudelijke verbruiken in dit onderzoek is dit aantal maximaal 30. In een cumulatieve verdeling wordt dit aantal nog iets verder ingeperkt. De berekende waarden voor Q_{max} en V zijn hierdoor minder nauwkeurig. Het heeft daarom beperkte meerwaarde om Q_{max} en V voor alle niet huis-houdelijke verbruiken uit te rekenen. Voor Q_{dag} en C_d zijn wel voldoende data beschikbaar. De berekende waarden voor Q_{dag} en C_d zijn hierdoor betrouwbaarder. Voor deze variabelen geldt echter dat wat het oog zegt (hoofdstuk 7) goed aansluit bij de statistische getallen (tabel III-1 t/m III-3).

In vervolgonderzoeken is de gepresenteerde methode geschikt om gesimuleerde afnamepatronen op een objectieve manier te beoordelen. Criteria of grenzen van de waarden voor de beoordelingsparameters kunnen uitgebreid worden, zodat een gradatie in de beoordelingen ontstaat, van slecht, redelijk, goed en zeer goed.

