



Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren

KWR 2013.017
Juni 2013



Watercycle Research Institute

Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren

KWR 2013.017
Juni 2013

© 2012 KWR

Alle rechten voorbehouden.

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

Colofon

Titel

Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren

Opdrachtnummer

A304001, A309120, A309262

Rapportnummer

KWR 2013.017

Projectmanager

Nellie Slaats

Opdrachtgever

UNETO-VNI en TVVL

voorstudie ST 29 “Valideren rekenregels utiliteitsbouw: kantoren, hotels en zorginstellingen”

voorstudie ST 36 “Rekenregels omzetten in ontwerpreeksregels”

Contactpersoon: Eric van der Blom (UNETO-VNI)

Kwaliteitsborger

Mirjam Blokker

Auteurs

Ilse Pieterse-Quirijns, Hendrik Beverloo, Arnaut van Loon

Verzonden aan

UNETO-VNI

Contactpersoon: Eric van der Blom

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.

Inhoud

Inhoud	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding en doel	3
1.2 Aanpak	4
1.3 Leeswijzer	5
2 Rekenregels voor kantoren	7
3 Rekenregels voor nieuwe kantoortypologieën	9
3.1 Inleiding	9
3.2 Nieuwe kantoortypologieën	9
3.3 Rekenregels voor nieuwe kantoortypologieën	9
4 Validatieprocedures	13
4.1 Inleiding	13
4.2 Meetmethode	13
4.3 Selectie gebouwen voor validatieprocedure	14
4.4 Validatieprocedure niveau 1: validatie basis rekenregels kantoren	14
4.5 Validatieprocedure niveau 2: validatie uitkomsten rekenregels kantoren	15
4.6 Vergelijking met bestaande richtlijnen en consequenties voor de ontwerpen	16
4.6.1 Bestaande richtlijnen voor waterverbruik kantoren	16
4.6.2 Consequenties voor ontwerp	17
5 Validatie niveau 1: basis rekenregels gestandaardiseerde kantoren	19
5.1 Inleiding	19
5.2 Validatie gestandaardiseerde kantoren op basis van gemeten dagpatronen	19
5.2.1 Vergelijking van gemeten afnamepatroon met het gesimuleerde afnamepatroon	19
5.2.2 Afnamepatroon kantoor I: kwaliteit leidingwaterinstallatie en warmwaterverbruik	20
5.3 Validatie gestandaardiseerde kantoren op basis van enquêtes	21
5.3.1 Validatie van het aantal gebruikers in gestandaardiseerde kantoren	22
5.3.2 Validatie van het aantal tappunten in gestandaardiseerde kantoren	22
5.3.3 Validatie van waterverbruikend gedrag in gestandaardiseerde kantoren	25
5.4 Conclusie	27
6 Validatie niveau 2: uitkomst rekenregels voor kantoren	29
6.1 Inleiding	29
6.2 Validatie van de uitkomsten van de rekenregels met gemeten kentallen	29

7	Vertaling naar ISSO	31
7.1	Inleiding	31
7.2	Uitgangspunten van de rekenregels en unanieme aanpak voor toepassing rekenregels	31
7.2.1	Unanieme aanpak rekenregels	31
7.2.2	Unanieme aanpak voor kantoren: de waarde voor n	32
7.3	Voorstel van veiligheidsmarge voor rekenregels kantoren	33
8	Vergelijking met bestaande richtlijnen	35
8.1	Inleiding	35
8.2	Vergelijking van de maximum moment volumestroom	35
8.3	Consequenties voor ontwerp leidingdiameter	36
9	Conclusies, samenvatting en aanbevelingen	37
9.1	Conclusies en samenvatting	37
9.2	Aanbevelingen	39
10	Referenties	41
I	Enquête waterverbruik kantoren	43
II	Enquête waterverbruikend gedrag	53
III	Verskil tussen maximum en gemiddelde gemeten waterverbruik in kantoor I en II	57
IV	Relatie tussen procentuele afwijking en veiligheidsfactor	59

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In het kader van het bedrijfstakonderzoek van de Nederlandse waterleidingbedrijven (BTO) en in samenwerking met UNETO-VNI en TVVL, heeft KWR de afgelopen jaren het simulatiemodel SIMDEUM® ontwikkeld, om huishoudelijke afnamepatronen van woningen en woongebouwen te kunnen voorspellen (Blokker, 2006). In 2009 is dit simulatiemodel uitgebreid/aangepast om ook niet-huishoudelijk waterverbruik in de utiliteitsbouw te voorspellen (Pieterse-Quirijns e.a., 2009; www.kwrwater.nl). SIMDEUM geeft een voorspelling van zowel de afnamepatronen van het koude als van het warme water voor verschillende categorieën in de utiliteitsbouw, namelijk kantoren, hotels en zorginstellingen. Deze afnamepatronen zijn belangrijk voor de dimensionering van leidingwaterinstallaties en voor de keuze van warmwaterbereidinginstallaties. Hiervoor is namelijk kennis nodig van de maximum moment volumestroom (MMV) voor koud en warm water en het maximum warm water volume (MWW) in verschillende tijdseenheden, zoals bijvoorbeeld per uur of per dag. Deze verschillende variabelen voor het waterverbruik kunnen uit de afnamepatronen van koud en warm water worden afgeleid.

Om niet voor iedere nieuwe situatie het model SIMDEUM te hoeven gebruiken zijn een aantal standaardsituaties gedefinieerd waarvoor rekenregels zijn opgesteld op basis van de uitkomsten van SIMDEUM (Blokker et al., 2007; Pieterse-Quirijns, 2008; Pieterse-Quirijns, 2010 en 2011). De rekenregels voor de utiliteitsbouw zijn opgesteld voor 2 typen kantoren, 2 typen hotels en 4 typen zorginstellingen. Deze typologieën zijn zodanig gestandaardiseerd dat op basis van de dominante variabele (het aantal medewerkers voor kantoren, het aantal hotelkamers en het aantal bedden in zorginstellingen) zowel de inrichting van het gebouw als het aantal andere verbruikers worden berekend en vervolgens het waterverbruik wordt voorspeld. Uit het berekende waterverbruik zijn de kentallen voor koud- en warmwaterverbruik geëxtraheerd en verwerkt in een rekenregel. De rekenregels berekenen de kentallen voor het waterverbruik bij een ingevoerde waarde voor de dominante variabele. De rekenregels voor de utiliteitsbouw zijn beschikbaar als praktisch gereedschap in de vorm van een Excelbestand.

De huidige ontwerpregels voor de utiliteitsbouw zijn opgenomen in ISSO-55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). Ze zijn gebaseerd op metingen uitgevoerd tussen 1976 en 1980 en dus sterk verouderd. De vraag is of deze ontwerpregels geschikt zijn voor de huidige gebouwen. De inrichting van kantoren is in de loop van de tijd veranderd. De toiletruimte is uitgerust met moderne toiletten en urinoirs, er zijn koffieautomaten aanwezig. Daarnaast is de werkcultuur de afgelopen periode gewijzigd. Kantoren zijn gericht op flexibele werknemers, met kantoortuinen en strevend naar een hoge bezettingsgraad. Hotels zijn luxer uitgevoerd en in sommige gevallen uitgebreid met een conferentie- of theaterfunctie, dat leidt tot een ander waterverbruik. De zorgsector heeft een sterke verandering ondergaan. Er wordt gestreefd naar kleinschaligheid en zelfstandigheid. De zorgconsument heeft andere verwachtingen aangaande de privacy en continuering van de persoonlijke levensstijl. Daarnaast blijkt dat de ontwerpregels een overschatting geven van het gemeten waterverbruik (Pieterse-Quirijns et al., 2009). Dit leidt vaak tot overdimensionering van de installaties met negatieve gevolgen voor waterkwaliteit en energieverbruik. Bovendien geven de bestaande ontwerpregels van de utiliteitsbouw geen inzicht in het verbruik van warm water.

De op SIMDEUM-gebaseerde rekenregels geven een betere benadering van de resultaten van SIMDEUM of van metingen, dan de huidige ontwerprichtlijnen (Pieterse-Quirijns, 2010). Bovendien kunnen de warmwaterverbruiken in verschillende tijdseenheden voorspeld worden met de rekenregels, terwijl de huidige ontwerpregels hierover geen uitspraak doen. Echter voordat deze rekenregels de huidige regels in ISSO-55 zullen vervangen is het noodzakelijk om de rekenregels te valideren. Het model SIMDEUM is alleen gevalideerd met een beperkte meetset. SIMDEUM en de rekenregels zijn nog niet gevalideerd voor de gestandaardiseerde typologieën. In tegenstelling tot woningen is van de inrichting en het gedrag van de personen die water verbruiken in de utiliteitsbouw weinig bekend. Deze zijn gebaseerd op een aantal enquêtes, op bestaande richtlijnen, op validatieresultaten en op intuïtie. Het model voor de

verschillende typologieën moet daarom zowel gevalideerd worden op metingen als op de inrichting van de gestandaardiseerde gebouwen op basis van enquêtes. Bovendien is SIMDEUM alleen gevalideerd voor het totale waterverbruik, maar nog niet apart voor het warmwaterverbruik.

Het doel van dit rapport is in de eerste plaats de validatie van de opgestelde rekenregels voor kantoren binnen de utiliteitsbouw. De overige gebouwen binnen de utiliteitsbouw worden in andere rapporten beschreven. In de tweede plaats wordt op basis van de resultaten van de validatie een aanbeveling gedaan om ISSO-55 aan te passen.

1.2 Aanpak

De rekenregels geven de kentallen van het waterverbruik voor twee typologieën van kantoren als functie van het aantal medewerkers. Voor een betrouwbare validatie van de rekenregels door middel van metingen zijn metingen van het waterverbruik van minstens vier gebouwen binnen elke typologie noodzakelijk. Dat betekent dat er 8 kantoorgebouwen nodig zijn (2 typologieën x 4 gebouwen). Dit was budgettair en qua doorlooptijd niet mogelijk. Daarom is gekozen voor een 'proof of concept'. Op basis van eerdere onderzoeken met metingen is er voldoende vertrouwen in SIMDEUM als simulatiemodel voor het berekenen van het koudwaterverbruik in woningen, woongebouwen en utiliteitsbouw. Als een juiste invoer van parameters wordt gekozen, voorspelt SIMDEUM het koudwaterverbruik goed. Daarom is een validatieprocedure opgezet die het vertrouwen in de methode ondersteunt: een validatie met metingen aan een beperkt aantal gebouwen binnen één typologie, ondersteund door enquêtes per typologie om de inrichting van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen te valideren. Wanneer uit de validatieprocedure blijkt dat de inrichting van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen op de juiste aannames is gebaseerd en dat de uitkomst van de rekenregels voor één typologie overeenkomen met de metingen, betekent dit dat de rekenregels het waterverbruik van de andere typologieën ook goed zal voorspellen.

De aanpak die gevolgd is bestaat uit een aantal stappen:

1. Meten van het koud- en warmwaterverbruik

In overleg met TVVL Werkgroep ST-29 zijn twee kantoorgebouwen geselecteerd als meetlocatie binnen één typologie van verschillende omvang. Binnen elk kantoor is gedurende minimaal 20 werkdagen de volumestroom van het koud- en/of warmwater gemeten:

- a) kantoor I: het totaal koud water en het totaal warm water
- b) kantoor II: het totaal koud water

2. Extraheren van kentallen

Uit elke meetserie worden de benodigde kentallen van het waterverbruik afgeleid:

MMV_{koud}	= maximum moment volumestroom (MMV) voor het totaal van koud en warm water in [l/s].
MMV_{warm}	= MMV voor warm water in [l/s]
MWW10	= maximum warmwatervolume in 10 minuten in [l]
MWW60	= maximum warmwatervolume in 60 minuten in [l]
MWW120	= maximum warmwatervolume in 120 minuten in [l]
MWWdag	= maximum warmwatervolume per dag in [l].

3. Validatie

De validatie van de rekenregels vindt vervolgens op twee niveaus plaats:

- 1) Validatie van de basis van de rekenregels:
 - a) De gemeten afnamepatronen worden vergeleken met de met SIMDEUM gesimuleerde afnamepatronen. Als deze afnamepatronen met elkaar overeenkomen, is dit een indicatie dat de basis van de rekenregels solide is.
 - b) Op basis van enquêtes wordt de inrichting van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen gevalideerd, door het aantal gebruikers en het aantal tappunten in verschillende kantoorgebouwen te vergelijken met de aantallen in de rekenregels.

- c) Tevens wordt het waterverbruikend gedrag van kantoorpersoneel gevalideerd voor twee kantoorgebouwen door een gedetailleerde enquête onder kantoormedewerkers.
- 2) Validatie van de uitkomst van de rekenregels:
De gemeten kentallen worden vergeleken met de uitkomsten van de rekenregels. Hierdoor kan een uitspraak gedaan worden of de rekenregels betrouwbaar zijn.

4. Omzetten naar ontwerpprekenregels

Er is een procedure nodig die de rekenregels omzetten in ontwerpprekenregels, die door installateurs gebruikt kunnen worden via ISSO-handleidingen. Deze procedure bestaat uit de volgende stappen:

- a. het ontwikkelen van een unanieme aanpak voor het gebruik van de nieuwe ontwerpprekenregels voor utiliteitsbouw en het vaststellen van de waarde van het aantal kantoormedewerkers n waarvoor de rekenregels toepasbaar zijn.
- b. het ontwikkelen van een methode om een veiligheidsmarge/ontwerpmarge in de bestaande rekenregels voor kantoren op te nemen zodat ontwerpprekenregels ontstaan.

De minimale waarde van het aantal kantoormedewerkers waarvoor de rekenregels toepasbaar zijn en de veiligheidsmarge zijn verwerkt in het bijbehorende Excelbestand:

KWR_2013_ontwerpprekenregels_utiliteitsbouw.

Met de uiteindelijke ontwerpprekenregels, inclusief de veiligheidsfactoren worden de consequenties voor het ontwerp van de leidingwaterinstallatie in kantoren tenslotte uiteengezet.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de rekenregels voor kantoren kort beschreven. Met deze informatie kan de invoer van de rekenregels voor de twee gekozen kantoorgebouwen bepaald worden. De ontwikkeling van nieuwe rekenregels voor twee kantoor typologieën, namelijk een kantoor type zonder urinoirs en een kantoor type met een hoger percentage mannelijke medewerkers wordt beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt de validatieprocedure beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 de basis van de rekenregels voor kantoren getoetst met de gemeten afnamepatronen van het waterverbruik en met gehouden enquêtes. In hoofdstuk 6 worden de uitkomsten van de rekenregels van kantoren vergeleken met de gemeten kentallen. Hoe de rekenregels vertaald kunnen worden naar ontwerpprekenregels voor ISSO-55 staat centraal in hoofdstuk 7. Hoofdstuk 8 beschrijft de vergelijking van de ontwerpprekenregels voor kantoren met bestaande ISSO-richtlijnen en de consequenties voor de leidingwaterinstallatie. In hoofdstuk 9 wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen.

2 Rekenregels voor kantoren

SIMDEUM berekent het waterverbruik in een gebouw door het gedrag van de aanwezige gebruikers te modelleren, rekeninghoudend met de verschillen in installatie en in waterverbruikende apparaten. SIMDEUM voor de utiliteitsbouw heeft een modulaire opbouw. Elk gebouw is opgesplitst in functionele ruimtes, die gekarakteriseerd worden door hun waterverbruik. Per functionele ruimte is een bepaald type gebruiker aanwezig. Zo is een kantoor opgesplitst in de volgende functionele ruimten met waterverbruikers: toiletruimte met koffieautomaat (voor gemak pantry¹ genoemd) met kantoormedewerkers en bezoekers, een keuken met keukenpersoneel, de schoonmaak met schoonmakers, de douche of fitnessruimte voor de sportieve medewerkers.

Door de projectgroep zijn twee typologieën voor kantoren vastgesteld, analoog aan de typologieën die voorkomen in ISSO-55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). De kantoortypologieën staan weergegeven in Tabel 2-1. Ze verschillen alleen in het type toilet dat aanwezig is in de pantry: kantoor A met toiletten met een stortbak en kantoor B met toiletten met een spoelkraan.

Het doel van de rekenregels is om voor elk type kantoorgebouw uit Tabel 2-1 met een willekeurige omvang de kentallen van het waterverbruik, namelijk MMV_{koud} , MMV_{warm} en MWW voor verschillende tijdseenheden, te berekenen. De invoer van de rekenregels van kantoren is de dominante variabele: het aantal kantoormedewerkers. Toiletbezoek vormt namelijk de belangrijkste bijdrage aan zowel het totale waterverbruik van kantoren als het patroon van de volumestroom over een dag. Voor het ontwikkelen van de rekenregels is het daarom belangrijk om de leidingwaterinstallatie van de pantry en de gebruikers ervan, namelijk de aanwezige medewerkers en bezoekers goed te definiëren. Door een duidelijk verschil in toiletgebruik/cultuur tussen mannen en vrouwen, is het tevens noodzakelijk om het percentage man/vrouw binnen de aanwezige mensen te weten.

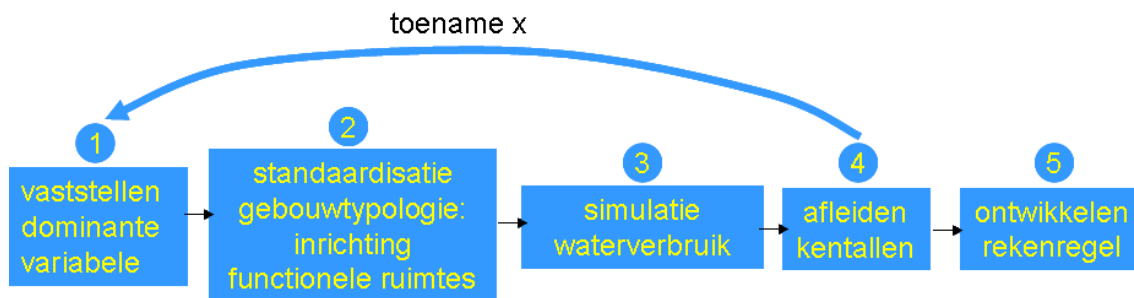
Bij de ontwikkeling van de rekenregels, moet SIMDEUM bij elke willekeurige invoer van de dominante variabele een afnamepatroon kunnen berekenen voor de gewenste gebouwtypologie (uit Tabel 2-1). Dit betekent dat voor die waarde van de dominante variabele een gebouw geconstrueerd moet worden, waar in elke functionele ruimte bekend is hoeveel waterverbruikende apparaten aanwezig zijn en hoeveel gebruikers. Wanneer de gebruikers en alle apparaten bekend zijn, kan SIMDEUM het waterverbruik berekenen. Daarom is elke gebouwtypologie gestandaardiseerd, waardoor op basis van de dominante variabele zowel de inrichting van het gebouw als het aantal gebruikers worden berekend en vervolgens het waterverbruik wordt voorspeld.

Tabel 2-1 Kantoortypologieën binnen rekenregels voor kantoren

kantoor typologie	leidingwaterinstallatie pantry	randvoorwaarden voor toepassing rekenregels		
		inrichting toiletruimte	man:vrouw ^a	aantal bezoekers
kantoor A	toilet zonder spoelkraan	toilet en urinoir	65%:35%	<10%
kantoor B	toilet met spoelkraan	toilet en urinoir	65%:35%	<10%

ada: bij een hoger percentage vrouwen is de rekenregel ook van toepassing (Pieterse-Quirijns, 2010).

¹ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers en bezoekers.



Figuur 2-1 Schematische weergave van de ontwikkeling van rekenregels voor de utiliteitsbouw

Op basis van simulaties van het waterverbruik van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen met 10-1250 kantoormedewerkers zijn de rekenregels ontwikkeld (Figuur 2-1). In Pieterse-Quirijns (2010) is de ontwikkeling van de rekenregels en de bijbehorende keuzes uitvoerig beschreven. De inrichting van de kantoren bij een bepaalde waarde van het aantal kantoormedewerkers wordt in hoofdstuk 5 (pagina 19) van dit rapport gevalideerd op basis van enquêtes.

Om de rekenregels voor kantoren te kunnen toepassen, in het ontwerp van een gebouw of bij validatie van het waterverbruik is er inzicht nodig of het te ontwerpen kantoor of het bemeten kantoor voldoet aan de kantoortypologieën in de rekenregels (Tabel 2-1). De belangrijkste randvoorwaarden zijn:

1. ten aanzien van de gebruikers:
 - a. verhouding man:vrouw is 65%:35%. Bij hogere percentages vrouw voldoen de rekenregels ook.
 - b. het aantal bezoekers in het kantoor bedraagt maximaal 10%: wanneer het aantal bezoekers voortdurend hoger ligt dan 10% is het nodig om het aantal medewerkers in de rekenregels te verhogen
 - c. er is een beperkt gebruik van een fitness ruimte (1,5% sporters)
2. ten aanzien van de leidingwaterinstallaties:

waterbesparende toiletten en urinoirs voor mannelijke medewerkers of toiletten met een spoelkraan. Als er geen urinoir is dan voorspellen de rekenregels een te hoog MMV.

De invoer van de rekenregels is het aantal kantoormedewerkers. In de ontwerpfase is dit een moeilijk te bepalen variabele en minder eenduidig dan het aantal tappunten. Echter, omdat de gebruikers een grote invloed hebben op het waterverbruik, is het een belangrijke, essentiële overweging. Immers een kantoor met dezelfde tappunten maar ingericht als kantoortuin zal een groter waterverbruik hebben dan eenzelfde kantoor met luxe kantoorruimtes. Het aantal medewerkers kan gekozen worden:

- a) in overleg met de opdrachtgever
- b) in combinatie met het Bouwbesluit 2012: 15 toiletten per medewerker
- c) gecombineerd met het type kantoor en de criteria voor het brutovloeroppervlak (Bouwbesluit 2003)

Als richtlijn kan een gemiddelde gehanteerd worden van 8 toiletten per medewerker (zie paragraaf 5.3 pagina 21).

3 Rekenregels voor nieuwe kantoor typologieën

3.1 Inleiding

In Pieterse-Quirijns (2010) zijn rekenregels opgesteld voor twee kantoor typologieën: kantoren met toiletten, uitgerust met reservoirs en urinoirs en kantoren waar de toiletten zijn uitgerust met spoelkranen. In beide kantoor typologieën zijn de toiletruimten uitgerust met urinoirs. Uit de enquêtes en ook uit gesprekken met installatiebureaus (Rijneveld, 2012) blijkt dat niet in alle kantoren urinoirs aanwezig zijn in de toiletruimtes. Wanneer geen urinoirs aanwezig zijn zal de MMV veel lager zijn, dan berekend met de rekenregels, omdat hierin de aanwezigheid van urinoirs is aangenomen.

Daarnaast is in beide kantoren aangenomen dat 65% van de kantoor medewerkers man is. Het percentage mannen dat werkzaam is in een kantoor verschilt echter per beroep. Een verandering in deze verhouding zal het waterverbruik in de toiletruimte veranderen. Er zal immers op een andere manier gebruik gemaakt worden van urinoirs. Bij een toename van het percentage vrouwen zal er minder gebruik gemaakt worden van de urinoirs. Urinoirs hebben een grotere volumestroom, maar van kortere duur, waardoor er minder water wordt verbruikt per spoeling. Een hoger percentage vrouwen zal leiden tot een hoger dagelijks waterverbruik en gemiddeld een lagere volumestroom. Tot een percentage vrouwen van 65% is in Pieterse-Quirijns (2010) aangetoond dat het maximum moment volumestroom (MMV) dat op een dag bereikt wordt vergelijkbaar is, doordat gelijktijdig gebruik gemaakt kan worden van toiletten en urinoirs op een willekeurig moment. Dit betekent dat een toename tot 65% vrouwen geen effect heeft op de MMV, die door de huidige rekenregel wordt berekend. Een toename van het percentage mannen zal echter leiden tot een toename van het urinoirgebruik met bijbehorende toenemende MMV. Hoeveel die toename zal zijn is nog niet bekend.

In dit hoofdstuk worden daarom rekenregels afgeleid voor twee nieuwe kantoor typologieën, namelijk kantoren, waar geen urinoirs aanwezig zijn in de toiletruimte en kantoren met een hoog percentage mannelijke medewerkers.

3.2 Nieuwe kantoor typologieën

De nieuwe kantoor typologieën zijn opgesteld op basis van de bestaande kantoor typologie A (Pieterse-Quirijns, 2010). Kantoor typologie C is een kantoor zonder urinoirs, waarbij is aangenomen dat mannen met dezelfde frequentie gebruik maken van de toiletten als in kantoor type A (4x) en dat ze voor 60% gebruik maken van de waterbesparende functie van het toilet. In kantoor typologie D is het percentage mannelijke kantoor medewerkers verhoogd tot 90%. In Tabel 3-1 zijn de kantoor typologieën weergegeven met de bijbehorende specifieke eigenschappen van de installatie en gebruikers. Voor de volledigheid zijn de bestaande kantoor types A en B ook in deze tabel opgenomen.

3.3 Rekenregels voor nieuwe kantoor typologieën

De volledige inrichting van de gestandaardiseerde kantoren en de werkwijze voor de afleiding van rekenregels voor kantoren is beschreven in Pieterse-Quirijns (2010). In deze paragraaf worden alleen de resultaten beschreven. In Tabel 3-2 zijn de relaties voor elk type kantoor weergegeven met de bijbehorende waarde voor R^2 . R^2 ligt altijd tussen 0 en 1. R^2 is een maat voor de juistheid van de voorspelling door een relatie. Een R^2 van 1 betekent een perfecte voorspelling door de relatie: alle gesimuleerde punten liggen dan op de lijn. Een $R^2 > 0,70$ betekent een goede voorspelling door de relatie.

In Figuur 3-1 is de voorspelling door de relaties voor kantoor type A, B, C en D te zien. Uit de figuren en uit de waarde voor R^2 ($R^2 > 0,75$) blijkt dat de relaties de kentallen voor het waterverbruik goed kunnen voorspellen.

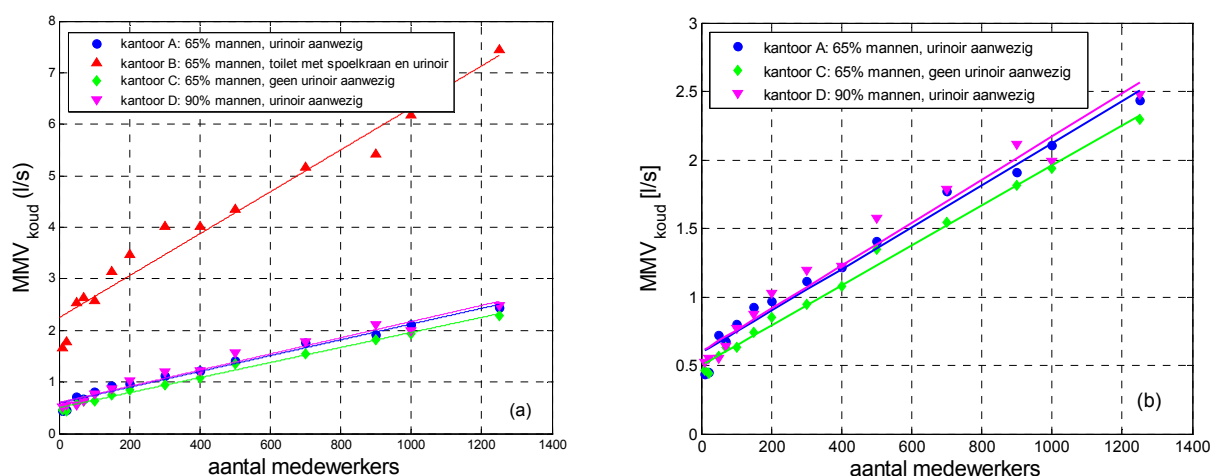
Tabel 3-1 Kantoortypologieën voor de ontwikkeling van rekenregels, onderscheidend in installatie, in verhouding mannelijke en vrouwelijke werknemers en bijbehorend waterverbruikend gedrag.

type kantoor	typering		waterverbruikend gedrag		
	installatie	gebruikers	tappunt	frequentie (dag ⁻¹)	waterbesparende functie toilet
kantoortype A ^a	toiletten met reservoir en urinoir	man/vrouw = 65%/35%	wc dames	4	60% halve tapduur
			wc heren	1	100% volledige spoeling
			urinoir	3	
kantoortype B ^a	toiletten met spoelkraan en urinoir	man/vrouw = 65%/35%	wc dames	4	60% halve tapduur
			wc heren	1	100% volledige spoeling
			urinoir	3	
kantoortype C	toiletten met reservoir, geen urinoir	man/vrouw = 65%/35%	wc dames	4	60% halve tapduur
			wc heren	4	60% halve tapduur
			urinoir	niet aanwezig	
kantoortype D	toiletten met reservoir en urinoir	man/vrouw = 90%/10%	wc dames	4	60% halve tapduur
			wc heren	1	100% volledige spoeling
			urinoir	3	

ad^a: kantoortype A en B zijn volledig beschreven in Pieterse-Quirijns (2010).

Tabel 3-2 De relaties voor het voorspellen van het waterverbruik, MMV_{koud} , in verschillende kantoor typologieën, met de bijbehorende waarde voor R^2 .

type kantoor	typering		relatie voor het waterverbruik als functie van aantal medewerkers (n)	R^2
	installatie	gebruikers		
kantoortype A	toiletten met reservoir en urinoir	man/vrouw= 65%/35%	$MMV_{koud} = 0,592 + 0,00153 \cdot n$	0,98
kantoortype B	toiletten met spoelkraan en urinoir	man/vrouw= 65%/35%	$MMV_{koud} = 2,244 + 0,00407 \cdot n$	0,96
kantoortype C	toiletten met reservoir, geen urinoir	man/vrouw= 65%/35%	$MMV_{koud} = 0,501 + 0,00146 \cdot n$	0,99
kantoortype D	toiletten met reservoir en urinoir	man/vrouw= 90%/10%	$MMV_{koud} = 0,600 + 0,00157 \cdot n$	0,97



Figuur 3-1 MMV voor koud water voor kantoortype A, kantoortype B, kantoortype C en kantoortype D als functie van het aantal medewerkers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de lineaire rekenregel (-) en rekenregel als wortelfunctie (- -): (a) alle kantoortypologieën, (b) ingezoomd voor de kantoortypes met reservoirs.

Vergelijking van de gesimuleerde MMV_{koud} voor de verschillende kantoortypologieën laat zien dat een toename van het percentage mannen van 65% naar 90% leidt tot een maximale toename van 12% in de MMV. Deze toename is uitgedrukt ten opzichte van de MMV in kantoortype A (65% mannen): $(MMV_{koud, 90\% \text{ mannen}} - MMV_{koud, 65\% \text{ mannen}}) / (MMV_{koud, 65\% \text{ mannen}}) \cdot 100\%$

In Pieterse-Quirijns (2010) is aangetoond dat voor kantoren met 65% vrouwen en met urinoirs in de toiletruimte, de rekenregel voor kantoortype A gebruikt kan worden. Neemt het percentage vrouwen toe, dan kan de rekenregel voor kantoren zonder urinoirs toegepast worden. Wanneer geen urinoirs aanwezig zijn of wanneer alleen vrouwen aanwezig zijn is de MMV gemiddeld 10% lager, dan voor kantoortype A.

4 Validatieprocedures

4.1 Inleiding

In de validatie van de rekenregels voor kantoren worden de basis van de rekenregels en de uitkomsten ervan getoetst aan metingen. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe en waar de metingen zijn uitgevoerd. Vervolgens wordt beschreven wat de procedure is om de basis van de rekenregels te toetsen op basis van het gemeten afnamepatroon en op basis van enquêtes. Hoe de kentallen voor koud en warm water uit de metingen zijn afgeleid en hoe de vergelijking met de rekenregels heeft plaatsgevonden wordt daarna beschreven. Tot slot wordt beschreven hoe het verschil met de huidige richtlijnen wordt bepaald en hoe de consequenties voor het ontwerp van de leidingwaterinstallaties zijn afgeleid.

4.2 Meetmethode

Voor het meten van het koud- en warmwaterverbruik is de Proline Prosonic Flow meter gebruikt (Figuur 4-1). De Prosonic Flowmeter is een ultrasone meter in clamp-on uitvoering. De volumestroommeter wordt aan de buitenkant van de leiding bevestigd. Dit betekent dat er geen ingrepen hoeven te worden gedaan in installaties. Bovendien wordt de watertoevoer niet verstoord of beïnvloed.

De volumestroommeters zijn zodanig geïnstalleerd dat voldaan is aan de gewenste afstand van appendages, zoals bochten en afsluiters (Beverloo, 2011).

Om er absoluut zeker van te zijn dat het maximale waterverbruik wordt gemeten en geregistreerd, is elke seconde de volumestroom gemeten met een nauwkeurigheid van 0,5%. Dit is voor het eerst dat op zo'n kleine tijdschaal het waterverbruik van zowel het koude water (direct achter de watermeter) als het warme water zijn gemeten. Elke seconde werd het waterverbruik gemeten. Als het nodig was werd elke seconde de meting opgeslagen. Indien mogelijk werd om opslagruimte te besparen elke seconde gemeten, maar per minuut het maximum en het gemiddelde opgeslagen. Voor beide kantoorgebouwen was dit mogelijk.



Figuur 4-1 Weergave van een Proline Prosonic volumestroommeter.

4.3 Selectie gebouwen voor validatieprocedure

De rekenregels voor kantoren berekenen de kentallen voor het waterverbruik door eenvoudige lineaire relaties als functie van het aantal kantoormedewerkers (Pieterse-Quirijns, 2010). Ze zijn gebaseerd op simulaties van het waterverbruik in kantoren met 10-1250 kantoormedewerkers. Om de rekenregels te valideren, zijn daarom twee kantoorgebouwen geselecteerd met uiteenlopende omvang, zodat op twee uit elkaar gelegen plaatsen op de rechte lijnen een punt wordt verkregen. In Tabel 4-1 zijn de bemeten kantoorgebouwen beschreven, samen met de kenmerken van de metingen.

In de praktijk blijkt het erg moeilijk om geschikte meetlocaties te vinden. Hiervoor zijn verschillende redenen. Het is niet eenvoudig om toestemming te krijgen om te meten of om de geschikte contactpersonen te vinden. Daarnaast voldoen aangeboden gebouwen soms niet aan de voorwaarden: ze hebben bijvoorbeeld geen collectieve warmwatervoorziening of ze passen niet binnen de gewenste typologie. Als tenslotte de meetlocatie op papier geschikt lijkt, blijken er nog een groot aantal haken en ogen mogelijk te zijn voor de meting met de volumestroommeters: de leidingwaterinstallatie is te krap waardoor er niet voldoende ruimte is om de meters te installeren, er is niet voldoende rechte leiding om de volumestroommeter met een gewenste minimale afstand van appendages als bocht of afsluiter te kunnen installeren, de waterleiding gaat direct een schacht in waardoor installatie van de meters niet mogelijk is, in het circulatie systeem van warm water zijn buffers aanwezig, waardoor het warmwaterverbruik niet gemeten kan worden.

Ook bij kantoren bestond deze moeilijkheid. Er bleken nauwelijks kantoren voor te komen met een collectieve warmwatervoorziening. De meeste kantoren zijn uitgerust met één of meerdere lokale boilers. Bovendien is het totaal warmwaterverbruik in kantoren beperkt. In het voortraject is daarom met de werkgroep besloten om collectief warm water in kantoren niet mee te nemen. In kantoor I is het warmwaterverbruik wel gemeten.

Tabel 4-1 Uitgevoerde metingen van het koud- en/of warmwaterverbruik van twee kantoorgebouwen van verschillende omvang

kantoor	aantal medewerkers	kenmerken metingen				
		meetperiode	koud/warm	aantal dagen	weekdagen/ werkdagen	weekend- dagen
kantoor I	255	20-08-2010 tot 06-10-2010	koud en warm	47	33	14
kantoor II	1800 (2200 incl. bezoekers)	02-09-2010 tot 06-10-2010	koud	34	24	10

4.4 Validatieprocedure niveau 1: validatie basis rekenregels kantoren

De basis van de rekenregels van kantoren wordt getoetst op twee manieren:

a) vergelijking van het gemeten afnamepatroon met het gesimuleerde afnamepatroon van gestandaardiseerde kantoortype

De basis van de rekenregels wordt getoetst door van twee kantoren de gemiddelde² van de gemeten afnamepatronen van koud en warmwater op werkdagen te vergelijken met het gemiddelde van 100

² in de programmatuur is de mediaan van de afnamepatronen berekend. In de praktijk blijkt dat deze vergelijkbaar is met het gemiddelde.

gesimuleerde afnamepatronen van het gestandaardiseerde kantoor met eenzelfde aantal kantoormedewerkers.

b) vergelijking van de inrichting van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen met geënquêteerde inrichting van kantoren

De rekenregels zijn gebaseerd op gestandaardiseerde kantoorgebouwen, waarin het aantal gebruikers en het aantal tappunten worden berekend op basis van het aantal kantoormedewerkers/de grootte van de dominante variabele. Door het houden van enquêtes in 8 kantoorgebouwen (inclusief kantoor I en II) is deze inrichting getoetst aan de werkelijkheid. In bijlage I is de enquête voor de inventarisatie van het aantal gebruikers en aantal tappunten in een kantoor opgenomen. De enquêtes zijn zodanig opgebouwd dat per functionele ruimte in een kantoor het aantal aanwezige gebruikers en de aanwezige tappunten met hun karakteristieke eigenschappen worden geïnventariseerd. Tevens wordt onderzocht of alle tappunten of waterverbruikende apparaten in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen zijn opgenomen.

c) vergelijking van het waterverbruikend gedrag in gestandaardiseerde kantoorgebouwen met geënquêteerde waterverbruikend gedrag in kantoren

Een belangrijke basis van de rekenregels in SIMDEUM is het waterverbruikend gedrag van de gebruikers, zoals de frequentie waarmee een tappunt gebruikt wordt en het tijdstip waarop. Het waterverbruikend gedrag van kantoormedewerkers is in 2 kantoorgebouwen in detail geënquêteerd door de frequentie van toiletbezoek en het gebruikmaken van het koffieautomaat te onderzoeken. De bijbehorende enquête is opgenomen in bijlage II.

In de praktijk bleek het houden van de enquêtes zeer moeizaam te zijn. Het gericht uitsturen van de enquêtes en deze weer ingevuld terugontvangen bleek onhaalbaar. De gewenste informatie in de enquêtes is daarom door het houden van interviews achterhaald. Dit bleek een zeer arbeids- en tijdsintensief proces: het vinden van medewerking was een langdurig proces, de informatie kon niet altijd door één persoon gegeven worden, de gewenste informatie was van een te hoog detailniveau, de volumestroom van tappunten moest de medewerker van KWR zelf achterhalen, door het meten van de benodigde tijdsduur om een emmer met water te vullen.

4.5 Validatieprocedure niveau 2: validatie uitkomsten rekenregels kantoren

De rekenregels voorspellen een aantal kentallen van het waterverbruik, namelijk MMV_{koud} , MMV_{warm} en MWW in 10 minuten, 60 minuten, 120 minuten en een dag. Deze kentallen worden uit de meetseries op secondebasis afgeleid als:

$$\overline{X} + 3 \cdot \sigma \quad (1)$$

waarin:

$$\begin{aligned} \overline{X} &= \text{de gemiddelde waarde van de kentallen uit 20-30 gemeten dagelijkse afnamepatronen} \\ \sigma &= \text{de standaard deviatie binnen de 20-30 gemeten kentallen} \end{aligned}$$

De resulterende waarden voor MMV_{koud} , MMV_{warm} en MWW vertegenwoordigen het 99,7-percentiel. Dat betekent dat 99,7% van de kentallen beneden deze waarde vallen. Zoals eerder beschreven wordt het warmwaterverbruik, dus MMV_{warm} en MWW niet meegenomen voor kantoren.

De afwijking van de rekenregels voor de gekozen kantoortypologie en aantal kantoormedewerkers ten opzichte van de gemeten waarde wordt uitgedrukt als:

$$r\Delta = \frac{X_{\text{rekenregel}} - X_{\text{meting}}}{X_{\text{meting}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

waarin:

$$\begin{aligned} r\Delta &= \text{relatieve afwijking ten opzichte van de meting [\%]} \\ X &= \text{het betreffende kental: } MMV_{koud}, MMV_{warm} \text{ of MWW} \end{aligned}$$

Deze afwijkingen worden gebruikt om veiligheidsmarges vast te stellen, die een onderdeel vormen van de omzetting van de rekenregels in ontwerprekenregels, zoals beschreven in paragraaf 7.3 op pagina 33.

4.6 Vergelijking met bestaande richtlijnen en consequenties voor de ontwerpen

4.6.1 Bestaande richtlijnen voor waterverbruik kantoren

De uitkomsten van de ontwerprekenregels (inclusief de veiligheidsmarge) op basis van SIMDEUM worden vergeleken met gepubliceerde richtlijnen. Voor de utiliteitsbouw bestaan momenteel ontwerprichtlijnen voor het berekenen van de maximum moment volumestroom van koud water in verschillende type gebouwen. Deze ontwerprichtlijnen zijn opgenomen in 'Het ontwerpen van sanitaire installaties' (Scheffer, 1994) en ISSO-55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). In Tabel 4-2 zijn deze richtlijnen weergegeven.

In de praktijk wordt voor kantoren ook de $q\sqrt{n}$ -methode of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode toegepast. Binnen deze methode worden alle tappunten geïnventariseerd. Voor elk tappunt wordt het aantal tapeenheden (TE) vastgesteld op basis van de waarden gegeven in ISSO-55. Op basis van de som van het aantal TE kan dan de MMV als volgt berekend worden:

$$MMV_{koud} = 0,083 \cdot \sqrt{\sum TE_{koud}} + 0,417 \sqrt{\sum SE} \quad [l/s] \quad (3)$$

waarin:

TE_{koud} = tapeenheden van koud en warmwater van een tappunt
SE = aantal spoelkraaneenheden

De kentallen voor warmwaterverbruik, MMV_{warm} en de warmwaterverbruiken in een bepaalde tijdsperiode, de MWW, worden buiten beschouwing gelaten vanwege het beperkte warmwaterverbruik in kantoren.

Karakteristieke waarden voor het aantal tap- en spoelkraaneenheden in kantoren zijn:

TE voor een toilet is 0,25 (vlotterkraan voor stortbak).

SE voor een urinoir is 0,1 (1/2" urinoir spoelkraan).

De bestaande richtlijnen zijn op vergelijkbare manier vergeleken met de metingen, namelijk als:

$$r\Delta = \frac{X_{bestaande\ richtlijn} - X_{meting}}{X_{meting}} \cdot 100\% \quad (4)$$

waarin:

$r\Delta$ = relatieve afwijking ten opzichte van de meting [%]
X = het betreffende kental: MMV_{koud}

Tabel 4-2 Ontwerprichtlijnen voor berekenen van MMV_{koud} (l/s) voor verschillende categorieën binnen de utiliteitsbouw (ISSO-55 (ISSO-contactgroep 43, 2001) en Scheffer, 1994)

Type utiliteitsbouw	Formule voor MMV _{koud} (l/s)
Kantoor – zonder toiletspoelkraan	1,464 + 0,0019 * (aantal werknemers)
Kantoor – met toiletspoelkraan	2,603 + 0,0031 * (aantal werknemers)

4.6.2 Consequenties voor ontwerp

Het ontwerp van de leidingdiameter is gebaseerd op de MMV. De maximale stroomsnelheid, v_{max} bepaalt de inwendige leidingdiameter, d_{in} :

$$d_{in} = \sqrt{\frac{MMV / 1000}{0.25 \cdot \pi \cdot v_{max}}} \cdot 1000 \text{ [mm]} \quad (5)$$

Voor v_{max} is een maximale toelaatbare stroomsnelheid van 2 m/s genomen. De resulterende interne diameter wordt vergeleken met bestaande diameters van koperen leidingen, die beperkt zijn in aantal/range. De kleinste koperen leiding die aan de berekende inwendige diameter voldoet wordt geselecteerd.

Aan de hand van de MMV kan de leidingdiameter gekozen worden voor het totale traject. Er dient een controle uitgevoerd te worden op maximum drukverlies. Als het drukverlies ontoelaatbaar hoog is, is een vergroting van de diameter gewenst.

De consequenties van het gebruik van de rekenregels voor het ontwerp van de leidingdiameter worden bepaald, door de diameters, die volgen uit vergelijking 5 met de MMV verkregen met de verschillende richtlijnen, te vergelijken met de diameters die volgen uit de gemeten MMV.

5 Validatie niveau 1: basis rekenregels gestandaardiseerde kantoren

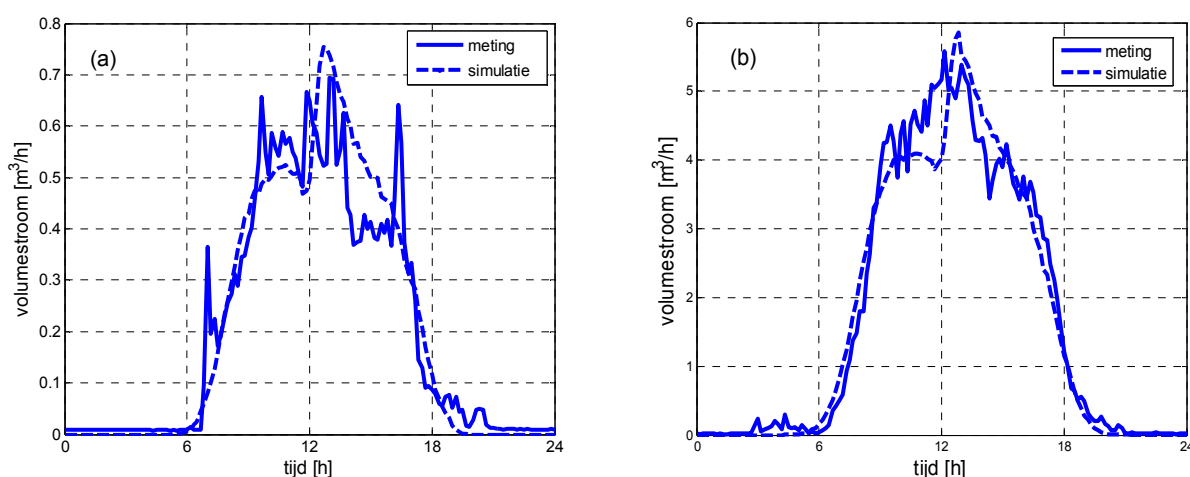
5.1 Inleiding

De validatie van de rekenregels voor kantoren vindt plaats op twee niveaus: de basis van de rekenregels wordt gevalideerd volgens het 'proof of concept' en de uitkomsten van de rekenregels worden gevalideerd. In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de validatie op het eerste niveau. Allereerst wordt het gemeten afnamepatroon op secondebasis van twee kantoren vergeleken met het gesimuleerde afnamepatroon van gestandaardiseerde kantortype met eenzelfde aantal kantoormedewerkers. Een aantal opmerkelijke zaken in het gemeten patroon van kantoor I worden in paragraaf 5.2.2 beschreven. Vervolgens wordt de inrichting van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen getoetst met informatie uit enquêtes naar aantal gebruikers en tappunten in 8 verschillende kantoorgebouwen. Ook het waterverbruikend gedrag van kantoormedewerkers in de gestandaardiseerde gebouwen wordt getoetst aan enquêtes in twee kantoorgebouwen.

5.2 Validatie gestandaardiseerde kantoren op basis van gemeten dagpatronen

5.2.1 Vergelijking van gemeten afnamepatroon met het gesimuleerde afnamepatroon

De basis van de rekenregels voor kantoren is getoetst door het gemeten dagpatroon voor koudwaterverbruik te vergelijken met het gesimuleerde patroon. Het waterverbruik van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen, waarop de rekenregels zijn gebaseerd, is gesimuleerd met 250 medewerkers voor kantoor I en 2000 voor kantoor II (Tabel 4-1). In kantoor II voldoet het aantal bezoekers niet aan de randvoorwaarde in het gestandaardiseerde gebouw van 10%. Omdat het aantal bezoekers structureel 20% is, is de invoer van het aantal kantoormedewerkers aangepast naar 2000 medewerkers.



Figuur 5-1 Het gemeten (—) en gesimuleerde (- -) gemiddelde afnamepatroon voor koud water (=totaal water) in a) kantoor I met 255 medewerkers en in b) kantoor II met 1800 medewerkers (invoer 2000 door hoog bezoekersaantal) (weergave met een tijdschaal van 10 minuten).

De vergelijking tussen de meting en de simulatie van het koudwaterverbruik is voor beide kantoren te zien in Figuur 5-1.

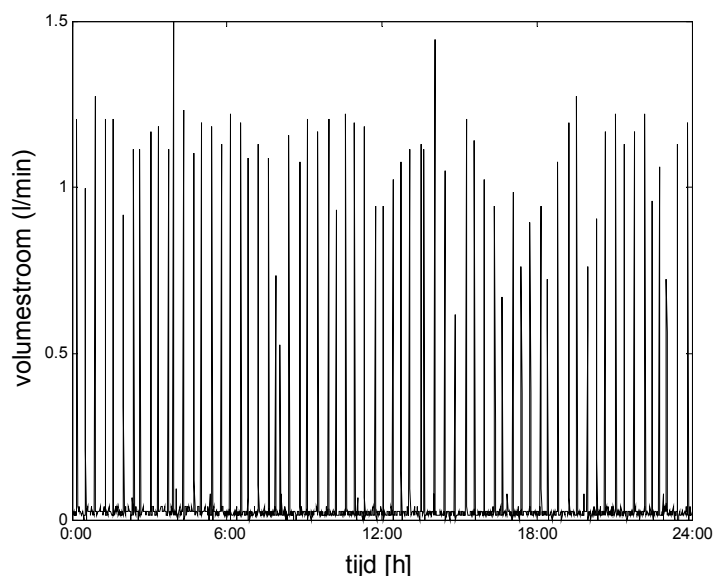
De figuur laat duidelijk zien dat het gesimuleerde waterverbruik van een gestandaardiseerd kantoorgebouw een hele goede voorspelling geeft van het daadwerkelijke koudwaterverbruik. De pieken vinden op hetzelfde tijdstip plaats en zijn even hoog. De metingen zijn iets grilliger dan de simulatie, vooral in kantoor I. Tevens zijn de start en het einde van de werkdag goed te zien in zowel de metingen als de simulaties. Uit de figuur blijkt duidelijk dat met SIMDEUM goed inzicht wordt verkregen in het waterverbruik in een kantoor, niet alleen in het piekverbruik, maar ook in het verloop van het verbruik gedurende de dag. De overeenkomst tussen de metingen en de berekende afnamepatronen toont aan dat de basis voor de rekenregels betrouwbaar is.

5.2.2 Afnamepatroon kantoor I: kwaliteit leidingwaterinstallatie en warmwaterverbruik

inzicht in kwaliteit leidingwaterinstallatie: lekkend urinoir

Het meten van het waterverbruik op een zeer korte tijdschaal geeft ook veel inzicht in de kwaliteit van de leidingwaterinstallatie. Bij de metingen van het waterverbruik in kantoor I bleek er een onverwacht “continu” verbruik te zijn bestaande uit zeer korte pulsen. In Figuur 5-2 is dit duidelijk te zien in het waterverbruik op een zondag, als het kantoor gesloten is. Ook uit de figuren in bijlage III blijkt dit. In deze figuren is de gemeten maximale volumestroom in een minuut te zien naast de gemeten gemiddelde volumestroom in een minuut voor kantoor I en kantoor II. Het verschil tussen het maximum en het gemiddelde is voor kantoor I veel groter dan voor kantoor II, duidend op de zeer kortdurende pulsen. Wanneer de meting van de volumestroom elke minuut zou plaatsvinden dan zijn deze pulsen niet meer zichtbaar in de volumestroommeting.

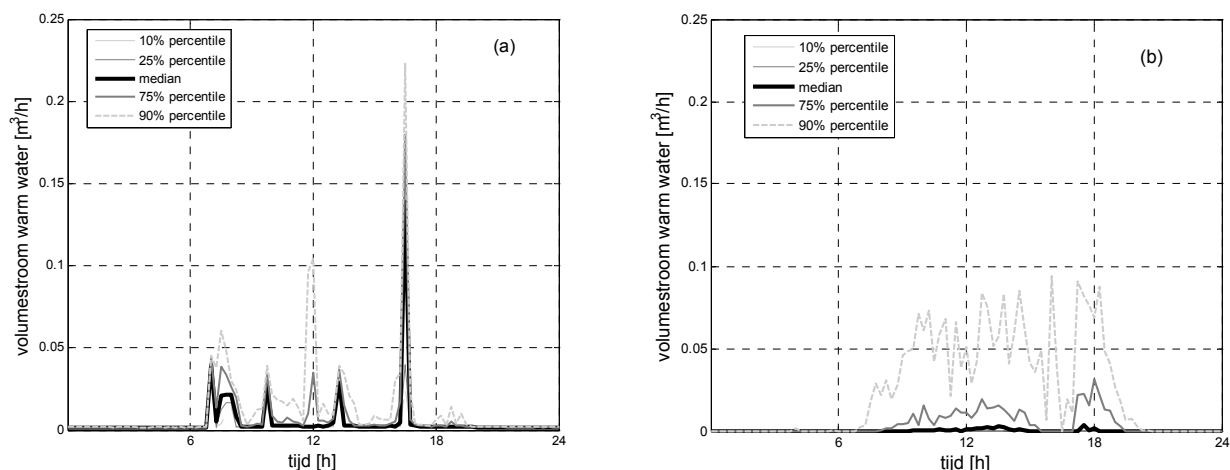
Het lekkend urinoir viel dus alleen maar op doordat de metingen per seconde plaatsvonden. Oplossen van het probleem zal leiden tot een aanzienlijke besparing van het water (ca. 100-300 liter/dag) en zo ook tot een kostenreductie.



Figuur 5-2 Gemeten wateroverbruik in kantoor I op een weekenddag.

warmwaterverbruik in kantoor I

Kantoor I is voorzien van een collectieve warmwatervoorziening. Zoals uit Tabel 4-1 blijkt is het warmwaterverbruik in dit kantoor ook gemeten. In Figuur 5-3a is de meting van de gemiddelde volumestroom van warm water te zien. De simulatie van het warmwaterverbruik in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen is weergegeven in Figuur 5-3b.



Figuur 5-3 De gemiddelde volumestroom van warmwater a) gemeten in kantoor I en b) gesimuleerd (weergave met een tijdschaal van 15 minuten).

De figuren laten zien dat het warme water bij de metingen veel meer in korte periodes wordt gebruikt dan verwacht (bij de simulaties over de gehele dag); warm water voor de schoonmaak wordt met grote volumestromen getapt. In kantoor I is tevens warm water beschikbaar in de toiletruimtes; dit is niet meegenomen in de simulaties. Dit betekent dat de gestandaardiseerde kantoorgebouwen wel voldoen om het koude (totale) waterverbruik van kantoren goed te beschrijven, zoals te zien is in Figuur 5-1, maar voor het warm water niet.

Het lijkt er op het warmwaterverbruik ook behoorlijk specifiek kan zijn per kantoor, en dat betekent dat het moeilijker in een standaardisatie te vatten is en daardoor niet in rekenregels te vatten zal zijn. Omdat het aandeel van de energie dat voor warm water gebruikt wordt zeer klein is ten opzichte van het totale energieverbruik van een kantoor en omdat er maar weinig kantoren voorzien zijn van een collectieve warmwatervoorziening, wordt voorgesteld om de rekenregels voor warm water van kantoren niet mee te nemen in de ISSO-55.

5.3 Validatie gestandaardiseerde kantoren op basis van enquêtes

De variabele in de rekenregels voor kantoren is *het aantal medewerkers* bij volledige bezetting. De inrichting van de functionele ruimtes in een gestandaardiseerd kantoor vindt daarom plaats op basis van het aantal kantoormedewerkers. Het aantal andere gebruikers en het aantal tappunten wordt berekend voor variërende waarde van het aantal kantoormedewerkers n . In Pieterse-Quirijns (2010) zijn relaties opgesteld die het aantal gebruikers en het aantal tappunten als functie van het aantal medewerkers berekenen, voor $n = 10 - 1250$. Op basis van 8 enquêtes (zie bijlage I) zijn deze relaties gevalideerd. Omdat één kantoor meer dan 1250 medewerkers heeft, worden de relaties met stippellijnen weergegeven vanaf $n = 1250$. Daarnaast wordt op basis van enquêtes in 2 kantoren (zie bijlage II) het waterverbruikend gedrag dat is aangenomen in de gestandaardiseerde kantoren gevalideerd, zoals de frequentie van het toiletbezoek, het gebruik van waterbesparende toiletspoeling, etc.

In de figuren met de gebruikers en tappunten als functie van het aantal medewerkers, zijn niet altijd 8 datapunten aanwezig ondanks de 8 gehouden enquêtes. De reden hiervoor is divers: een tappunt is niet altijd aanwezig in elk kantoor, of de gewenste informatie is niet ingevuld of niet bekend.

5.3.1 Validatie van het aantal gebruikers in gestandaardiseerde kantoren

Een kantoor is opgesplitst in de volgende functionele ruimten met waterverbruikers: toiletruimte met koffieautomaat (voor gemak pantry³ genoemd) met kantoormedewerkers en bezoekers, een keuken met keukenpersoneel, de schoonmaak met schoonmakers, de douche of fitnessruimte voor de sportieve medewerkers. Voor het aantal mannelijke en vrouwelijke medewerkers is in de rekenregels een verhouding 65%:35% aangenomen. Het aantal bezoekers in de rekenregels is 10% van de kantoormedewerkers. Voor het aantal keukenpersoneel, schoonmakers en sporters zijn relaties opgesteld. In Figuur 5-4 is het aantal gebruikers in de acht verschillende kantoren vergeleken met het aantal dat aanwezig is in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen.

Figuur 5-4a tot c laat zien dat het aantal gebruikers in de dominante functionele ruimte, namelijk de gebruikers van de pantry goed in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen, voorspeld wordt. De verhouding tussen mannelijke en vrouwelijke medewerkers is goed voor de geënquêteerde gebouwen: gemiddeld 69% mannen (54%-79%). Het aantal bezoekers is gemiddeld 14%. Twee kantoorgebouwen hebben een hoog aantal bezoekers, namelijk meer dan 20%. Een groter aantal bezoekers is in de rekenregels te ondervangen door de invoer, het aantal kantoormedewerkers, te verhogen.

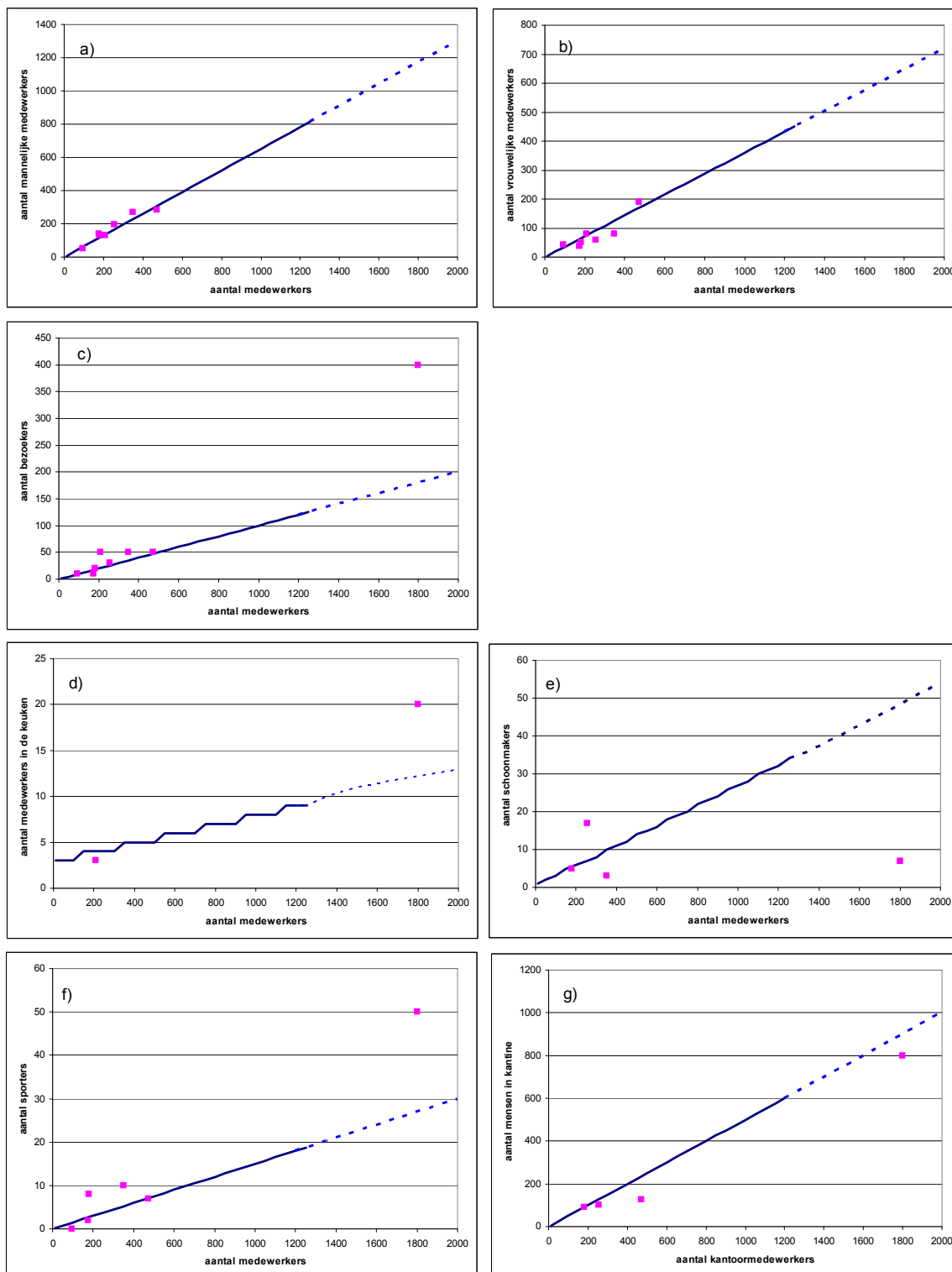
Van de overige gebruikers blijken niet altijd voldoende gegevens bekend te zijn. In sommige kantoren is er geen keukenpersoneel aanwezig. Ook is niet altijd bekend hoeveel mensen gemiddeld gebruik maken van de kantine. Uit Figuur 5-4g blijkt dat het aantal mensen dat gebruik maakt van de kantine wel redelijk goed voorspeld wordt. Dit is belangrijk omdat de frequentie van gebruik van de vaatwasmachines en keukenkranen in de rekenregels gekoppeld is aan het aantal mensen in de kantine. Uit Figuur 5-4e blijkt dat de variatie in het aantal schoonmakers groot is en dat op basis hiervan geen uitspraak gedaan kan worden over de schoonmakers in de rekenregels. Het aantal sportieve medewerkers is in een aantal gevallen groter dan aangenomen in de rekenregels (Figuur 5-4f). Het aantal douches is in het kantoor met een groot aantal sporters lager dan gemiddeld, waardoor het geen extra bijdrage aan het piekverbruik zal hebben (Figuur 5-6e). Echter omdat deze gebruikers zorgen voor slechts 10-20% van het totale waterverbruik van een kantoor, is deze nauwkeurigheid voldoende.

5.3.2 Validatie van het aantal tappunten in gestandaardiseerde kantoren

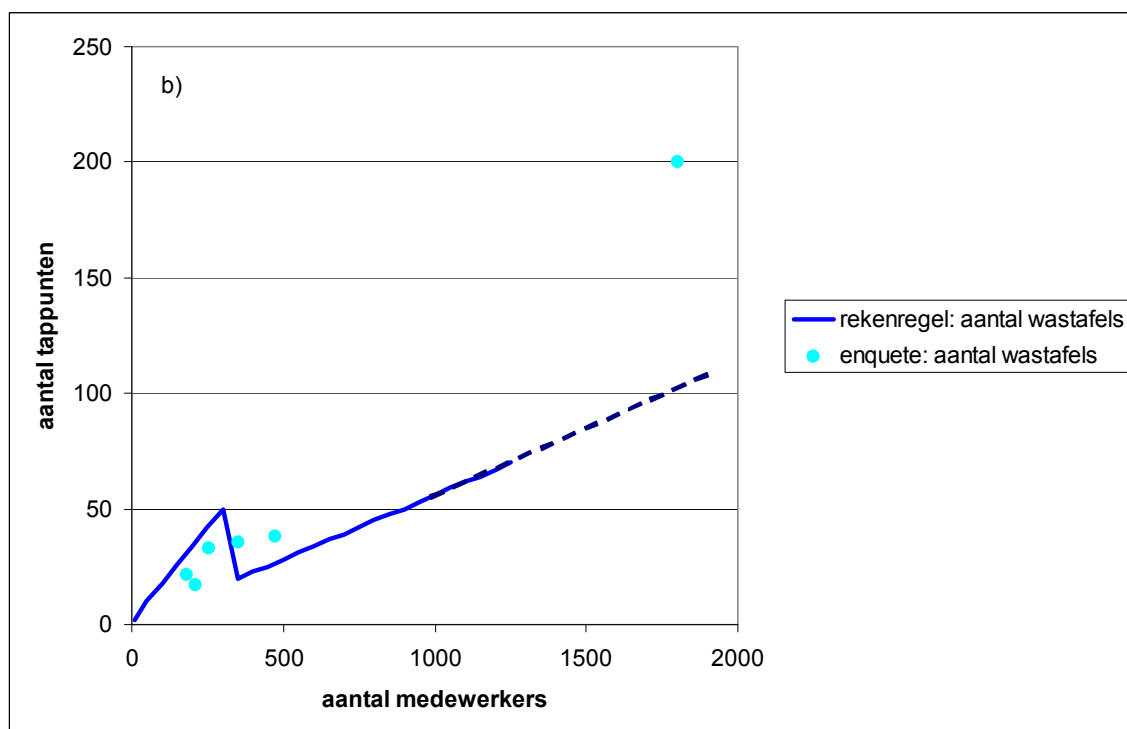
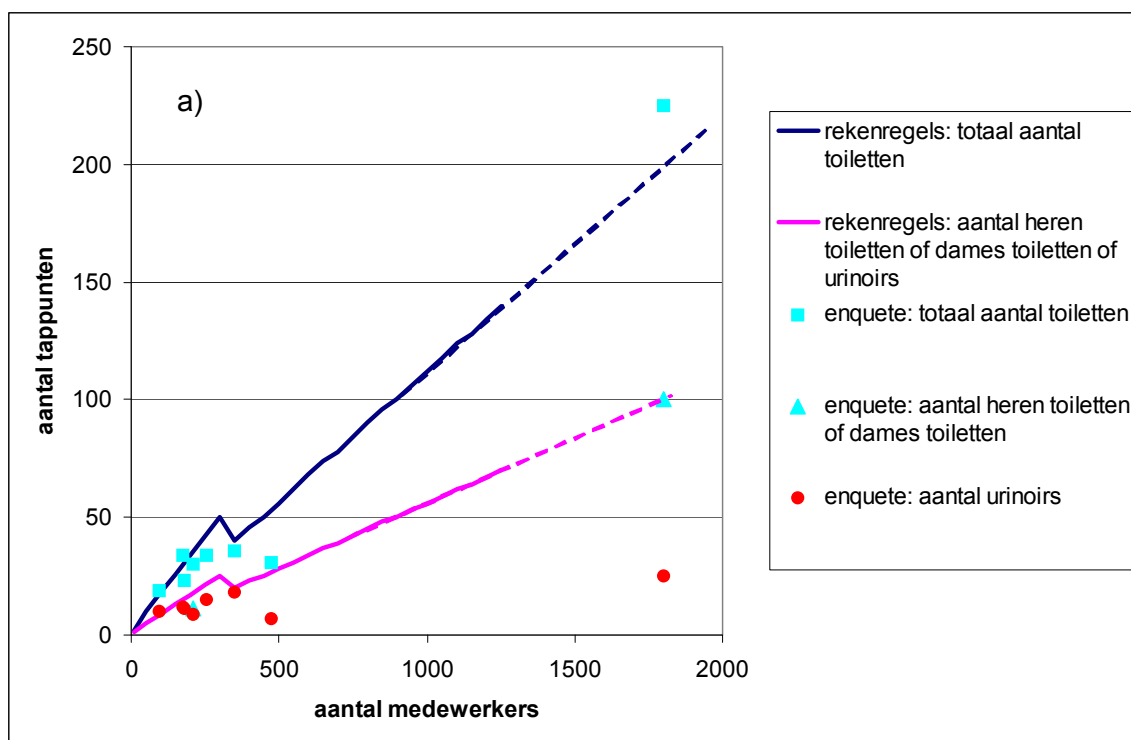
De aantallen tappunten in de functionele ruimtes van een kantoor zijn weergegeven in Figuur 5-5 en Figuur 5-6. In Figuur 5-5a is duidelijk te zien dat het aantal toiletten in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen goed overeenkomt met de werkelijkheid. Het gemiddeld aantal toiletten is 1 toilet per 8 medewerkers, variërend tussen 5 en 15. Het aantal urinoirs is in de grotere kantoren in werkelijkheid lager. Dit betekent dat in de gestandaardiseerde gebouwen een hogere gelijktijdigheid mogelijk is, dat kan resulteren in een hoger piekverbruik. Het gemiddeld aantal urinoirs is 1 urinoir op 30 medewerkers. De variatie is echter zeer groot: van een urinoir op 9 medewerkers tot 72 medewerkers. Het aantal wastafels in de gestandaardiseerde gebouwen is over het algemeen goed, alleen in het grootste kantoor zijn er in werkelijkheid meer wastafels (Figuur 5-5b).

Het aantal koffiemachines, het aantal schoonmaakkarren en het aantal douches zijn goed verwerkt in de gestandaardiseerde gebouwen (Figuur 5-6a, d en e). Alleen in het grootste kantoor zijn er in werkelijkheid minder douches aanwezig. Het aantal tappunten in de keukens is niet goed bekend. Het aantal vaatwasmachines is in de meeste gevallen goed beschreven, op twee uitzonderingen na (Figuur 5-6d). In drie kantoren zijn spuitkranen aanwezig, die niet in de gestandaardiseerde gebouwen zijn opgenomen.

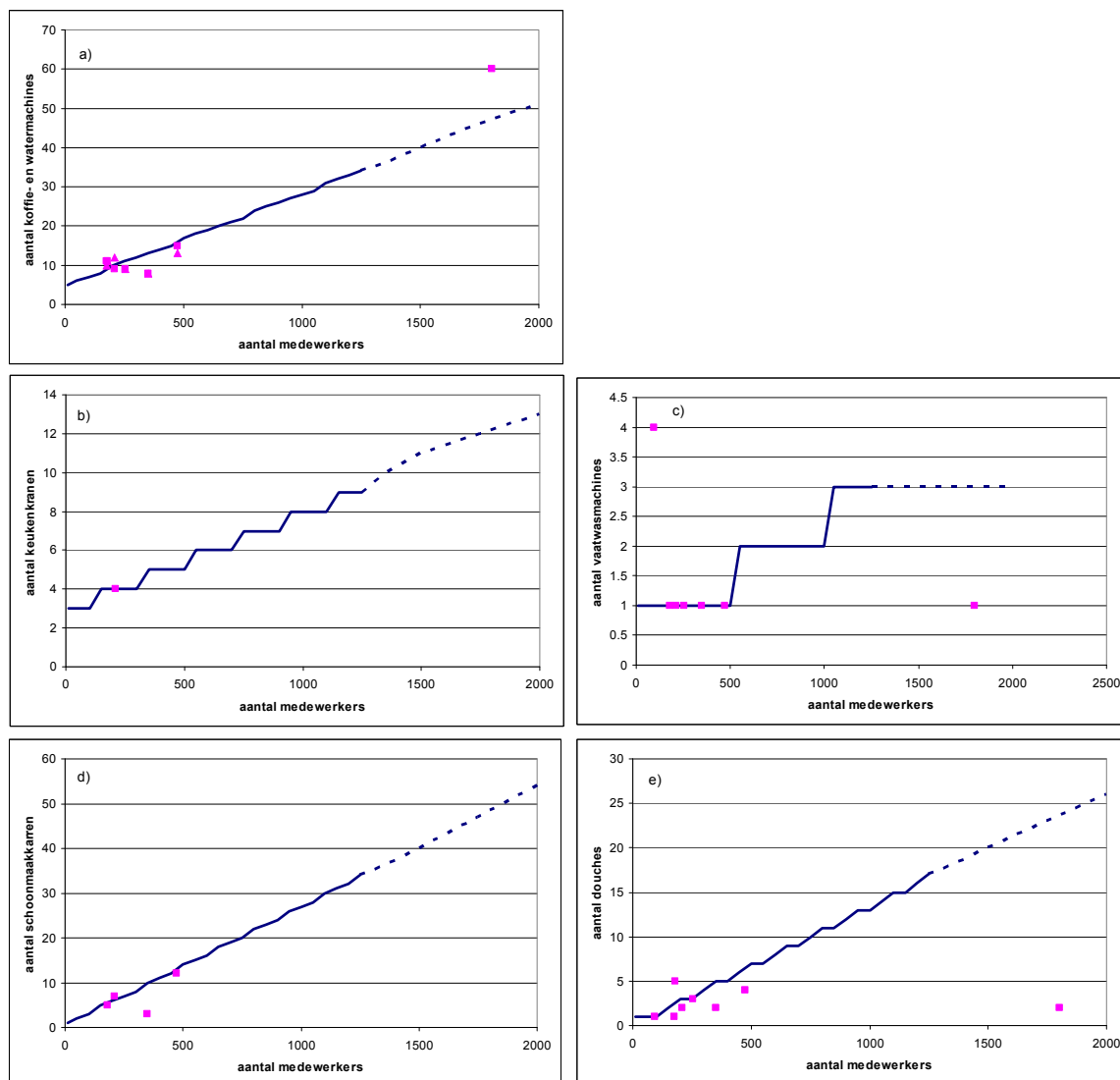
³ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers en bezoekers.



Figuur 5-4 Aantal gebruikers in gestandaardiseerde kantoorgebouwen in de rekenregels (--) en in de geënquêteerde kantoorgebouwen (•) als functie van het aantal medewerkers: a) aantal mannelijke kantoormedewerkers, b) aantal vrouwelijke kantoormedewerkers, c) aantal bezoekers, d) aantal medewerkers in de keuken, e) aantal schoonmakers, f) aantal sporters en g) aantal mensen die gebruik maken van de kantine.



Figuur 5-5 Aantal tappunten in de toiletruimten voor de gestandaardiseerde kantoorgebouwen in de rekenregels en in de geëncquêteerde kantoorgebouwen als functie van het aantal medewerkers: a) aantal toiletten en urinoirs en b) aantal wastafels.



Figuur 5-6 Aantal tappunten in gestandaardiseerde kantoorgebouwen in de rekenregels (--) en in de geënquêteerde kantoorgebouwen (•) als functie van het aantal medewerkers: a) aantal koffie- en watermachines, b) aantal keukenkranen, c) aantal vaatwasmachines, d) aantal schoonmaakkarren, e) aantal douches.

5.3.3 Validatie van waterverbruikend gedrag in gestandaardiseerde kantoren

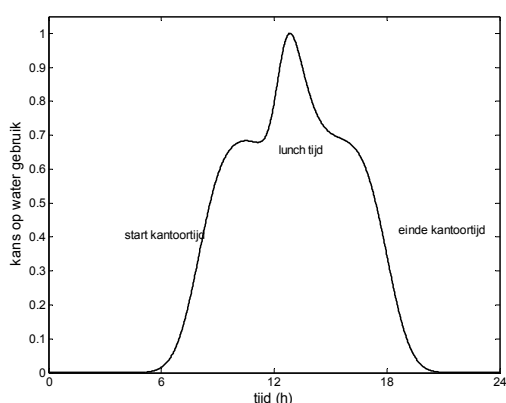
Het waterverbruikend gedrag van de gebruikers in de dominante functionele ruimte, de pantry, is geïnvesteriseerd door in twee kantoorgebouwen enquêtes onder kantoormedewerkers te houden (bijlage II). De enquêtes geven informatie over de frequentie en tijdstippen van toiletgebruik, van gebruikmaking van de koffiemachine, gebruik van de waterbesparende functie van de toiletspoeling en de verhouding in urinoir en toiletgebruik voor de mannelijke kantoormedewerkers. In Tabel 5-1 is het waterverbruikend gedrag ten aanzien van het toilet, de wastafel en de koffiemachine weergegeven voor mannen en vrouwen.

Voor de kans van waterverbruik in een kantoor door kantoormedewerkers zijn de tijden van aanwezigheid belangrijk en de tijden van verhoogd verbruik (bijvoorbeeld vlak voor en na de lunchpauze). In Figuur 5-7 zijn de bloktijden van kantoormedewerkers te zien in een gestandaardiseerd kantoorgebouw: t_1 is begin van aanwezigheid, t_4 het einde van aanwezigheid en tussen t_2 en t_3 is er een verhoogde kans van waterverbruik (rond de lunch). In Figuur 5-8 is het verloop van het waterverbruik over de dag weergegeven door toiletgebruik en gebruik van de koffiemachines in kantoor A en B.

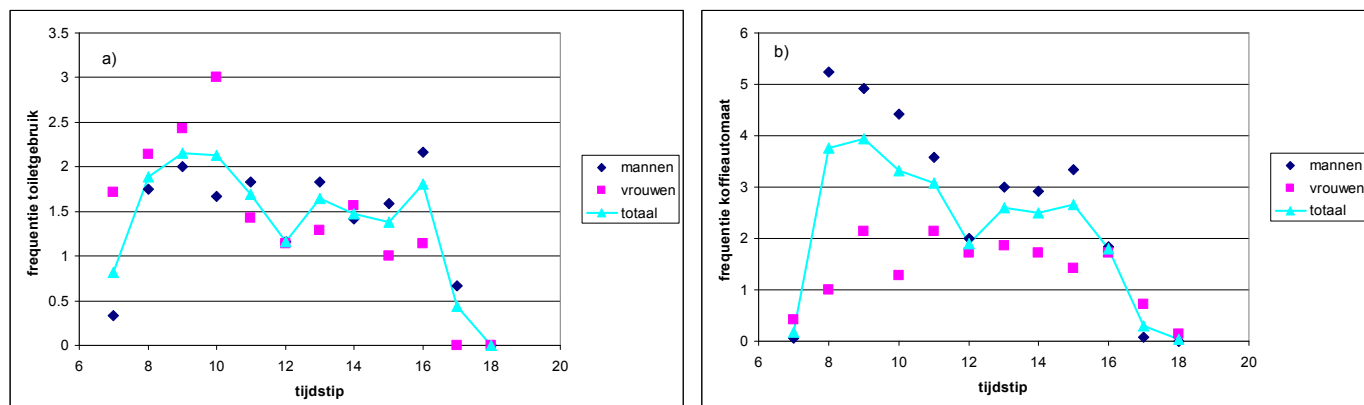
Uit de tabel blijkt dat de frequentie van watergebruik zoals opgenomen in het gestandaardiseerde kantoorgebouw het daadwerkelijke gedrag redelijk goed beschrijft. Alleen het gebruik van de waterbesparende functie van de toiletten is in werkelijkheid minder en het gebruik van de koffie- en watermachine. De verdeling van de kans van waterverbruik gedurende de dag is niet terug te zien in het patroon uit de enquêtes (Figuur 5-8). De enquêtes laten een verhoogd waterverbruik zien gedurende de hele dag tijdens kantooruren. Een piek tijdens lunchtijd is niet terug te vinden. Er is dan eerder een dip zichtbaar in het toiletgebruik.

Tabel 5-1 Waterverbruikend gedrag in twee kantoorgebouwen in vergelijking met het gedrag opgenomen in het gestandaardiseerd kantoorgebouw in de rekenregel.

gegevens enquête (meer dan 1 dag ingevuld)		gestandaardiseerd kantoor in rekenregel	kantoor A	kantoor B
aantal enquêtes	man		6	6
	vrouw		2	5
waterverbruikend gedrag				
toiletgebruik	frequentie man	4	3 à 4	3,7
	frequentie vrouw	4	2 à 3	4
	max. verhouding urinoir: toilet	3:1	4:1	niet aanwezig
gebruik waterbesparende functie	man	0% als urinoirs aanwezig zijn. 60%	0% bij gebruik urinoir 30%	53%
	vrouw	60%	60%	32%
wastafel	frequentie man	4,5	3	3,4
	frequentie vrouw	4,5	3	4,3
koffie- en watermachine	frequentie man	8	7	6,2
	frequentie vrouw	8	4,5	5,4



Figuur 5-7 Weergave van de kans op waterverbruik op verschillende tijdstippen van een dag voor een kantoormedewerker.



Figuur 5-8 De verdeling van de gewogen frequentie van het toiletgebruik (a) en het gebruik van de koffiemachine (b) voor mannelijke en vrouwelijke kantoormedewerkers en het totaal aan kantoormedewerkers.

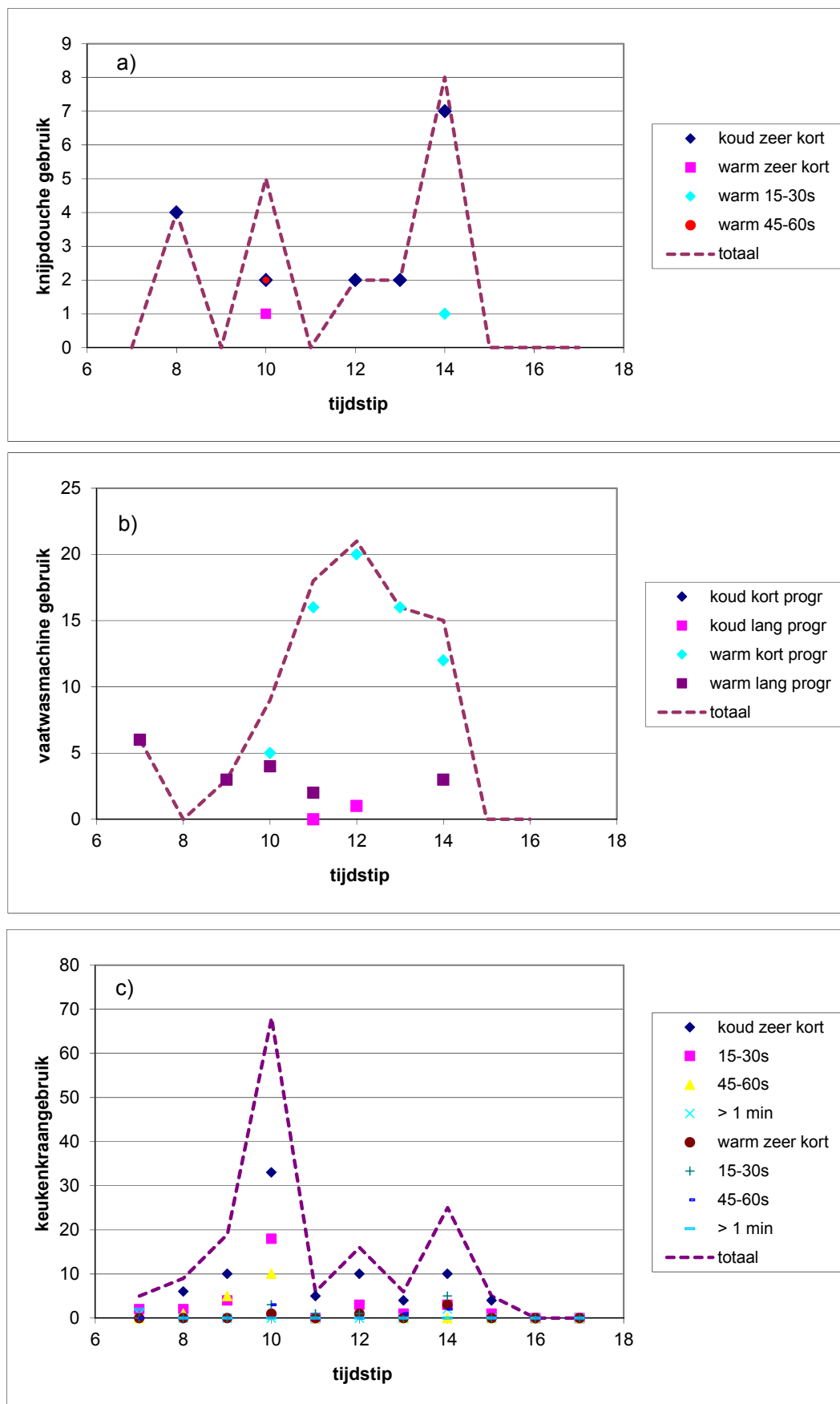
In kantoor B is tevens een enquête gehouden in de keuken, waar het gebruik van de keukenkranen, de spuitkraan en de vaatwasmachine is geïnventariseerd gedurende één dag. In Figuur 5-9 is de frequentie van het gebruik van deze tappunten te zien. Vooral de keukenkranen worden intensief gebruikt gedurende korte tijd. Op basis van één enquête kunnen geen conclusies getrokken worden om rekenregels op te bouwen. Wel maakt de enquête duidelijk dat de gebruiksfrequentie soms heel hoog kan zijn.

5.4 Conclusie

De inrichting van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen, waarop de rekenregels zijn gebaseerd, is betrouwbaar voor de dominante functionele ruimte, de pantry. De functionele ruimte die qua aandeel in het totale waterverbruik en het patroon van het waterverbruik gedurende de dag het belangrijkste is, wordt goed ingericht: het aantal gebruikers met hun waterverbruikend gedrag en het aantal tappunten in deze ruimte lijken op de geëncquêteerde kantoorgebouwen. De inrichting van de overige ruimtes is minder nauwkeurig. De overeenkomst tussen het gesimuleerde waterverbruik gedurende de dag van een gestandaardiseerd kantoorgebouw en het daadwerkelijke koudwaterverbruik laat echter zien dat het voldoende en toereikend is om de inrichting van de dominante ruimte goed te beschrijven.

De 'proof of concept' voor kantoren is in deze paragraaf aangetoond: als de invoer van het gestandaardiseerde gebouw goed is, wordt het waterverbruik goed door SIMDEUM voorspeld. Voor kantoren geldt dat een goede inrichting van de pantry en zijn gebruikers voldoende is.

De enquêtes onder kantoormedewerkers laat tevens zien dat er in werkelijkheid minder gebruik gemaakt wordt van de waterbesparende functie van toiletten. Dit kan betekenen dat er een aanpassing nodig is van de rekenregels voor de MMV, namelijk dat de MMV in werkelijkheid hoger zal zijn dan berekend met de rekenregels.



Figuur 5-9 Frequentie van het gebruik van tappunten in de keuken van kantoor B: a) knijpdouche, b) vaatwasmachine en c) keukenkranen.

6 Validatie niveau 2: uitkomst rekenregels voor kantoren

6.1 Inleiding

Als het afnamepatroon van het waterverbruik gedurende de gehele dag goed voorspeld wordt en als de inrichting van de gebouwen in de dominante functionele ruimte toereikend is, geeft dit vertrouwen in een goede berekening van de kentallen die de maxima beschrijven van het waterverbruik. In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de validatie op het tweede niveau, waarin de uitkomsten van de rekenregels worden vergeleken met de kentallen die uit de metingen afgeleid zijn.

6.2 Validatie van de uitkomsten van de rekenregels met gemeten kentallen

Voordat de uitkomsten van de rekenregels vergeleken kunnen worden met de gemeten kentallen is voor beide kantoren een aanpassing of overweging nodig:

1. kantoor I: omrekenen MMV uit metingen per minuut naar secondebasis

Door het lekkend urinoir zijn de metingen van de volumestroom op secondebasis niet te gebruiken. De MMV op secondebasis wordt immers gemaskeerd door de kortstondige pulsen. In dit kantoor zijn echter ook metingen van de gemiddelde volumestroom in een minuut beschikbaar. De maximum moment volumestroom die wordt afgeleid uit metingen die per minuut zijn uitgevoerd is echter lager dan het maximum dat uit metingen op secondebasis wordt afgeleid. Er is daarom een correctiefactor nodig.

De correctiefactor kan op twee manieren worden bepaald:

- a) uit de meetseries van kantoor II, door het maximum op secondebasis te delen op het maximum op minutenbasis. Per minuut worden immers het maximum en het gemiddelde opgeslagen. De factor bedraagt: $MMV_{\max}/MMV_{\text{gemid}} = 1,19$.
- b) in Pieterse-Quirijns (2012) is de invloed van de tijdstap of meetfrequentie onderzocht op de MMV die uit de metingen afgeleid kan worden. Uit dit onderzoek blijkt dat bij een meetfrequentie van 1 minuut de MMV nog ongeveer 80% bedraagt van het daadwerkelijke maximum dat bij een meting op secondebasis wordt verkregen: $MMV_{\text{minuut}}/MMV_{\text{seconde}} = 0,80$.

Methode a en b leiden tot een vergelijkbare waarde voor MMV. In de vergelijking met de rekenregels is methode a gebruikt.

2. kantoor II: aantal bezoekers is meer dan 10%

Het aantal kantoormedewerkers in kantoor II is 1800. Met het aantal bezoekers kan het aantal aanwezigen oplopen naar 2200 mensen (Tabel 4-1). Hiermee voldoet het aantal bezoekers niet aan de randvoorwaarde van de rekenregels: in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen is namelijk een bezoekersaantal van 10% van het aantal kantoormedewerkers aangenomen. Om deze reden moet de invoer van de rekenregels verhoogd worden naar 2000.

In Tabel 6-1 zijn voor beide kantoren de gemeten kentallen en de uitkomsten van de rekenregels bij de gekozen invoer n te zien. De genoemde aanpassingen zijn in deze tabel verwerkt. Voor de volledigheid zijn voor kantoor I ook de metingen en kentallen van het warmwaterverbruik opgenomen. De tabel laat zien dat de afwijking van de rekenregels ten opzichte van de gemeten MMV 10% bedraagt, voor zowel grote als kleine kantoren. De rekenregels voorspellen een iets kleinere MMV dan gemeten. Dit kan veroorzaakt worden doordat de waterbesparende functie van de toiletten in werkelijkheid minder gebruikt wordt dan aangenomen in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen (paragraaf 5.3.3 op pagina 25).

Tevens blijkt uit Tabel 6-1 dat de kentallen voor het warmwaterverbruik inderdaad niet goed voorspeld worden door de rekenregels. De kentallen die uit de metingen afgeleid zijn, laten zien dat het maximum verbruik in 10 minuten, 60 minuten en 2 uur vergelijkbaar met elkaar is. Dit betekent dat in de kantoren het warm water veel meer in korte periodes wordt gebruikt, zoals ook uit het gemeten afnamepatroon

blijkt (Figuur 5-3a) en dat er in totaal veel minder warm water wordt gebruikt dan voorspeld. Dit bevestigt dat de gestandaardiseerde kantoorgebouwen het warmwaterverbruik niet goed voorspellen en dat de rekenregels voor warm water in kantoren niet meegenomen moeten worden in de herziene versie van ISSO-55.

Tabel 6-1 Vergelijking van de kentallen afgeleid uit metingen en berekend met de rekenregels gebaseerd op SIMDEUM voor twee kantoorgebouwen

Gebouw	aantal medewerkers <i>n</i>	kental	waarde kental		
			meting	rekenregel SIMDEUM	afwijking tov meting
kantoor I	255	MMV_{koud} [l/s]	1,09	1,0	(-11%)
		MMV_{warm} [l/s]	0,52	0,4	(-27%)
		MWW_{10} [l]	80,88	96,4	(19%)
		MWW_{60} [l]	89,74	169,9	(89%)
		MWW_{120} [l]	98,57	205,0	(108%)
		MWW_{dag} [l]	232,63	423,2	(82%)
kantoor II	2000	MMV_{koud} [l/s]	3,97	3,7	(-8%)

7 Vertaling naar ISSO

7.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn de basis en de uitkomsten van de rekenregels voor kantoren getoetst aan metingen van het waterverbruik in twee kantoren op secondebasis. Tevens is het aantal rekenregels uitgebreid met twee nieuwe typologieën. Voordat de rekenregels door installateurs als ontwerpreekenregels gebruikt kunnen worden via ISSO-handleidingen is een procedure nodig, die de rekenregels omzetten in ontwerpreekenregels. In dit hoofdstuk worden eerst de uitgangspunten van de rekenregels beschreven en de bijbehorende algemene/unanieme aanpak voor de toepassing van de rekenregels. Binnen de aanpak wordt de minimale eenheid vastgesteld waarboven de rekenregels toegepast mogen worden. Vervolgens wordt een veiligheidsmarge voorgesteld, zodat ontwerprijchlijnen ontstaan.

7.2 Uitgangspunten van de rekenregels en unanieme aanpak voor toepassing rekenregels

7.2.1 Unanieme aanpak rekenregels

De rekenregels zijn gebaseerd op SIMDEUM. SIMDEUM berekent het waterverbruik op basis van gegevens over de leidingwaterinstallatie en op basis van het gedrag van de aanwezige gebruikers. Hierdoor kan een kantoor met dezelfde tapeenheden een ander waterverbruik hebben bij de aanwezigheid van andere of meer gebruikers: een kantoor met 10 medewerkers op een gang heeft een ander waterverbruik dan wanneer de gang ingedeeld is als een kantoorruimte met bijvoorbeeld 30 medewerkers.

De ontwikkeling van de rekenregels is gebaseerd op gestandaardiseerde kantoor typologieën, bestaande uit de functionele ruimtes: toiletruimte met koffieautomaat (voor gemak pantry⁴ genoemd) met kantoor medewerkers en bezoekers, een keuken met keukenpersoneel, de schoonmaak met schoonmakers, de douche of fitnessruimte voor de sportieve medewerkers. De gestandaardiseerde kantoor typologieën worden gesimuleerd met SIMDEUM en leiden tot rekenregels voor het waterverbruik van een **geheel** gebouw. Dit betekent dat de gelijktijdigheid daadwerkelijk wordt gesimuleerd en is meegenomen in de rekenregels. Er wordt rekening gehouden met het feit dat de maximale verbruiken in verschillende functionele ruimtes op verschillende tijdstippen plaatsvinden. Als een te beschouwen kantoor gebouw voldoet aan de randvoorwaarden van de gestandaardiseerde kantoor typologieën beschreven in hoofdstuk 2 en 3 kunnen de rekenregels gebruikt worden om het waterverbruik te berekenen.

Het is belangrijk om te benadrukken dat de rekenregels automatisch rekening houden met gebruikers en de gelijktijdigheid. Bovendien hebben de rekenregels op basis van SIMDEUM een theoretische basis en zijn ze getoetst aan metingen. Dit is in grote tegenstelling met de bestaande $q\sqrt{n}$ -methode of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode, die geen theoretische basis heeft en die niet getoetst is aan metingen.

De rekenregels geven een goede voorspelling van het waterverbruik van een kantoor gebouw vanaf een bepaalde waarde voor n , het aantal kantoor medewerkers. Daaronder geven de rekenregels een minder goede voorspelling, omdat beneden deze waarde de standaardisatie niet meer van toepassing is en de lineaire relatie niet goed past. Beneden deze waarde spelen andere verbruiken zwaarder mee of andere tappunten.

⁴ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers en bezoekers.

De *algemene aanpak* van de rekenregels is: toepassing van de rekenregels tot aan een bepaalde waarde voor n , beneden deze waarde geldt de standaardisatie niet en dus moet beneden deze waarde het waterverbruik op een andere manier uitgerekend worden.

Beneden deze waarde geldt logisch nadenken: hoe groot is de kans dat de aanwezige tappunten gelijktijdig gebruikt worden? Het antwoord op deze vraag bepaalt een factor f , waarvoor geldt:

$$f \cdot q \sqrt{\sum TE} < q \cdot \sum TE, \text{ waarin } f \text{ is een toeslagfactor.} \quad (6)$$

waarin:

TE = aantal tappunten
 q = 0,083 [l/s]

De keuze voor de toeslagfactor is afhankelijk van de verwachte gelijktijdigheid en comfort. De rekenregels geven hierover geen inzicht. De waarde voor de toeslagfactor moet dus vastgesteld/gekozen worden door de installateur of adviseur op basis van overwegingen tav gewenste gelijktijdigheid en comfort.

De verbruiken van bijzondere installaties, zoals luchtbevochtiging, koeltorens, brandslanghaspels, nood- en oogdouches en verbruik voor Legionellapreventie zijn niet in de uitkomsten van de rekenregels opgenomen. Indien nodig moeten de berekende kentallen verhoogd worden.

7.2.2 Unanieme aanpak voor kantoren: de waarde voor n

In de unanieme aanpak voor het gebruik van de rekenregels voor het waterverbruik in kantoren moet een keuze gemaakt worden voor de waarde van n , het aantal kantoormedewerkers waarboven de rekenregels toegepast kunnen worden. Uit de ontwikkeling van de rekenregels voor de kantoren (Pieterse-Quirijns, 2010) blijkt dat de relaties bij lage aantallen van kantoormedewerkers een relatief grote afwijking kunnen vertonen ten opzichte van het gesimuleerde waterverbruik door SIMDEUM. Op basis hiervan is $n \geq 20$ een verantwoorde keuze voor het gebruik van de rekenregels.

De rekenregels voor kantoren zijn opgesteld op basis van simulaties van het waterverbruik tot 1250 kantoormedewerkers. Dit betekent dat in theorie de rekenregels kunnen worden toegepast voor kantoren met maximaal 1250 kantoormedewerkers. Bij een hoog aantal kantoormedewerkers liggen de datapunten van de simulaties steeds dicht bij de lineaire rekenregel (Figuur 3-1). Daarom wordt verwacht dat de rekenregels ook bij aantallen groter dan 1250 kantoormedewerkers voldoen. De validatie van kantoor II ondersteunt deze verwachting, omdat het waterverbruik van 2000 kantoormedewerkers goed voorspeld wordt.

De rekenregels voorspellen het totale waterverbruik van alle functionele ruimtes (toilet ruimtes, kantine, schoonmaak en fitness) in een kantoor bij n , het aantal kantoormedewerkers. In kantoren wordt het waterverbruik voor 80-90% bepaald door het waterverbruik van de kantoormedewerkers in de dominante ruimte, de pantry. Hierdoor kunnen de rekenregels ook gebruikt worden voor strengen binnen het kantoor naar pantries, waarvoor voldaan wordt aan de voorwaarden van de rekenregels en waarvoor geldt dat $n \geq 20$ kantoormedewerkers. Voor strengen naar pantry's met $n < 20$ en naar andere functionele ruimtes, zoals de keuken moet het waterverbruik op een andere manier berekend worden.

Hiervoor kan $f \cdot q \sqrt{\sum TE}$ worden toegepast, waarbij f per functionele ruimte kan verschillen.

De rekenregels kunnen **niet** gebruikt worden voor het berekenen van het waterverbruik binnen een functionele ruimte, in dit geval een toilet ruimte, een kantine, etc. Hiervoor moet een andere methode gebruikt worden.

De aanpak en de waarde voor n is een principekeuze: vanaf dit punt zijn de rekenregels betrouwbaar. Bovendien zijn de uitgangspunten, namelijk het meenemen van de invloed van variabele gebruikers en de mogelijkheid van gelijktijdig gebruik van tappunten, anders dan de $q\sqrt{\sum TE}$ -methode, die alleen naar

de tapeenheden kijkt. Het is daarom niet juist om de uitkomsten van de rekenregels één op één te vertalen naar een overeenkomstige waarde van een aantal tapeenheden volgens de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode.

7.3 Voorstel van veiligheidsmarge voor rekenregels kantoren

De afwijking van de voorspelling van MMV door de rekenregels ten opzichte van de gemeten MMV bedraagt ongeveer 10%, voor zowel grote als kleine kantoren (Tabel 6-1). Een voordehandliggende verklaring volgt uit de gehouden enquêtes waaruit blijkt dat de waterbesparende functie van de toiletten in werkelijkheid minder gebruikt wordt dan aangenomen in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen (Tabel 5-1). Omdat het toiletbezoek de belangrijkste bijdrage heeft aan zowel het totale waterverbruik van kantoren als het patroon van de volumestroom over een dag, zal dit vooral invloed hebben op de hoogte van het waterverbruik en niet zozeer op het patroon van het verbruik van een kantoor. Dit wordt ondersteund door het feit dat het gesimuleerde patroon van het waterverbruik gedurende de dag overeenkomt met het gemeten patroon (Figuur 5-1).

Om deze reden kan de veiligheidsfactor worden vastgesteld op basis van de gevonden afwijking tussen de MMV van de rekenregels en de gemeten MMV. Uit bijlage IV blijkt dat 10% afwijking van de rekenregels ten opzichte van de rekenregels overeenkomt met een correctiefactor van tenminste 11%. De veiligheidsfactor voor kantoren is op grond hiervan vastgesteld op 15%. De rekenregels waarin de veiligheidsfactor is verwerkt worden in het vervolg ontwerprekenregels genoemd.

Samenvattend geldt als ontwerprekenregels voor kantoren:

voor $n \geq 20$	kantoor met reservoir en urinoir	$MMV_{koud} = 0,681 + 0,00176 \cdot n$
	kantoor met spoelkraan en urinoir	$MMV_{koud} = 2,581 + 0,00468 \cdot n$
	kantoor met reservoir, geen urinoir	$MMV_{koud} = 0,576 + 0,00168 \cdot n$
	kantoor met reservoir en urinoir en meer dan 90% mannen	$MMV_{koud} = 0,690 + 0,00181 \cdot n$
voor $n < 20$	alle kantoortypologieën	$MMV_{koud} = f \cdot q \sqrt{\sum TE}$

De ontwerprekenregels, inclusief de veiligheidsmarges, en de minimale waarde van het aantal kantoormedewerkers, waarvoor de ontwerprekenregels toepasbaar zijn, zijn verwerkt in het bijbehorende Excelbestand: KWR_2013_ontwerprekenregels_utiliteitsbouw. De gebruiker hoeft deze veiligheidsfactoren dus niet zelf te berekenen.

8 Vergelijking met bestaande richtlijnen

8.1 Inleiding

Voor de utiliteitsbouw bestaan momenteel ontwerprichtlijnen voor het berekenen van de maximum moment volumestroom van koud water in verschillende type gebouwen. Deze ontwerprichtlijnen zijn opgenomen in 'Het ontwerpen van sanitaire installaties' (Scheffer, 1994) en ISSO 55 (ISSO-contactgroep 43, 2001) (Tabel 4-2). In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van de ontwerprekenregels, dit zijn de rekenregels waarin de veiligheidsfactor is verwerkt (hoofdstuk 7), vergeleken met deze gepubliceerde ontwerprichtlijnen. Tot slot worden de consequenties voor het ontwerp van de leidingwaterinstallatie beschreven.

8.2 Vergelijking van de maximum moment volumestroom

De uitkomsten van de ontwerprekenregels voor de twee kantoren (Tabel 4-1), zijn samen met de gemeten kentallen en de uitkomsten van de bestaande ISSO-richtlijnen uit Tabel 4-2, weergegeven in Tabel 8-1 en Figuur 8-1. Uit de tabel blijkt dat de uitkomsten van ontwerprekenregels dichterbij de gemeten MMV liggen dan de huidige gepubliceerde ontwerprichtlijnen van ISSO. De huidige richtlijn is een factor 1,25-1,7 groter dan de ontwerprekenregels. Toepassing van de nieuwe ontwerprekenregels zal leiden tot zuinigere ontwerpen van de leidingwaterinstallaties.

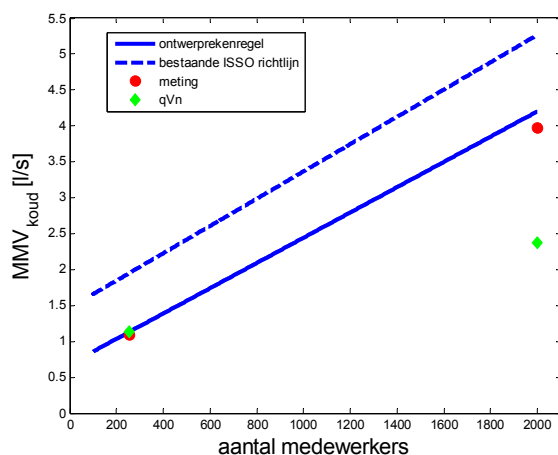
Omdat blijkt dat in de praktijk ook de $q\sqrt{n}$ -methode of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode wordt gebruikt voor het ontwerpen van kantoren, zijn in Tabel 8-1 en Figuur 8-1 ook de uitkomsten van de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode voor beide kantoren te zien. Hierin is de minimale waarde van spoelenheden voor urinoirs toegepast, namelijk $SE = 0,1$, zoals in de praktijk wordt toegepast (Rijneveld, 2012). Wanneer de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode wordt gebruikt voor de kantoren, dan blijkt dat deze niet toereikend is. Voor kantoor II geeft de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode een zware onderschatting. Dit komt omdat er in de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode geen rekening wordt gehouden met de verbruikers, in tegenstelling tot de ontwerprekenregels gebaseerd op SIMDEUM. Het aantal tappunten (TE en SE) bepaalt niet alleen wat de MMV is, maar het aantal mensen dat gebruik maakt van de tappunten.

Deze tendens blijkt ook uit een voorbeeldproject dat samen met Henk Jan Rijneveld van Sanitair Installatiebedrijf Hoogendoorn BV uit Woerden is uitgevoerd. Uit de vergelijking met de rekenregels en de toegepaste marges uit de gehouden enquêtes (5 personen/toilet tot 15 personen/toilet) blijkt dat de MMV op basis van de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode overeenkomt met ongeveer 5 personen/toilet. Dit komt overeen met luxe kantoren, wat niet de huidige tendens is in de maatschappij. Hier wordt namelijk gestreefd naar kantoortuinen en flexibele werkplekken.

Voor kantoren met meerdere kantoormedewerkers op een oppervlak geeft de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode dus juist een te lage MMV. Doordat het aantal gebruikers niet mee wordt genomen, geeft de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode geen betrouwbare inschatting. Vooral voor toekomstige ontwerpen waar kantoortuinen mogelijk zijn kan dit tot problemen leiden.

Tabel 8-1 Vergelijking van de kentallen afgeleid uit metingen en berekend met de ontwerprekenregels gebaseerd op SIMDEUM (inclusief veiligheidsfactor), de bestaande richtlijnen en $q\sqrt{\Sigma TE}$ voor twee kantoorgebouwen

Gebouw	kental	berekende waarde			
		meting	ontwerp- rekenregel	bestaande richtlijnen ISSO 55	$q\sqrt{\Sigma TE}$
kantoor I	MMV_{koud} [l/s]	1,09	1,13 (+4%)	1,9 (+79%)	1,14 (+5%)
kantoor II	MMV_{koud} [l/s]	3,97	4,20 (+6%)	5,3 (+32%)	2,37 (-40%)



Figuur 8-1 Maximum Moment Volumestroom voor koud water voorspeld met de SIMDEUM-ontwerprekenregel (-) en de ISSO ontwerprichtlijn (- -) voor kantoren zonder toiletspoelkraan en vergeleken met metingen van MMV in kantoor I en II (•) en voorspelling met $q\sqrt{V_n}$ of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode (♦).

8.3 Consequenties voor ontwerp leidingdiameter

De keuze van de leidingdiameter kan gebaseerd worden op de nieuwe ontwerprekenregels en de huidige ontwerprichtlijnen (Tabel 4-2). In Tabel 8-2 zijn de consequenties te zien voor de keuze van de leidingdiameters in kantoor I en II. De nieuwe ontwerprekenregels leiden tot kleinere of vergelijkbare diameters dan de huidige ISSO-richtlijnen. Ondanks de veel hogere waarde voor de MMV door de huidige ISSO-richtlijnen, wordt voor kantoor II eenzelfde diameterontwerp gekozen, doordat er maar een beperkt aantal leidingdiameters bestaan. Voor kantoor II liggen namelijk de gemeten en de met de ontwerprekenregels voorspelde MMV in het overgangsgebied tussen 54 en 64 mm. Dit geldt ook voor het ontwerp op basis van de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode in dit kantoor. Ondanks het feit dat de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode een veel te lage MMV voorspelt dan gemeten wordt, leidt de methode door het beperkt aantal beschikbare diameters, tot eenzelfde diameter. De diameters op basis van de ontwerprekenregels zijn gelijk of groter dan de diameters die volgen uit de gemeten MMV. Dit betekent dat ze toereikend zijn voor de daadwerkelijke watervraag en dus voldoen aan de comforteis van de gebruikers.

Tabel 8-2 Keuze van de diameter van bestaande koperen leidingen voor de distributie van koud water op basis van de gemeten MMV (d_{meting}), op basis van de ontwerprekenregels gebaseerd op SIMDEUM ($d_{rekenregel}$), op basis van de oude richtlijn ($d_{ISSO\ richtlijn}$) en op basis van de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode voor kantoor I en II.

Gebouw	leiding voor	keuze leidingdiameter [mm]			
		d_{meting}	$d_{rekenregel}$	$d_{ISSO\ richtlijn}$	$d_{q\sqrt{\Sigma TE}}$
kantoor I	koud water	35	35	42	35
kantoor II	koud water	54	64	64	54

9 Conclusies, samenvatting en aanbevelingen

9.1 Conclusies en samenvatting

De rekenregels voor kantoren zijn gebaseerd op SIMDEUM®, waardoor ze een theoretische achtergrond hebben. Puur op basis van kennis van gebruikers (aantal en waterverbruikend gedrag) en tappunten (aantal en specifieke eigenschappen) wordt het koud- en warmwaterverbruik berekend gedurende de dag. Voor het opstellen van de rekenregels zijn kantoorgebouwen gestandaardiseerd, waardoor op basis van de dominante variabele, het aantal kantoormedewerkers, zowel de inrichting van het gebouw als het aantal gebruikers worden berekend. De gestandaardiseerde kantoorgebouwen zijn opgesplitst in de volgende functionele ruimten met waterverbruikers: toiletruimte met koffieautomaat (voor gemak pantry⁵ genoemd) met kantoormedewerkers en bezoekers, een keuken met keukenpersoneel, de schoonmaak met schoonmakers, de douche of fitnessruimte voor de sportieve medewerkers.

De dominante functionele ruimte voor kantoorgebouwen is de toiletruimte. Hierdoor zijn de inrichting van de toiletruimte, zoals de aanwezigheid van urinoirs en het gebruik van de ruimte door de mannelijke en vrouwelijke kantoormedewerkers essentieel voor het voorspellen van het waterverbruik. Om deze redenen zijn de eerder ontwikkelde rekenregels voor kantoren in dit rapport uitgebreid met twee extra typologieën: een kantoortype waarin geen urinoirs aanwezig zijn in de toiletruimte en een kantoortype met een hoger percentage mannelijke kantoormedewerkers. De afwezigheid van urinoirs leidt tot een afname van 10% in de MMV, een toename van het aantal mannelijke medewerkers tot een toename van 12%.

De validatie van de rekenregels voor kantoren heeft plaatsgevonden op grond van 'proof of concept': als de inrichting van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen op de juiste aannames is gebaseerd en als de uitkomst van de rekenregels voor één typologie overeenkomt met de metingen, betekent dit dat de rekenregels het waterverbruik van de andere typologieën ook goed zullen voorspellen. Voor de 'proof of concept' zijn metingen op secondebasis uitgevoerd van het totaal waterverbruik in twee kantoren van verschillende omvang en zijn enquêtes gehouden naar de inrichting van acht kantoorgebouwen. In twee kantoorgebouwen is het waterverbruikend gedrag van kantoorpersoneel geënuquêteerd. In slechts één kantoor was het mogelijk om ook het warmwaterverbruik te meten. Omdat binnen de 'proof of concept' zowel het verloop van het waterverbruik over de gehele dag wordt getoetst als ook de theoretische basis, door de inrichting van de gestandaardiseerde gebouwen te toetsen, is de validatie op basis van metingen van 2 kantoren op secondebasis bij uiteenlopend aantal kantoormedewerkers voldoende.

De metingen van het waterverbruik op secondebasis geven veel inzicht. Naast de betrouwbaarheid van de basis van de rekenregels geven ze inzicht in de kwaliteit van de leidingwaterinstallatie van een gebouw. Voorafgaand aan de toetsing van de betrouwbaarheid van de rekenregels is op basis van de metingen op secondebasis vastgesteld:

- a) in één kantoor is er een onverwacht continue verbruik bestaande uit zeer korte pulsen. Dit viel alleen maar op doordat de metingen per seconde plaatsvonden. Oplossen van het probleem zal leiden tot een aanzienlijke besparing van het water en zo ook tot een kostenreductie.
- b) in de rekenregels voor kantoren wordt alleen het koud water meegenomen omdat er in Nederland nauwelijks kantoren zijn met een collectief warmwatervoorziening en omdat het warmwaterverbruik per kantoor zo specifiek is dat het niet gestandaardiseerd kan worden. Dit is te rechtvaardigen omdat het aandeel van de energie dat voor warm water gebruikt wordt zeer klein is ten opzichte van het totale energieverbruik van een kantoor. Voor het berekenen van de warmwaterbehoefte (lokaal) moet dus een andere methode gebruikt worden.

⁵ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers en bezoekers.

De validatie op basis van 'proof of concept' laat zien dat:

- 1) de basis van de rekenregels betrouwbaar is.
 - a) De door SIMDEUM gesimuleerde dagelijkse patronen van het totale waterverbruik van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen geven een goede beschrijving van de gemeten patronen van beide kantoorgebouwen van variërende omvang.
 - b) De inrichting van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen, waarop de rekenregels zijn gebaseerd, is betrouwbaar voor de dominante functionele ruimte, de pantry. De functionele ruimte die qua aandeel in het totale waterverbruik en het patroon van het waterverbruik gedurende de dag het belangrijkste is, wordt goed ingericht: het aantal gebruikers met hun waterverbruikend gedrag en het aantal tappunten in deze ruimte komen overeen met de werkelijkheid. In grote kantoorgebouwen is het aantal urinoirs in werkelijkheid lager. De waterbesparende functie van de toiletspoeling wordt in werkelijkheid minder vaak gebruikt dan aangenomen in de gestandaardiseerde kantoorgebouwen. De inrichting van de overige ruimtes is minder nauwkeurig. De overeenkomst tussen het gesimuleerde waterverbruik gedurende de dag van een gestandaardiseerd kantoorgebouw en het daadwerkelijke koudwaterverbruik laat echter zien dat het voldoende en toereikend is om de inrichting van de dominante ruimte goed te beschrijven.
- 2) de voorspellingen van de rekenregels zijn betrouwbaar.
 De voorspelling van de MMV van de kantoorgebouwen met variërende en uiteenlopende omvang wijken slechts 10% af van de metingen. Door de theoretische basis van de rekenregels kan deze afwijking bovendien verklaard worden, namelijk doordat in werkelijkheid minder gebruik wordt gemaakt van de waterbesparende functie van de toiletten.

De rekenregels zijn omgezet in ontwerprekenregels, die opgenomen kunnen worden in de herziene handleiding van ISSO-55. Op basis van de validatieresultaten (en gemotiveerd door minder gebruik van de waterbesparende functie) is een veiligheidsmarge van 15% opgenomen in de ontwerprekenregels in ISSO-55. De ontwerprekenregels kunnen gebruikt worden voor kantoorgebouwen met 20 of met meer dan 20 kantoormedewerkers, die voldoen aan de eigenschappen van de gestandaardiseerde kantoorgebouwen. Omdat in kantoren het waterverbruik voor 80-90% wordt bepaald door het waterverbruik van de medewerkers kunnen de ontwerprekenregels ook gebruikt worden voor strengen binnen het kantoor met $n \geq 20$ kantoormedewerkers. Voor strengen of gebouwen met $n < 20$ kantoormedewerkers, of naar andere functionele ruimtes moet het waterverbruik op een andere manier berekend worden.

De uiteindelijke ontwerprekenregels voor kantoorgebouwen en strengen naar de dominante functionele ruimte (toiletruimte) zijn:

voor $n \geq 20$	kantoor met reservoir en urinoir	$MMV_{koud} = 0,681 + 0,00176 \cdot n$
	kantoor met spoelkraan en urinoir	$MMV_{koud} = 2,581 + 0,00468 \cdot n$
	kantoor met reservoir, geen urinoir	$MMV_{koud} = 0,576 + 0,00168 \cdot n$
	kantoor met reservoir en urinoir en meer dan 90% mannen	$MMV_{koud} = 0,690 + 0,00181 \cdot n$
voor $n < 20$	alle kantoortypologieën	$MMV_{koud} = f \cdot q \sqrt{\sum TE}$

Uit de vergelijking van de ontwerprekenregels op basis van SIMDEUM met de huidige gepubliceerde richtlijnen blijkt dat:

- 1) de voorspellingen van de ontwerprekenregels dichterbij de metingen liggen dan de bestaande richtlijnen.

De uitkomsten van de huidige ISSO-richtlijnen zijn een factor 1,25 tot 1,7 groter dan de kentallen berekend met de ontwerprekenregels. Bovendien leidt de toepassing van de $q\sqrt{n}$ - of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode, in plaats van de ISSO-richtlijnen, voor kantoren tot een te lage voorspelling van de MMV (van -40%), doordat er geen rekening gehouden wordt met het aantal gebruikers. Vooral voor toekomstige ontwerpen waar kantoortuinen mogelijk zijn kan dit juist tot problemen leiden.

- 2) de ontwerprekenregels leiden tot realistische leidingwaterinstallaties, die aansluiten bij het daadwerkelijk waterverbruik en die bovendien zuiniger zijn.

De realistische voorspellingen door de ontwerprekenregels leiden tot een beter ontwerp van de leidingwaterinstallatie, doordat de uitkomsten goed aansluiten bij het daadwerkelijk waterverbruik. De nieuwe rekenregels leiden tot kleinere diameters dan de huidige ISSO-richtlijnen.

De theoretische basis van de ontwerprekenregels, gebaseerd op SIMDEUM, maakt het mogelijk dat afwijkingen tussen de metingen en de uitkomsten van de rekenregels uitgelegd en verklaard kunnen worden. Dit is een zeer sterk punt van het gebruik van de ontwerprekenregels ten opzichte van bestaande ISSO-richtlijnen of de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode.

De meeste te ontwerpen kantoren passen binnen de kantoortypologieën van de ontwerprekenregels. Bij de keuze van het gewenste kantoortype, om het waterverbruik met de rekenregels te berekenen, zijn er de volgende aandachtspunten: vaststellen van aantal kantoormedewerkers en vaststellen van verwachte percentage bezoekers. Het aantal kantoormedewerkers kan in overleg met de opdrachtgever vastgesteld worden op basis van het aantal toiletten (gemiddeld 1 toilet per 8 medewerkers) of op basis van het gewenste kantoortype op basis van gebruiksoppervlak (bv een kantoortuin). Het aantal bezoekers is in de rekenregels gesteld op 10%. Wanneer een hoger percentage bezoekers verwacht wordt op basis van de toekomstige functie, is de keuze om het aantal medewerkers in de rekenregels te verhogen. Het percentage man/vrouw is gemiddeld 65%/35%. Wanneer een veel hoger percentage mannelijke medewerkers wordt verwacht kan ervoor gekozen worden om de berekende MMV met 10% te verhogen.

9.2 Aanbevelingen

De ontwerprekenregels voor kantoren kunnen de huidige richtlijnen in de ISSO-55 handleiding vervangen. De ontwerprekenregels kunnen worden toegepast voor het berekenen van het waterverbruik van vier kantoortypes, met 20 of met meer dan 20 kantoormedewerkers. Ook strengen die een kantooruimte/toiletruimte voor 20 of meer dan 20 kantoormedewerkers van water voorzien kunnen met de rekenregels berekend worden. Voor het berekenen van MMV_{koud} voor een streng of kantoor met minder dan 20 medewerkers of andere functionele ruimtes moet het waterverbruik op een andere manier berekend worden, bijvoorbeeld met de $f \cdot q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode waarin f per functionele ruimte kan variëren.

De rekenregels zijn door hun theoretische achtergrond op te stellen zonder metingen nodig te hebben. Door de bevestiging van de 'proof of concept' is het niet nodig om het waterverbruik van meerdere kantoorgebouwen te meten. Metingen van het waterverbruik van meer kantoorgebouwen kunnen wel leiden tot een extra bevestiging van de betrouwbaarheid van de rekenregels. Tevens geeft het richtlijnen voor de keuze van het gewenste kantoortype in de rekenregels en de invoer van de hoeveelheid kantoormedewerkers.

Het houden van de enquêtes voor de inventarisatie van het aantal gebruikers en waterverbruikende tappunten of apparaten in kantoren is een zeer moeizaam, arbeids- en tijdsintensief proces, dat niet altijd voldoende informatie opleverde. Tevens is het detailniveau soms zo hoog, dat medewerking vanuit het gebouwbeheer moeilijk te krijgen is. Wanneer in het vervolg, of voor toespitsen van gegevens voor bepaalde functionele ruimtes, of voor het opzetten van modellen voor andere gebouwen, een inventarisatie nodig is, moet goed nagedacht worden hoe deze informatie het best verkregen kan worden. Enquêtes zijn toereikend voor inventarisatie van aantallen gebruikers en tappunten. Echter voor het in kaart brengen van het gedrag van gebruikers, zoals frequentie van gebruik van een tappunt of de duur ervan, is een andere methode gewenst. Een mogelijkheid is om een aantal dagen mee te lopen in

een gebouw. Dit is een zeer arbeidsintensief proces. Het tijdsbestedingsonderzoek van het Sociaal Cultureel Planbureau en onderzoek van TNS NIPO naar waterverbruik kunnen een bijdrage leveren.

In tegenstelling tot de huidige ISSO-richtlijnen en de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode, is in de rekenregels de invloed van de gebruiker en hun waterverbruikend gedrag meegenomen. Dit betekent dat de uitkomst onderhevig is aan veranderingen in het aantal gebruikers en hun gedrag. Culturele veranderingen en aanpassingen in gewoontes, zoals bijvoorbeeld een zuiniger toilet in kantoren of gebruik van kantoortuinen etc leiden tot een verandering in het waterverbruik. Een aanbeveling is om binnen de vijfjaarlijkse cyclus van de herziening van de ISSO-handleidingen de uitgangspunten van de rekenregels na te gaan en indien nodig de rekenregels aan te passen. Tevens wordt aanbevolen om deze aanbeveling in de herziene versie van ISSO-55 op te nemen.

10 Referenties

- Beverloo, H. (2011). *Protocolen voor meetmiddelen*. KWR, Nieuwegein. KWR 2011.002.
- Blokker, E. J. M. (2006a). *Bijlage bij rapport BTO 2006.010; invoervariabelen voor het model Simdeum*, Kiwa N.V., Nieuwegein. BTO 2006.011
- Blokker, E. J. M. (2006b). *Modelleren van afnamepatronen; beschrijving en evaluatie van simulatiemodel Simdeum*, Kiwa N.V., Nieuwegein. BTO 2006.010
- Blokker, E. J. M., Doldersum, R., Lansbergen, A., Schee, W. v. d., and Scheffer, W. (2007). *Rekenregels voor dimensionering van leidingwaterinstallaties*, Kiwa Water Research, Nieuwegein. KWR 06.104
- ISSO-kontaktgroep 43 (2001). *ISSO - publicatie 55; Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.
- Pieterse-Quirijns, E. J., E.J.M. Blokker en A.J. Vogelaar (2009). *Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik. Waterverbruik van kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij*. KWR, Nieuwegein. BTO 2009.013.
- Pieterse-Quirijns, E. J. (2008). *Rekenregels voor waterverbruik in woontorens*, KWR, Nieuwegein. KWR 08.089
- Pieterse-Quirijns, E.J. (2010). *Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw*, KWR, Nieuwegein. KWR 2010.072
- Pieterse-Quirijns, E.J. (2011). *Rekenregels voor waterverbruik in hotels, uitgebreid met douchetypes*, KWR, Nieuwegein. KWR 2011.056
- Pieterse-Quirijns, E.J. (2012). *Gewenste tijdstap voor meting volumestroom*, KWR, Nieuwegein. KWR 2012.072.
- Rijneveld, H.J. (2012). *Persoonlijke communicatie*. Medewerker Sanitair Installatiebedrijf Hoogendoorn BV Woerden.
- Scheffer, W.J.H. (1994). *Het ontwerpen van sanitaire installaties*. Arnhem: Misset uitgeverij bv.

www.kwrwater.nl/SIMDEUM

I Enquête waterverbruik kantoren

Enquête opbouw kantoren: hoeveel mensen gebruiken water en welke apparaten?

Voor het ontwerpen van leidingen in een kantoor heeft KWR rekenregels opgesteld. Goede rekenregels leiden tot een hygiënisch en economisch verantwoord ontwerp. Om de rekenregels te toetsen gebruiken we metingen, maar ook enquêtes om de invoer van het gebruikte model te onderzoeken.

In het waterverbruik spelen in een kantoor de gebruikers van water een rol, zoals de medewerkers, het keukenpersoneel, de schoonmakers en sportievelingen. Hier hebben we dus informatie over nodig. Daarnaast gebruiken deze mensen allemaal een apparaat dat water verbruikt, zoals een toilet, een koffieautomaat, een vaatwasmachine, een kraan, een douche. We hebben dus ook informatie nodig over het aantal van deze apparaten en het type ervan.

We hopen dat u ons kunt helpen aan deze informatie. Door het invullen van onderstaande enquête helpt u om goede drinkwaterinstallaties voor kantoren te maken, die zorgen voor voldoende en veilig water tegen minimale energie- en materiaalkosten voor u. Wij denken dat de enquête het best kan worden ingevuld door de beheerder van het kantoor of iemand van de technische dienst. Het kost ongeveer 1 tot 1,5 uur.

De resultaten van de enquête worden op anonieme wijze verwerkt, waardoor de privacy van uw kantoor wordt gewaarborgd.

U kunt de enquête terugsturen naar:

Ilse Pieterse-Quirijns

KWR Watercycle Research Institute

Groningenhaven 7

PO Box 1072

3430 BB Nieuwegein

ilse.pieterse@kwrwater.nl

Contactgegevens

Naam kantoor	.....
Adres	..... ..... .....
Naam contactpersoon	 tel.

Medewerkers – kantoorpersoneel

Aantal medewerkers	.....
aantal mannen	.....
aantal vrouwen	.....

In onderstaande tabel wordt gevraagd naar de gemiddelde bezetting en het bezoekersaantal per dag. De bezettingsgraad is soms moeilijk in te schatten. De receptie kan deze informatie hebben of mogelijk achterhalen.

Wanneer deze informatie niet aanwezig is, kan een inschatting van de gemiddelde bezetting of het gemiddelde aantal bezoekers ingevuld worden.

Bezetting kantoor	maandag	dinsdag	woensdag	donderdag	vrijdag
Bezetting per dag (%)	.....	.....	.....	.....	.....
Aantal bezoekers	.....	.....	.....	.....	.....
Als bovenstaande gegevens niet bekend zijn:					
Gemiddelde bezetting	.....				
Aantal bezoekers	gemiddeld:	.....	maximaal:	.....	
Werktijden	.....				
Duur bezoek	gemiddeld:				

opmerkingen	
--------------------	--

Toiletruimte

Dames toiletten	aantal toiletten	.....		
	type	☐ stortbak		☐ spoelkraan
	spoelvolumen	☐ 4,5 liter	☐ 6 liter (= standaard)	☐ 9 liter
	waterbesparende functie	☐ ja, met 2 knoppen (één voor grote en één voor kleine spoeling)	☐ ja, met optie voor spoelonderbreking	☐ nee
	wastafel	aantal wastafels	.....	
		☐ kranen met sensor		☐ kranen zonder sensor
☐ alleen koud water		☐ koud en warm water		
Heren toiletten	aantal toiletten	.....		
	type	☐ stortbak		☐ spoelkraan
	spoelvolumen	☐ 4,5 liter	☐ 6 liter (= standaard)	☐ 9 liter
	waterbesparende functie	☐ ja, met 2 knoppen (één voor grote en één voor kleine spoeling)	☐ ja, met optie voor spoelonderbreking	☐ nee
	aantal urinoirs	.....		
	type	☐ stortbak		☐ spoelkraan
	wastafel	aantal wastafels	.....	
		☐ kranen met sensor		☐ kranen zonder sensor
☐ alleen koud water		☐ koud en warm water		

Automaten voor koffie of water

Koffieautomaten	aantal	.....
	leverancier	.....
Waterautomaten	aantal	.....
	leverancier	.....

opmerkingen	
--------------------	--

Kantine

Uitrusting en gebruik keuken					
keukenpersoneel	aantal medewerkers in keuken per dag		.....		
	werktijden		.....		
keukenkraan	aantal	.....			
	type ^a	☐ 0,083 l/s	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s	☐ anders, namelijk l/s
knijpdouche	aantal	.....			
	type ^a	☐ 0,25 l/s	☐ 0,5 l/s	☐ anders, namelijk l/s	
vaatwasmachine	aantal	.....			
	type	☐ huishoudelijk		☐ industrieel	
		leverancier:		leverancier:	
	gebruikt:	☐ alleen koud water		☐ koud en warm water	
Niet genoemde apparatuur: zijn er nog apparaten in de keuken aanwezig die water verbruiken? Zo ja, kunt u aangeven wat de kenmerken zijn, zoals aantal, type en hoe vaak gebruikt per dag?					
apparaat incl. type	aantal	tijdstip van gebruik	hoe vaak gebruikt?	hoe lang gebruikt?	
gebruik kantine					
openingstijden	.....				
aantal 'bezoekers' kantine per dag	maximaal	.....			
	gemiddeld	.....			

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

Schoonmaak

schoonmaakpersoneel	aantal schoonmakers per dag	.....
	werktijden	.....
werkwijze schoonmaak	☐ schoonmaakkar met emmers	☐ schoonmaakmachine
	ga naar tabel: "bij gebruik emmers"	ga naar tabel "bij gebruik schoonmaakmachine"

Bij gebruik emmers				
aantal emmers per schoonmaker	 emmers koud water op schoonmaakkar			
	 emmers warm water op schoonmaakkar			
grootte van emmer	 liter			
type kraan gebruikt voor vullen ^a	☐ 0,083 l/s	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s	☐ anders, namelijk l/s
Hoe vaak worden de emmers per dag gevuld?			x per dag	

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

Bij gebruik schoonmaakmachine				
leverancier of merk	.....			
aantal schoonmaakmachines	.....			
hoe vaak wordt machine gevuld?	 x per dag.			
hoeveel water wordt hiervoor gebruikt?	liter			
type kraan gebruikt voor vullen ^a	☐ 0,083 l/s	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s	☐ anders, namelijk l/s

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

Douche

douche	aantal	.....				
type douche ^a :	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	0,12 l/s	0,14 l/s	0,19 l/s	0,24 l/s	0,29 l/s	0,37 l/s
	☐ anders, namelijk l/s					
douchende	aantal douchers per dag	.....				
medewerkers	douchetijden	.....				

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

Andere apparaten of machines die water verbruiken

Zijn er apparaten aanwezig in uw kantoor, die water verbruiken, maar niet in deze enquête zijn opgenomen?

Probeer van dat apparaat het volgende zo goed mogelijk aan te geven:

type: volumestroom in l/s

gebruiksduur: hoe lang wordt het apparaat gebruikt

gebruiksfrequentie: hoe vaak wordt het apparaat gebruikt

tijdstip van gebruik

gebruiker

apparaat	aantal	type: volume- stroom [l/s] ^a	gebruiks- duur [s]	gebruiks- frequentie per dag	tijdstip van gebruik	gebruiker

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

II Enquête waterverbruikend gedrag

Enquête kantoor: hoe vaak gaan we naar het toilet?

Voor het ontwerpen van leidingen in een kantoor heeft KWR rekenregels opgesteld. Goede rekenregels leiden tot een hygiënisch en economisch verantwoord ontwerp. Om de rekenregels te toetsen gebruiken we metingen, maar ook enquêtes om de invoer van het gebruikte model te onderzoeken. Een belangrijke bijdrage aan het waterverbruik van een kantoor is het toiletgebruik van de medewerkers. Belangrijke invoer parameters zijn bijvoorbeeld het aantal keer dat medewerkers en bezoekers gebruik maken van het toilet, gebruiken ze dan de waterbesparende knop, gebruiken ze het toilet of het urinoir en hoe vaak gebruiken ze de wastafel bij toiletbezoek of tussendoor (opfrissen, kopje omspoelen)? Bij de sanitaire ruimte staat ook vaak het koffieautomaat en een apparaat om water te tappen. Hoe vaak maakt men hier gebruik van?

Dank je wel dat je mee wilt werken aan de enquête. Je kunt in onderstaande tabellen invullen wanneer en hoe je toiletbezoek eruit ziet (bij A). Let erop dat er onderscheid gemaakt wordt tussen vrouwen en mannen. Bij onderdeel B) kan je invullen wanneer je gebruik maakt van de drankautomaten.

A) Toiletbezoek

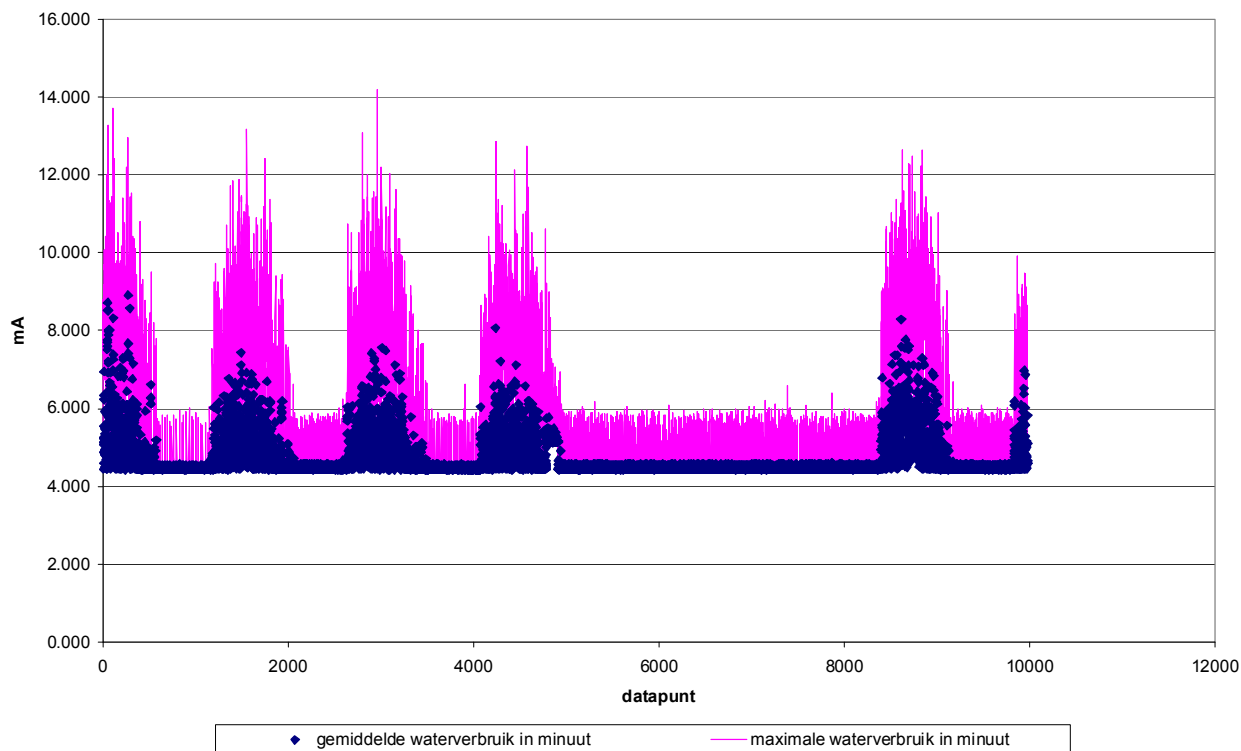
Periode	Dames		Heren			Beiden
	Toilet – korte spoeling	Toilet – volledige spoeling	Toilet – korte spoeling	Toilet – volledige spoeling	urinoir	wastafel
7:00 – 8:00						
8:00 – 9:00						
9:00 – 10:00						
10:00 – 11:00						
11:00 – 12:00						
12:00 – 13:00						
13:00 – 14:00						
14:00 – 15:00						
15:00 – 16:00						
16:00 – 17:00						
17:00 – 18:00						
> 18:00						
Ik doe mee aan het onderzoek (eenmaal per dag een streepje zetten)			man		vrouw	
Ik doe niet mee aan het onderzoek (eenmaal per dag een streepje zetten)						

B) Gebruik automaat

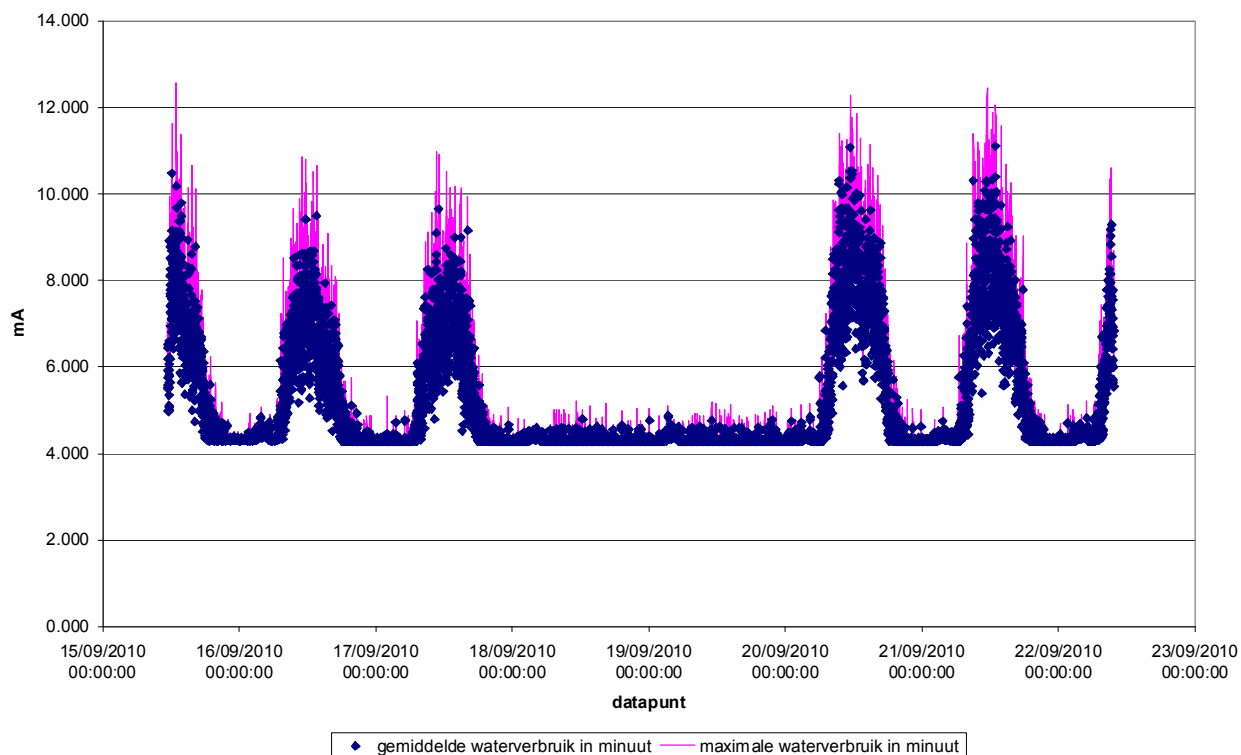
Periode	koffie	thee	chocolade- melk	water	soep
7:00 – 8:00					
8:00 – 9:00					
9:00 – 10:00					
10:00 – 11:00					
11:00 – 12:00					
12:00 – 13:00					
13:00 – 14:00					
14:00 – 15:00					
15:00 – 16:00					
16:00 – 17:00					
17:00 – 18:00					
> 18:00					
Ik doe mee aan het onderzoek (eenmaal per dag een streepje zetten)	man			vrouw	
Ik doe niet mee aan het onderzoek (eenmaal per dag een streepje zetten)					

III Verschil tussen maximum en gemiddelde gemeten waterverbruik in kantoor I en II

In Figuur III-1a en III-1b is de gemiddelde volumestroom in een minuut en de maximale volumestroom in een minuut weergegeven voor respectievelijk kantoor I en II. In kantoor I is het verschil tussen het maximum en het gemiddelde veel groter dan in kantoor II. Dit wordt veroorzaakt door een lekkage in een urinoir. Oplossen van het probleem zal leiden tot een aanzienlijke besparing van het water en zo ook tot een kostenreductie.



Figuur III-1a Gemiddelde en maximale volumestroom (uitgedrukt in mA) in een minuut in kantoor I met lekkend urinoir



Figuur III-1b Gemiddelde en maximale volumestroom (uitgedrukt in mA) in een minuut in kantoor II

IV Relatie tussen procentuele afwijking en veiligheidsfactor

De afwijking van de kentallen van de rekenregel ten opzichte van de gemeten kentallen, zoals weergegeven in Tabel 6-1, wordt berekend met de standaardvergelijking:

$$y = \frac{X_{\text{rekenregel}} - X_{\text{meting}}}{X_{\text{meting}}}$$

waarin

y = de afwijking tov de gemeten waarde.

$$y[\%_{\text{afw}}] = y \cdot 100\%$$

Door deze vergelijking om te schrijven, wordt zichtbaar met welke factor de uitkomst van de rekenregels moet worden vermenigvuldigd om de gemeten waarde te bereiken:

$$X_{\text{meting}} = \frac{1}{1+y} \cdot X_{\text{rekenregel}}$$

De uitkomst van de rekenregel moet minstens dezelfde waarde hebben dan de meting: $X_{\text{veilig}} > X_{\text{meting}}$. Dit komt overeen met:

$$X_{\text{veilig}} > \frac{1}{1+y} \cdot X_{\text{rekenregel}}$$

Dat betekent dat de veiligheidsfactor groter moet zijn dan $\frac{1}{1+y}$.

In Tabel IV-1 is het verband aangegeven tussen de procentuele afwijking van de rekenregel ten opzichte van de meting en de veiligheidsfactor in % die toegepast moet worden. De veiligheidsfactor in procent moet opgeteld worden bij de uitkomst van de rekenregel:

$$X_{\text{veilig}} = X_{\text{rekenregel}} + V_{\%} \cdot X_{\text{rekenregel}}$$

Rekenvoorbeeld voor kantoren

Uit de validatie van kantoren blijkt in hoofdstuk 6 dat de kentallen van de rekenregels een -10% afwijken van het gemeten kental. Uit Tabel IV-1 blijkt dat een afwijking van -10% overeenkomt met een veiligheidsfactor van tenminste 11%. De veiligheidsfactor voor kantoren is daarom op 15% gesteld.

Tabel IV-1: relatie tussen de procentuele afwijking van de rekenregel ten opzichte van de meting en de veiligheidsfactor in %

afwijking tov meting		veiligheidsfactor	
y [%]	y	$\frac{1}{1+y}$	[%]
-10	-0.1	1.11	11
-11	-0.11	1.12	12
-12	-0.12	1.14	14
-13	-0.13	1.15	15
-14	-0.14	1.16	16
-15	-0.15	1.18	18
-16	-0.16	1.19	19
-17	-0.17	1.20	20
-18	-0.18	1.22	22
-19	-0.19	1.23	23
-20	-0.2	1.25	25
-21	-0.21	1.27	27
-22	-0.22	1.28	28
-23	-0.23	1.30	30
-24	-0.24	1.32	32
-25	-0.25	1.33	33
-26	-0.26	1.35	35
-27	-0.27	1.37	37
-28	-0.28	1.39	39
-29	-0.29	1.41	41
-30	-0.3	1.43	43
-31	-0.31	1.45	45
-32	-0.32	1.47	47
-33	-0.33	1.49	49

