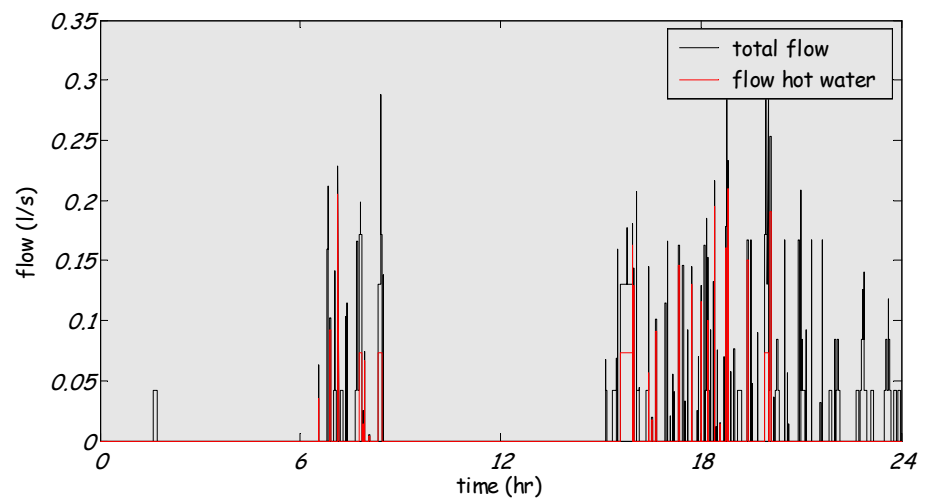


BTO 2004.026  
oktober 2004

# Tappatronen en leidingdimensionering

Inventarisatie van kentallen en rekenmethoden



**BTO 2004.026**  
oktober 2004

# Tappatronen en leidingdimensionering

Inventarisatie van kentallen en rekenmethoden

© 2004 Kiwa N.V.  
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.

**Kiwa N.V.**  
**Water Research**  
Groningenhaven 7  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511  
Fax 030 60 61 165  
Internet [www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl)

# Colofon

**Titel**

Tappatronen en leidingdimensionering  
Inventarisatie van kentallen en rekenmethoden

**Projectnummers**

30.5905.100/11.1523.100

**Projectmanager**

W.J.M.K. Senden

**Kwaliteitsborger**

G.A.M. Mesman

**Auteur**

A.J. Vogelaar, E.J.M. Blokker

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en opdrachtgevers en is openbaar.

# Samenvatting

Kennis van afnamepatronen is noodzakelijk bij het ontwerpen van leidingnetten en leidingen en de warmwatervoorziening in de binneninstallatie. Voor het principe van zelfreiniging dient een maal per dag een bepaalde minimum snelheid op te treden om eventueel sediment op te wervelen. Door voor korte verblijftijden en een eenduidige stromingsrichting te zorgen, door middel van het vertakt aanleggen van netten, wordt het sediment vervolgens in kleine hoeveelheden afgevoerd. Om op de maximale snelheid, die dagelijks dient op te treden, te kunnen ontwerpen is kennis nodig van de maximale volumestromen die in woningen en distributieleidingen optreden. Voor het ontwerpen van de warmwatervoorziening is kennis nodig van volumestromen en afgenomen volumes per dag van warm tapwater.

Binnen het bedrijfstakonderzoek (BTO) wordt een model ontworpen om afnamepatronen te kunnen simuleren. Dit model gaat uit van gebouwen met daarin tappunten en gebruikers waarvoor afnamepatronen kunnen worden bepaald. De uitkomst van verschillende simulaties kan worden gesommeerd tot afnamepatronen in een distributienet.

Voorliggend rapport is een onderdeel van dit onderzoek. Een literatuuronderzoek is uitgevoerd naar de technische gegevens die als input kunnen dienen voor het model en de gegevens die de randvoorwaarden voor het model en de output van het model beschrijven.

Het waterverbruik van één tappunt kan geschematiseerd worden als een verzameling blokvormige patronen. De open- en sluittijd zijn namelijk verwaarloosbaar kort terwijl de volumestroom per tappunt tijdens gebruik, het zogenaamde basisverbruik, als constant beschouwd mag worden. De tijdsduren en volumestromen per verbruik zijn voor iedere soort tappunt verzameld. De blokvormige patronen zijn input voor het model.

De randvoorwaarden aan het model worden door verschillende zaken bepaald. Ten eerste is de functie van een gebouw van invloed op het soort tappunten en gebruikers. Onderscheiden worden drie soorten gebouwen, namelijk eengezinswoningen, woongebouwen en utiliteitsgebouwen. Ten tweede is de keuze van de warmwatervoorziening van invloed op het gelijktijdig gebruik van warm water. Ten derde geldt dat om de invloed van de schuifspanning op het zelfreinigende effect van het leidingnet te kunnen bepalen, het model ook met de optredende versnellingen rekening moet houden.

Een inventarisatie van de huidige methoden om afnamepatronen te kunnen voorspellen laat zien dat er slechts methodes beschikbaar zijn die iets zeggen over de maximale volumestroom die eens in de 10 jaar kan optreden. Dit leidt tot mogelijkheden om te ontwerpen op een overschrijdingskans van eens in de 10 jaar, maar niet op de dagelijks optredende situatie. Voor de verschillende methodes is onduidelijk waar de grenzen van hun toepassingsgebied liggen, zowel in de tijd (is een methode van 50 jaar geleden, toen er

alleen een toilet en keukenkraan aanwezig waren, nog geldig in een moderne woning?) als in plaats (kan een methode voor de binneninstallatie worden geëxtrapoleerd naar het distributienet?).

Een inventarisatie van de huidige methoden om leidingen en de warmwatervoorziening te dimensioneren laat zien wat de output van het model moet zijn. Voor de leidingdiameter is dit de maximale volumestroom die onder normale omstandigheden optreedt, voor de warmwatervoorziening is dit specifiek de volumestroom van het warme water alsook het totale volume warm water dat geleverd kan worden binnen de tijd dat een boiler het water kan verwarmen. Voor leidingen is bovendien de schuifspanning een belangrijke parameter; het gaat ook hier om de schuifspanningen die dagelijks optreden.

Het model zal ook rekening houden met de factor mens, maar dit wordt in een ander rapport beschreven.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
	<b>Inhoud</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Leeswijzer	6
1.3	Definities	6
<b>2</b>	<b>Tappunten, soorten en kentallen</b>	<b>9</b>
2.1	Soorten tappunten en volumestroom	10
2.2	Warm water, temperatuur en wachttijd	11
2.3	Gelijktijdigheid	12
2.4	Tapduur en waterhoeveelheid per keer of per dag	12
2.5	Open- en sluitingstijd	16
2.6	Samenvatting van kentallen van volumestroom, hoeveelheden en tijdsduur	17
<b>3</b>	<b>Tappunten en hun omgeving</b>	<b>19</b>
3.1	Eengezinswoning	19
3.2	Woongebouwen	20
3.3	Utiliteitsgebouwen	20
<b>4</b>	<b>Methoden voor het schatten van de maximum-moment-volumestroom</b>	<b>23</b>
4.1	$q\sqrt{n}$ -methode	24
4.1.1	Principe	24
4.1.2	Bijtelling van tapeenheden voor binneninstallaties in verband met warmwatertappunten	25
4.1.3	Samengestelde methode bij gebruik van urinoir- of toiletpoelkranen en bij continu verbruik	26
4.1.4	De $q\sqrt{n}$ -methode-varianten voor dienstleidingen, distributienetten en de hoofdstructuur in een wijk	26
4.2	De piekfactorenmethode	27
4.3	Empirische methoden	27
<b>5</b>	<b>Ontwerpmethodes</b>	<b>29</b>
5.1	Binneninstallatie	29
5.1.1	Leidingdiameter	29
5.1.2	Warmwatervoorziening	30
5.2	Distributienet	31

5.2.1	Dienstleidingen	31
5.2.2	Distributienetten en wijkhoofdstructuur	31
5.2.3	Hoofd- en transportleidingen	32
<b>6</b>	<b>Discussie</b>	<b>33</b>
6.1	Bepalen van MMV	33
6.2	Warm water	33
6.3	Leidingdiameter	33
6.4	Het model	34
<b>7</b>	<b>Literatuur</b>	<b>35</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

Zowel vanuit de watersector als de binneninstallatiebranche bestaat de behoefte om tappatronen te kennen. Kennis van tappatronen is een voorwaarde om goed te kunnen ontwerpen. In leidingnetten en installaties dient gedurende hun levenscyclus geen accumulatie van sediment op te treden. Dat betekent dat er ontworpen moet worden op regelmatig hoge snelheden (een maal per dag een snelheid van 0,4 m/s), een eenduidige stromingsrichting en korte verblijftijden. Sedimentvorming en -ophoping wordt hiermee tegengegaan.

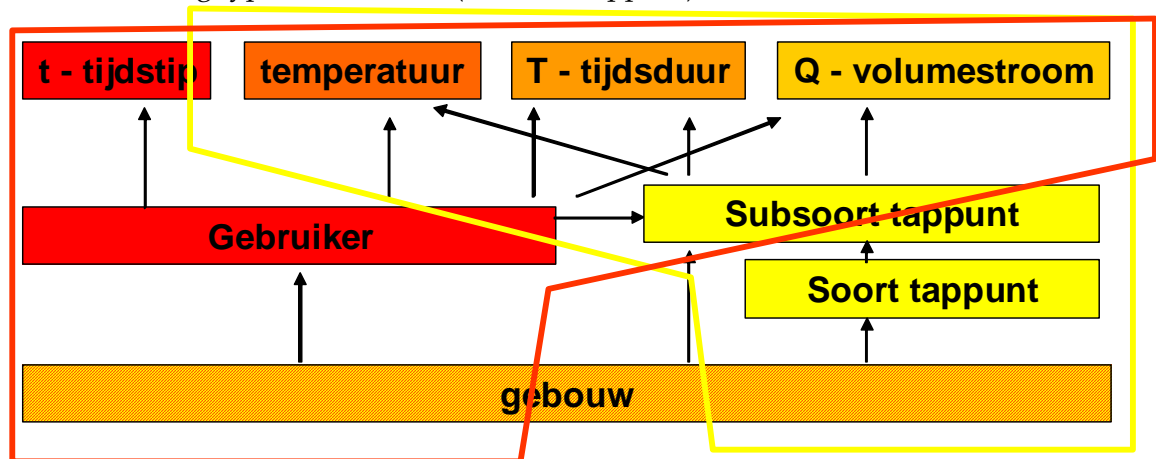
Het ontwerpen op zelfreinigend vermogen is een concept dat sinds 1999 in de bedrijfstak wordt toegepast. In het nieuwe ontwerpconcept is het belangrijk te weten welk verbruik waar op de leiding zit. Er bestaan rekenmethodes die piekgebruiken van één of meer woningen kunnen berekenen. Metingen aan afnamepatronen laten echter zien dat deze methoden niet voldoen voor de pieken die dagelijks op kunnen treden (Beuken en Schaap, 2002; Mul e.a., 2002). Deze metingen laten ook zien dat er wel sprake is van een zelfreinigende werking, hoewel de 0,4 m/s niet werd gemeten. De conclusie die hieruit werd getrokken is dat niet zozeer de snelheid maatgevend is, maar veeleer de schuifspanning. De schuifspanning wordt door de snelheid én de optredende versnellingen bepaald.

In het bedrijfstakonderzoek (BTO) wordt een model ontworpen om de afnamepatronen in leidingen te simuleren en zo de volumestromen te bepalen. Dit onderzoek worden medegefinancierd door de binneninstallatie; Uneto-VNI en TVVL. Het modelleren wordt gedaan op basis van statistische gegevens over samenstelling van huishoudens en huishoudelijk waterverbruik (Blokker, 2003). In het model wordt een gebouw geconstrueerd waarin zich, met een bepaalde waarschijnlijkheid, gebruikers en tappunten bevinden; bijvoorbeeld een woning met 3 bewoners en o.a. toiletten met hoge stortbak en een douche met spaarkop of een ziekenhuis met patiënten en personeel en o.a. toiletten met spoelonderbrekers. Vervolgens wordt voor ieder tappunt bepaald of het aanwezig is, hoe vaak het gebruikt wordt en wanneer, welke volumestroom het voor welke tijdsduur heeft en wat de temperatuur van het water is.

Deze zaken worden alle in meer of mindere mate bepaald door de gebruikers en tappunten in een bepaald type gebouw. Figuur 1 geeft een overzicht van de onderlinge relaties. In een woning (als mogelijk type gebouw) bepaalt bijvoorbeeld de bewoner (gebruiker) het tijdstip van gebruik van de douche, hoe warm het water is, hoe lang hij doucht en hoe groot de volumestroom is. De woning kan echter een beperkte warmwatervoorziening hebben die de tijdsduur of de volumestroom beperkt. Bij een wasmachine (soort tappunt) heeft de gebruiker geen enkele invloed op wanneer (binnen de wascyclus)



water wordt gebruikt, de tijdsduur en volumestroom, wel kan iemand kiezen voor een zuinig type wasmachine (subsoort tappunt).



*Figuur 1 Relatie tussen gebouw, gebruiker, tappunten en waterverbruik.*

Dit rapport is een deel van het onderzoek naar het modelleren van tappatronen. Het richt zich op de technische gegevens. Dit betekent dat de factor mens hier niet expliciet wordt meegenomen, deze factor wordt in een ander rapport beschreven. De technische gegevens die hier bedoeld worden, zijn de gegevens die nodig zijn als input van het model, en de gegevens die de randvoorwaarden voor de output van het model beschrijven.

## 1.2 Leeswijzer

Als we kijken naar Figuur 1 dan beschrijft dit rapport het geel omrande deel. In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op het waterverbruik van een tappunt en in hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de invloed die de functie van een gebouw kan hebben op de tappunten en de gebruikers.

In hoofdstuk 4 en 5 wordt n.a.v. een literatuurstudie beschreven hoe op dit moment de binneninstallatie en het distributienet worden ontworpen. Deze beschrijving geeft enig inzicht in de sterkte en zwakte van de verschillende methodes; voor een betere analyse zouden echter metingen moeten worden gedaan om de methodes goed te kunnen vergelijken. Daarnaast geven de beschreven methodes aan waarop de uitkomsten van het model moeten aansluiten; dit zijn de randvoorwaarden voor de output van het model. In hoofdstuk 6 volgt een discussie; wat weten we wel en wat niet over de beschreven methodes en hoe kan een stochastisch model de lacunes opvullen.

## 1.3 Definities

Enkele termen die in dit rapport worden gebruikt worden onderstaand gedefinieerd.

### - Tappatroon

Waterverbruik (in l/s) van een tappunt als functie van de tijd, bijvoorbeeld over de duur van één tapping of over 24 uur.

- **Afnamepatroon**

Waterverbruik (in l/s) van een woning of een verzameling van woningen over de dag als functie van de tijd, dus de som van alle tappatronen over de dag.

- **Maximum-moment-volumestroom**

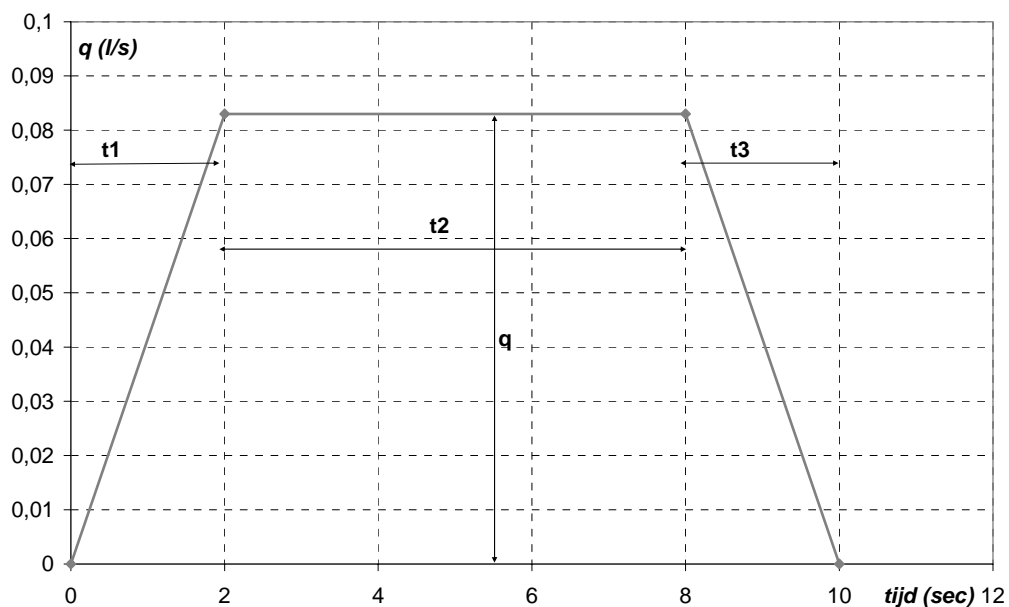
De maximum-moment-volumestroom (MMV) is de maximale te verwachten afname in een bepaalde tijdseenheid. In de literatuur worden meerdere synoniemen voor dit kental gebruikt, namelijk: maximum momentane (water)verbruik; momentane verbruik; maximale momentverbruik of kortweg maximum verbruik. Belangrijk is dat we hier spreken over de MMV in liter per seconde, dus niet per minuut of uur.



## 2 Tappunten, soorten en kentallen

Voor een stochastische modellering van afnamepatronen is basisinformatie van tappunten nodig. Een woning(type) is volgens het te ontwikkelen model (Blokker, 2003) samengesteld uit tappunten of waterverbruikende apparaten en bewoners. In dit hoofdstuk worden de voor het model relevante eigenschappen van tappunten en waterverbruikende apparaten weergegeven zoals deze in de literatuur te vinden zijn.

In het te ontwikkelen model wordt voor alle gedefinieerde tappunten en apparaten een zogenaamd basisverbruik vastgelegd. Dit is een patroon van een bepaalde duur met een bepaalde volumestroom koud en/of warm water; zie Figuur 2. Hierin zijn  $t_1$  en  $t_3$  respectievelijk de open- en sluittijden (zie paragraaf 2.5),  $q$  is de maximale volumestroom (paragraaf 2.1) en  $t_2$  is de tapduur bij  $q$  (paragraaf 2.4). Daarnaast komen aan bod de temperatuur van het getapte water (paragraaf 2.2) en de gelijktijdigheid van gebruik (paragraaf 2.3).



Figuur 2 Voorbeeld van een tappatroon van een apparaat

De informatie in de volgende paragrafen is een samenvatting van kentallen uit publicaties over leidinginstallaties in woningen, woon- en utiliteitsgebouwen. De belangrijkste en meest recente publicaties gericht op installatieadviseurs en installateurs zijn:

- Scheffer W.J.H., 2000. *Het Ontwerpen van Sanitaire Installaties*. Misset Uitgeverij, Arnhem. V. 5e druk. Een leidraad voor het ontwerpen van sanitaire installaties conform gestelde eisen.
- ISSO, 2001, contactgroep 43. *Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen*. ISSO, Rotterdam. Publicatie 55. Gericht op het

collectieve deel van de tapwaterinstallatie woon- en utiliteitsgebouwen.

- ISSO, 2003a, contactgroep 62. *Leidingwaterinstallaties in woningen*. ISSO, Rotterdam. Publicatie 30. In deze publicatie wordt een overzicht gegeven van het tot stand komen van leidinginstallaties in woningen.

## 2.1 Soorten tappunten en volumestroom

De volumestroom wordt in belangrijke mate bepaald door het soort taptoestel. In Tabel 1 zijn de gebruikelijke volumestromen van tappunten in woningen weergegeven. Bij de minimumvolumestroom is veelal een gebruiksdruk, dat is het beschikbare drukverschil juist voor het tappunt tijdens stroming, van 100 kPa aangenomen.

Tabel 1 Tappunten in woningen met minimum en maximum ontwerpvolumentromen

ruimte	tappunt/apparaat	koud l/s		warm l/s	
		min	max	min	max
toilet	closet-(urinoir)spoelreservoir	0,042	0,083	-	-
	drukspoelkraan	0,235	1,250	-	-
	handwasbak	0,042	0,083	-	-
badkamer	wastafel(meng)kraan	0,083	0,167	0,042	0,083
	bidetmengkraan	0,083	0,167	0,042	0,083
	douchemengkraan spaar	0,049	0,087	0,027	0,056
	douchemengkraan standaard	0,087	0,192	0,078	0,107
	comfortdouche	0,167	0,383	0,107	0,214
	badmengkraan	0,139	0,500	0,076	0,333
keuken	keukenmengkraan	0,167	0,334	0,083	0,167
	vaatwasmachinekraan 1/2"	0,167	0,334	-	-
	hott-fill aansluiting vaatwasmachine	-	-	0,167	0,334
diversen	wasmachineautomaat	0,083	0,167	-	-
	cv-vulkraan	0,042	0,083	-	-
	gevelkraan/tapkraan 1/2"	0,167	0,250	-	-
	gevelkraan/tapkraan 3/4"	0,334	0,500	-	-

naar ISSO, 2003a, tabel 3-1 p.30; Harteloh, 1995b, tabel 12 p.27 en Scheffer, 2000; tabel 3.14 p.261.

De drukhoogte in het hoofdleidingnet is niet in elk distributiegebied of delen daarvan hetzelfde. Over het algemeen bedraagt deze in Nederland tussen de 250 en 400 kPa ten opzichte van straatniveau.

In het algemeen kan worden gesteld, dat de druk het totaal huishoudelijk watergebruik op uur-, dag- of jaarbasis nauwelijks beïnvloedt. Een hogere waterdruk in het hoofdleidingnet leidt bij ruim 50% van de tappunten wel tot een hogere relatief kortdurende volumestroom, maar uiteindelijk niet tot meer waterverbruik. Voorbeelden van dergelijke tappunten zijn de onttrekkingen ten behoeve van stortbakken, baden en wasmachines (niveauvullingen). Voor de overige tappunten blijkt in de praktijk dat de gebruiker de afname beïnvloedt onder meer om spatten te voorkomen. De kranen worden dan minder ver open gedraaid of er zijn schuimstraalmondstukken bij wastafel- en keukenmengkranen toegepast om de volumestroom te beperken.

De capaciteit van douchemengkranen vertoont een grote bandbreedte en dient afgestemd te zijn op de capaciteit van de douchekop. Naast de

driedeling, van spaar, standaard en comfort in Tabel 1 is er voor douches ook een indeling in volumestroomklassen; zie Tabel 2. De klasse-indeling voor douchekoppen van de beoordelingsrichtlijn van Kiwa (KIWA BRL K-658/04) komt overeen met de in Tabel 2 weergegeven volumestromen bij 100 kPa.

Tabel 2 Klasse-indeling douche

bij drukverlies volumestroom per klasse	100 kPa		300 kPa	
	qmin (l/s)	qmax (l/s)	qmin (l/s)	qmax (l/s)
Z	0,07	0,12	0,12	0,20
A	0,12	0,14	0,20	0,25
S	0,14	0,19	0,25	0,33
B	0,19	0,24	0,33	0,42
C	0,24	0,29	0,42	0,50
D	0,29	0,37	0,50	0,63

Scheffer, 2000; tabel 3-13A, p.261.

## 2.2 Warm water, temperatuur en wachttijd

Circa 30% van het water in een huishouden moet verwarmd worden voor bepaalde doelen zoals: baden/douches, afwassen en divers huishoudelijk gebruik.

Het beschikbare volume koud water is in principe onbeperkt, dat van warm water wordt bepaald door het warmwaterbereider. Bij een doorstroomtoestel heeft men een onbeperkt volume met beperkte capaciteit (volumestroom) ter beschikking. Bij voorraadtoestellen is het volume echter afhankelijk van de inhoud van het warmwatertoestel en de temperatuur waarmee het water opgeslagen wordt. De maximum volumestroom van een voorraadtoestel is echter ook beperkt, maar is wel groter dan bij doorstroomtoestellen.

De volumestroom voor de aanvoer van warm tapwater naar mengkranen heeft meestal een temperatuur van 60 tot 70 °C. De VEWIN-werkbladen, die een verdere uitwerking zijn van NEN 1006, geven aan dat bij toestellen een temperatuur van > 70 °C moet worden voorkomen om de vorming van ketelsteen te beperken. Het Garantie Instituut Woningbouw (GIW) stelt dat aan het warmwatertappunt een minimale temperatuur van 58 °C dient te worden bereikt binnen 120 seconden na het opendraaien van de kraan.

Leidingen die geen deel uitmaken van een circulatiesysteem, de zogenoemde uittapleidingen, leveren niet direct warm tapwater. De wachttijd wordt bepaald door de toestelwachttijd en de leidingwachttijd. Gesteld wordt dat het warme water pas gebruikt wordt wanneer 70% van de maximum temperatuurstijging is bereikt. Een gangbare toestelwachttijd voor doorstroomtoestellen is 10 seconden. De leidingwachttijd voor warmwater-tappunten met uitzondering van bad en (vaat)wasmachine mag maximaal 20 seconden bedragen bij gebruik van één tappunt op een leidinggedeelte.

De leidingwachttijd wordt bepaald door:

- de lengte van de leiding tussen warmwatertoestel en tappunt;
- de inwendige diameter van de leiding;
- de volumestroom van het warmwatertoestel;

- de zogenaamde DH-factor, deze is afhankelijk van de mate van isolatie en het wel of niet weggewerkt zijn van de leidingen.

### 2.3 Gelijktijdigheid

De momentane volumestroom in een leidinggedeelte of van een huisaansluiting is afhankelijk van het aantal tappunten dat gelijktijdig gebruikt wordt, de leidingconfiguratie, de capaciteit van het warmwatertoestel en de watermeter en de beschikbare leveringsdruk. De totale maximale volumestroom koud en warm water wordt begrensd door de capaciteit van de watermeter; zie Tabel 3. In de praktijk levert dit nauwelijks een begrenzing op; voor woningen worden over het algemeen  $Q_n$  1,5 en  $Q_n$  2,5 watermeters toegepast.

Tabel 3 Capaciteiten van watermeters

aanduiding in		q in l/s bij een verlies over de watermeters van	
m <sup>3</sup> /h	Q <sub>n</sub>	100 kPa (kortstondige piekbelasting)	25 kPa (gemiddelde piekbelasting)
3	1,5	0,83	0,42
5	2,5	1,39	0,7
7	3,5	1,94	0,97
10	5	2,78	1,39
20	10	5,56	2,78

Scheffer, 2000; tabel 3-10, p.258.

De totale maximale volumestroom warm water wordt begrensd door de capaciteit van het warmwatertoestel. Hiervan worden diverse typen of alternatieven als wijk- en stadsverwarming of zonne-energie toegepast. Bij het ontwerp van warmwaterinstallaties wordt gebruik gemaakt van een indeling in gelijktijdigheidklassen; Tabel 4.

Tabel 4 Indeling gelijktijdigheidklassen op basis van *minimale* volumestromen warm tapwater (ISSO, 2003)

Gelijktijdigheidsklasse	Warmwatertappunten gelijktijdig	Volumestroom gebaseerd op:
I	1	grootste van K of D of B*
IIa	2	grootste van (K+D) of alleen B
IIb	2	grootste van (K+D) of (K+B) of (B+D)
III	3	K + D + B

K = keukenmengkraan, D = douchemengkraan, B = badmengkraan  
 \* In een installatie zonder extra comfort is bij klasse I de keukenmengkraan veelal maatgevend.

### 2.4 Tapduur en waterhoeveelheid per keer of per dag

In deze paragraaf komt per tappunt de tapduur ( $t_2$ ) of het tapvolume ( $q \cdot t_2$ ) aan bod. Deze getallen zijn gebaseerd op de technische gegevens van de tappunten; wanneer de gebruiker grote invloed heeft is een aanname gedaan van een gemiddelde.

Tabel 5 geeft een indicatie van het waterverbruik van closetcombinaties. In de berekening is uitgegaan van gemiddeld 5 closetspoelingen per persoon per dag, waarbij bij 4 toiletspoelingen gebruik gemaakt wordt van de spoelonderbreking. Bij spoelonderbreking wordt 60% van de reservoirinhoud gebruikt. In de praktijk blijkt de waterbesparing echter minder groot.

*Tabel 5 Tapduur toilet als functie van reservoirinhoud, spoelonderbreking en volumestroom kraan*

closetcombinatie	zonder spoelonderbreking		met spoelonderbreking		gemiddeld verbruik p.p.		min q	max q
	aantal/d	verbruik (l)	aantal/d	verbruik (l)	l/d	m <sup>3</sup> /j	(0,042 l/s)	(0,083 l/s)
9 liter zonder spoelonderbreking	5	9			45	15,8	214	108
9 liter met spoelonderbreking	1	9	4	5,4	30,6	10,7	129	65
6 liter zonder spoelonderbreking	5	6			30	10,5	143	72
6 liter met spoelonderbreking	1	6	4	3,6	20,4	7,1	86	43

naar Harteloh, 1995a; tabel 2, p.15.

In Tabel 6 zijn hoeveelheden en daarbij behorende temperatuur van de meest voorkomende huishoudelijke toepassingen van warm tapwater weergegeven.

*Tabel 6 Globale indicatie verbruik warm tapwater per persoon per dag*

toepassing	verbruik (l)	frequentie	temperatuur (°C)	verbruik (liter)	
				koud	warm
				10 °C	65 °C
handen wassen	3	p.k.	40	1,36	1,64
gezicht wassen	4	p.k.	40	1,82	2,18
afwas	5	p.p.p.d.	55	0,97	4,09
douche	55-70	p.k.	40	25-32	30-38
bad	120-145	p.k.	40	55-66	65-79
schoonmaken	3	p.p.p.d.	55	0,55	2,45

p.k.=per keer; p.p.p.d.= per persoon per dag  
ISSO, 2003a; tabel 3-2 p.32.

Tabel 7 en Tabel 8 geven een meer gedetailleerd overzicht van het geschatte watergebruik via douche en bad.



Tabel 7 Watergebruik, volumestromen mengwater en berekende douchetijd bij verschillende douchekoppen

douche-combinatie klasse	verbruik		verbruik per keer (liter)	q (l/s) bij °C		aanneemengtemp	douchetijd minuten
	per persoon m3/j	frequentie (n/week)		koud 10	warm 65		
Z	8,4	5	32,3	0,029	0,041	39	7,7
A	11,8	5	45,4	0,049	0,071	39	6,3
S	15,3	5	68	0,058	0,082	39	8,1
B	19,6	5	75,4	0,078	0,112	39	6,6
C	24,1	5	92,7	0,099	0,141	39	6,4
D	28,7	5	110,4	0,119	0,171	39	6,3

Verbruik ontleend aan ISSO, 2003; tabel 7.10, p.113.

Volumestromen mengwater ontleend aan q<sub>min</sub> bij 100 kPa uit Scheffer, 2000; tabel 3-13A, p.261.

Tabel 8 Watergebruik en berekende volumestromen bij combinaties van inhoud van het bad en gehanteerde vultijd. De mengtemperatuur bedraagt circa 40 °C.

mengkraan bad aantal l	frequentie (n/week)	verbruik p.p. m3/j	q_koud 10 °C (l/s) bij vultijd (minuten)			q_warm 65 °C (l/s) bij vultijd (minuten)		
			5	7,5	10	5	7,5	10
100	2	10,4	0,137	0,091	0,068	0,197	0,131	0,098
125	2	13,0	0,171	0,114	0,085	0,246	0,164	0,123
150	2	15,6	0,205	0,137	0,103	0,295	0,197	0,148
200	2	20,8		0,182	0,137		0,262	0,197

naar Harteloh 1995a; tabel 5, p.16 en Scheffer, 2000, tabel 3.14A , p.260.

Tabel 9 en Tabel 10 geven een overzicht van het gemiddeld verbruik en de totale tapduur per wascyclus. Tabel 11 en Tabel 12 geven voorbeelden van veel voorkomende wasprogramma's.

Tabel 9 Verbruik en tapduur van wasmachines

wasmachine tappunt	q (l/s)	gemiddeld verbruik per cyclus* (liter)	totale tapduur wasmachine (sec)
min	0,083	48	578
max	0,167	48	287

\* bron: www.energielabel.nl, mei 2004

Tabel 10 Verbruik en tapduur van vaatwasmachines

vaatwasmachine tappunt	q (l/s)	gemiddeld verbruik per cyclus* (liter)	totale tapduur vaatwasser (sec)
min	0,167	14	84
max	0,334	14	42

\* bron: www.energielabel.nl, mei 2004

Tabel 11 Wasprogramma wasmachine

Tijd- stip	Fase	Toe / afvoer	Volumestroom [l/s]	Tijdsduur [s]	Volume [liter]
Start					
11:00	wassen	toevoer	0,167	120	20
12:00	spoelen 01	toevoer	0,167	60	10
12:20	spoelen 01	afvoer	0,75	23	17
12:22	spoelen 02	toevoer	0,167	60	10
12:40	spoelen 02	afvoer	0,75	23	17
12:42	spoelen 03	toevoer	0,167	60	10
13:00	spoelen 03	afvoer	0,75	21	16
Einde					

\* bron: Siemens, 2004; vaak voorkomend wasprogramma; totaal waterverbruik= 50 liter

Tabel 12 Wasprogramma vaatwasser

Tijd- stip	Fase	Toe / afvoer	Volumestroom [l/s]	Tijdsduur [s]	Volume [liter]
Start					
20:00	voorspoelen	toevoer	0,167	24	4
20:30	voorspoelen	afvoer	0,75	5	4
20:31	wassen	toevoer	0,167	24	4
21:00	wassen	afvoer	0,75	5	4
21:01	tussenspoelen	toevoer	0,167	24	4
21:30	tussenspoelen	afvoer	0,75	5	4
21:31	naspoelen	toevoer	0,167	12	2
22:00	naspoelen	afvoer	0,75	3	2
Einde					

\* bron: Siemens, 2004; vaak voorkomend wasprogramma; totaal waterverbruik= 14 liter

Tabel 13 geeft tenslotte een indicatie van het tappatroon van een gevelkraan tijdens het tuinsproeien. Aangenomen is dat bij toenemend sproeioppervlak zowel de volumestroom als de sproeiduur toeneemt. Bij een sproeioppervlak groter dan 50 m<sup>2</sup> wordt het sproeien verdeeld over kleinere aparte oppervlaktes. Voor een autowasbeurt bij de woning kan bijvoorbeeld het patroon van 10 of 15 m<sup>2</sup> sproeioppervlak aangehouden worden.

Tabel 13 Verbruik en tapduur gevelkraan (inschatting)

sproeioppervlak m <sup>2</sup>	sproeibeurt 5mm liter leidingwater	volumestroom		sproeiduur min
		l/min	l/sec	
5	25	9	0,150	2,8
10	50	9	0,150	5,6
15	75	9	0,150	8,3
20	100	9	0,150	11,1
25	125	10	0,167	12,5
35	175	12	0,200	14,6
50	250	15	0,250	16,7

## 2.5 Open- en sluitingstijd

De gebruikelijke sluitingstijden van kranen en afsluiters bedragen fracties van een seconde; zie Tabel 14. De gebruikelijke tijden voor het openen zullen naar verwachting vergelijkbaar zijn. De tijden  $t_1$  en  $t_3$  uit Figuur 2 worden als verwaarloosbaar verondersteld. Het tappatroon uit Figuur 2 wordt dus een blokvorm.

Tabel 14 Sluitingstijden van kranen en afsluiters

kenmerk kraan of afsluiter	indicatieve sluitingstijd (ms)
magneetafsluiter	2-7
eenhendel-mengkraan keramisch	10-20
eenhendel-mengkraan (langzaam)	100
draaiknop keramisch	100-200
draaiknop rubber klep	200-400

ISSO, 2003b, concept tabel 15,p.20.

## 2.6 Samenvatting van kentallen van volumestroom, hoeveelheden en tijdsduur

Tabel 15 Samenvatting van kentallen van volumestroom, hoeveelheden en tijdsduur, pppd = per persoon per dag.

ruimte	tappunt/ apparaat	Type	koud		warm		totaal volume (gem.) l	tijdsduur			
			l/s		l/s			per keer	min	max	eenheid
			min	max	min	max	min		max	min	max
toilet	closet-(urinoir)	9 liter	0,042	0,083			9	108	214	s	
	spoelreservoir	9 liter met spoelonderbreker	0,042	0,083			6,1	65	129	s	
		6 liter	0,042	0,083			6	72	143	s	
		6 liter met spoelonderbreker	0,042	0,083			4,1	43	86	s	
	drukspoelkraan handwasbak	handen wassen	0,235	1,250							
			0,042	0,083							
badkamer	wastafel(meng) kraan		0,083	0,167	0,042	0,083					
	bidetmengkraan		0,083	0,167	0,042	0,083					
	douche - temp 39°C	comf. klasse Z		0,032	0,054	0,039	0,066	32,3	4,5	7,7	min
		comf. klasse A		0,054	0,063	0,066	0,077	45,4	5,4	6,3	min
		comf. klasse S		0,063	0,086	0,077	0,105	68,0	6,0	8,1	min
		comf. klasse B		0,086	0,108	0,105	0,132	75,4	5,2	6,6	min
comf. klasse C			0,108	0,131	0,132	0,16	92,7	5,3	6,4	min	
comf. klasse D		0,131	0,167	0,160	0,204	110,4	5,0	6,3	min		
	badmengkraan	125 liter bad	0,139	0,500	0,076	0,333	125	4,2	15,0	min	
keuken	keukenmengkraan	afwassen	0,167	0,334	0,083	0,167	5 (pppd)	15	30	s	
		handen wassen	0,167	0,334	0,083	0,167	3	9	18	s	
		consumptie	0,167	0,334	0,083	0,167				s	
		schoonmaken	0,167	0,334	0,083	0,167	3 (pppd)	9	18	s	
	vaatwasmachine-kraan 1/2"	energielabel AAA	0,167	0,334			14	42	84	s	
	hott-fill aansluiting vaatwasmachine			0,167	0,334						
diversen	wasmachine-automaat	energielabel AAA	0,083	0,167			48	4,8	9,6	min	
	cv-vulkraan		0,042	0,083							
	gevelkraan/ tapkraan 1/2"	emmer / gieter vullen	0,167	0,250			8	48	32	s	
		tuinslang - auto wassen	0,150	0,250			50	5,6	3,3	min	
		tuinslang - planten water geven 20m <sup>2</sup>	0,150	0,250			100	11,1	6,7	min	
	gevelkraan/ tapkraan 3/4"		0,334	0,500							



## 3 Tappunten en hun omgeving

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de omgeving waarin tappunten zich bevinden. De omgeving heeft namelijk een grote invloed op het gebruik van het tappunt. Een keukenkraan in een restaurant heeft een ander afnamepatroon dan in een eengezinswoning.

In dit hoofdstuk worden drie hoofdgroepen onderscheiden:

- eengezinswoningen,
- woongebouwen en
- utiliteitsgebouwen.

### 3.1 Eengezinswoning

Het aantal en type gebruikers zijn van invloed op het verbruikspatroon van de leidingwaterinstallatie. Het aantal en type gebruikers zal van invloed zijn op het aantal sanitaire toestellen in de woning en de tapcapaciteit en voorraad van het warmwatertoestel. Voor de indeling van gebruikers in categorieën kan gebruik gemaakt worden van Tabel 16.

Tabel 16 Categorie-indeling type gebruiker leidingwaterinstallatie

Cat.	Aantal bewoners	Gebruik	Voorbeelden
A	≤ 2	Een intensief gebruik van de installatie, op enkele specifieke tijdstippen per dag.	tweeverdieners, gezin zonder kinderen
B	≤ 2	Een matig gebruik van de installatie, verspreid over de gehele dag. Geen groot piekverbruik.	gepensioneerd echtpaar, alleenstaande oudere
C	> 2	Een intensief gebruik van de installatie, op enkele specifieke tijdstippen per dag.	gezin met kinderen
D	> 2	Een matig gebruik van de installatie, verspreid over de gehele dag. Geen groot piekverbruik.	woongroep verstandelijk gehandicapten, begeleid wonen

naar ISSO, 2003a, p.17

Voor de indeling van woningen in relatie tot het aantal tappunten kan gebruik gemaakt worden van Tabel 17.

Tabel 17 Indeling in woningklassen

Woningklasse	Omschrijving
Minimum (-)	De minimum wettelijke eisen die gesteld worden aan de inrichting van een woning: koudwatertappunt in keuken en closet, mengkraan douche en wastafel.
Standaard (0)	De meest gebruikelijke en gangbare inrichting van een woning (rijtjeshuis, vrijstaand huis, flat of appartement)
Standaard plus (0+)	Een luxere variant van de standaard, bijvoorbeeld met een tweede wastafel in de badruimte en een bad én douche
Luxe (++)	Een luxueuze inrichting van de woning, de woning is van vele gemakken voorzien.

naar ISSO, 2003a, p.20

### 3.2 Woongebouwen

De volgende aspecten zijn onder andere bij een onderzoek van Kiwa (1985) beschouwd:

- aantal wooneenheden, aantal bewoners,
- aantal tappunten, soort badgelegenheid
- wijze van waterlevering: individueel bemeterd, centrale bemetering of onbemeterd

Andere factoren die van belang kunnen zijn:

- centrale of individuele warmwatervoorziening
- wel of geen drukverhogingsinstallatie
- wel of geen spoelkraan voor closet of urinoir in plaats van een tappunt van een spoelreservoir.

### 3.3 Utiliteitsgebouwen

Conform Kiwa (1985) en Scheffer (2000, p.63 en p.264) zijn bijvoorbeeld de volgende categorieën te beschouwen:

- onderwijsinstellingen: basis- en voorgezet onderwijs met of zonder gymnastieklokalen
- bejaarden- en verpleeghuizen
- zaal- en veldsportaccommodaties
- kantoorgebouwen
- werkplaatsen en fabrieken
- hotels
- restaurants.

De waterleidingbedrijven hebben via de Werkgroep Momentane Verbruiken voor diverse specifieke gebruikscategorieën onderzoek gedaan naar de maximale momentane waterverbruiken (MMV) (Kiwa, 1985). De belangrijkste gerapporteerde relaties zijn hieronder weergegeven. In paragraaf 4.3 wordt verder ingegaan op het gebruik van empirische methoden.

- In onderwijsinstellingen is het soort en aantal sanitaire voorzieningen door de bouwkundige hoofdinspectie voorgescreven. Deze uniformering heeft een beperkende invloed op de verschillen in momentane waterverbruiken tussen scholen. In veel (berekende) gevallen bleek de benodigde hoeveelheid bluswater maatgevend.
- Op basis van metingen is gebleken dat bij bejaarden- en verpleeghuizen de optredende MMV beter verklaard kan worden met het aantal bewoners dan met het aantal tapeenheden.
- Bij kantoorgebouwen blijkt de MMV in hoofdzaak bepaald te worden door het aantal werknemers en de wijze van toiletspoeling.
- Bij sporthallen en sportveldcomplexen zijn respectievelijk het aantal douches en het aantal speelvelden maatgevend. Ook hier zijn soort en aantal sanitaire voorzieningen door de bouwkundige hoofdinspectie voorgescreven.

De Technische Raad voor Veldsport Accommodaties heeft bijvoorbeeld richtlijnen uitgegeven voor de inrichting van kledaccommodaties bij sportterreinen. zie Scheffer (2000, p.63). De voorzieningen die minimaal per speelveld aanwezig moeten zijn, zijn:

2 kleedlokalen met elk:

- 3 douchecombinaties
- 3 voetenwasplaatsen
- 1 toilet met handenwasbak

1 scheidsrechtterruimte met:

- 1 douchecombinaties
- 1 toilet met handenwasbak

Scheffer (2000, p.17) maakt verder onderscheid in tappunten in kantoorgebouwen afhankelijk van het gebruiksdoel:

- persoonlijke verzorging;
- consumptieve verzorging;
- schoonmaak.

De indeling in gebruiksfuncties van een bouwwerk bepaalt de eisen die voor de respectievelijke onderdelen van het bouwwerk gelden. Bouwwerken worden conform het Bouwbesluit ([www.vrom.nl](http://www.vrom.nl)) onderverdeeld in gebouwen met diverse gebruiksfuncties:

- woonfunctie
- bijeenkomstfunctie
- celfunctie
- gezondheidsfunctie
- industriefunctie
- kantoorfunctie
- logiesfunctie
- onderwijsfunctie
- sportfunctie
- winkelfunctie
- overige gebruiksfunctie





## 4 Methoden voor het schatten van de maximum-moment-volumestroom

De maximum-moment-volumestroom (MMV) is de maximale te verwachten onttrekking in een bepaalde tijdseenheid<sup>1</sup>. In de literatuur worden meerdere synoniemen voor dit kental gebruikt, namelijk: maximum momentane (water)verbruik; momentane verbruik; maximale momentverbruik of kortweg maximum verbruik.

Voor het bepalen van de MMV zijn meerdere methoden en afhankelijk van het doel, varianten beschikbaar (Tabel 18). De methoden die in dit rapport aan de orde komen zijn:

1. de  $q\sqrt{n}$ -methode
2. de piekfactoren-methode
3. empirische methoden

Tabel 18 Methoden bepaling MMV voor binneninstallaties en dienstleidingen

methoden bepaling maximum momentvolumestroom	binneninstallaties	dienstleidingen
eengezinswoning	$q\sqrt{n}$ + 'bijtelling' warmwater	$q\sqrt{n}$
woongebouwen met individueel warmwater	$q\sqrt{n}$ (TE, SE) + 'bijtelling' warmwater A	$q\sqrt{n}$ , empirisch
woongebouwen met collectief warmwater	$q\sqrt{n}$ (TE, SE) + 'bijtelling' warmwater B	empirisch
utiliteitsgebouwen	samengestelde methoden (TE, SE, gelijktijdigheid, gebruiksduur)	empirisch

Ter aanvulling van Tabel 18 kan worden gesteld dat voor transportleidingen gebruik gemaakt wordt van de piekfactoren-methode.

<sup>1</sup> De tijdseenheid wordt bij binneninstallaties en dienstleidingen gesteld op 1 seconde. Bij het goed functioneren van een leidingwaterinstallatie mogen door wisselende onttrekkingen, geen hinderlijke druksdalingen en/of drukschommelingen ontstaan. In woongebouwen is de meest voorkomende hinder de door drukschommelingen veroorzaakte variërende uitstroomtemperaturen bij douchen. Indien deze drukschommelingen zich binnen 1 seconde voordoen, dan zal vorengenoemde hinder niet aanwezig zijn. Door de massastraagheid van het water wijzigingen van minder dan 1 seconde niet in de onttrekkingen geopenbaard (Scheffer, 2004b). Vanaf de schaal van distributieleidingen en groter wordt veelal op uurbasis gerekend.

## 4.1 $q\sqrt{n}$ -methode

De  $q\sqrt{n}$ -methode wordt in de *Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties, werkblad 2.1* (VEWIN, 2000) als richtlijn gegeven voor het berekenen van de maximaal optredende volumestroom van een drinkwaterinstallatie met verschillende tappunten. Reeds vanaf 1954 wordt deze methode door Kiwa genoemd als richtlijn voor de aanleg van drinkwaterinstallaties in woningen. De methode stamt oorspronkelijk uit Duitsland (Scheffer, 2004b).

De  $q\sqrt{n}$ -methode wordt als basis gebruikt voor het bepalen van de maximale volumestroom van:

- leidingen van drinkwaterinstallaties binnen woonhuizen, woongebouwen en utiliteitsgebouwen en
- dienstleidingen, vertakte leidingnetten en hoofdstructuur binnen een wijk.

In andere toepassingsgebieden worden correcties op deze methode uitgevoerd.

### 4.1.1 *Principe*

De  $q\sqrt{n}$ -methode gaat er van uit dat de kans op het gelijktijdig optreden van volumestromen van tappunten niet lineair toeneemt naarmate er meer tappunten op een drinkwaterinstallatie zijn aangesloten. Immers, niet alle kranen zullen tegelijkertijd worden bediend.

De rekenmethode komt in het kort hierop neer: Bevinden zich in een installatie  $n$  even grote tappunten, welke geheel geopend  $q$  [l/h] moeten leveren, dan moet het leidinggedeelte dat water aanvoert voor alle tappunten berekend worden op een hoeveelheid van  $q\sqrt{n}$  [l/h]. Daar de maximale hoeveelheid die de verschillende tappunten per tijdseenheid moeten kunnen leveren niet gelijk is, wordt elk tappunt vervangen gedacht door een aantal tappunten van een standaardvermogen die samen hetzelfde maximale momentane verbruik opleveren. Een tappunt met het standaardvermogen wordt als 'tapeenheid' (TE) aangeduid. Deze is vastgesteld op 0,083 l/s. Op grond hiervan dient een tappunt, waarvan het vermogen  $x$  maal zo groot is als die van de tapeenheid, gelijk te worden gesteld aan  $x^2$  tapeenheden (Scheffer, 2003a).

Een overzicht van voorkomende volumestromen van tappunten per woning is weergegeven in Tabel 19 (NEN, 1997 en VEWIN, 2000).

Tabel 19 Volumestromen en tapeenheden voor verschillende tappunten

tappunten per woning	$q_v$ (l/s)	aantal tapeenheden (TE)
toilet 1	0,042	0,25
toilet 2	0,042	0,25
fonteinkraan 1	0,042	0,25
fonteinkraan 2	0,042	0,25
keukenmengkraan	0,167	4
vaatwasmachine	0,167	4
bad/douche-mengkraan	0,167	4
wastafelkraan	0,083	1
wasmachinekraan	0,167	4
buitengevelkraan	0,167	4
totaal	1,086	22

#### 4.1.2 Bijtelling van tapeenheden voor binneninstallaties in verband met warmwatertappunten

Voor binneninstallaties wordt gewerkt met een  $q\sqrt{n}$ -methode met bijtelling van tapeenheden. Het sommeren van de volumestroom koud water, berekend met de  $q\sqrt{n}$ -methode en de warmwatervolumestromen volgend uit de geformuleerde gelijktijdigheidklassen (§2.3) leidt namelijk tot een overdimensionering van de leidingwaterinstallatie. Het is een tijdrovende zaak om voor de dimensionering van de leidingen de theoretische maximum moment volumestroom (MMV) van het koud en warm water te bepalen. Om toch in het spanningsveld tussen comfort, hygiënisch en energiebewust ontwerpen tot een verantwoorde oplossing te komen, is een vereenvoudigde rekenmethode ontwikkeld die aansluit op de gebruikelijke  $q\sqrt{n}$ -methode. De bijtelling geldt voor de leiding tot aan het warmwatertoestel of tot aan de aftakking van de mengkranen. In deze methode zijn de volumestromen mengwater van de tappunten het uitgangspunt. De maximum-moment-volumestromen van koud water worden hieraan gelijkgesteld en omgezet in een aantal tapeenheden. Vervolgens worden de temperaturen vastgesteld van koud water, warm tapwater en mengwater. Op basis hiervan worden de volumestromen warm tapwater berekend.

De volumestromen mengwater worden gesommeerd, en het totaal wordt omgezet naar een aantal tapeenheden. Op dit totaal *aantal tapeenheden mengwater* wordt de som van de afzonderlijke *tapeenheden koud water van de betrokken mengkranen* in mindering gebracht. Het verschil in aantal tapeenheden, de zogenaamde '*bijtelling TE koud water*' wordt bijgeteld bij het aantal tapeenheden TE volgens de traditionele  $q\sqrt{n}$ -methode. In de herziene versie van ISSO-publicatie 30 (ISSO, 2003a) is deze methode verder uitgewerkt.

#### 4.1.3 *Samengestelde methode bij gebruik van urinoir- of toiletspoelkranen en bij continu verbruik*

Een spoelkraan kenmerkt zich in het algemeen door een grote volumestroom en een korte gebruikstijd. Spoelkranen worden met name in utiliteitsgebouwen toegepast; zelden in woningen. Bij gebruik van de  $q\sqrt{n}$ -methode bij meerdere spoelkranen leidt dit tot een MMV die te groot is, omdat de kans op gelijktijdig gebruik bij spoelkranen in het algemeen kleiner is. Hiertoe is de spoelkraaneenheid (1 SE = 0,417 l/s) vastgesteld. Wanneer ook andere volumestromen met een afwijkende gelijktijdigheid voorkomen, wordt de van  $q\sqrt{n}$ -methode uitgebreid tot een 'samengestelde methode'. Hierbij worden de naar volumestromen omgerekende TE en SE gesommeerd.

$$q_v = 0,083 \sqrt[3]{\sum TE} + 0,417 \sqrt[4]{\sum SE} + CV \quad [l/s]$$

waarin:

$\sum TE$  = gesommeerde aantal tapeenheden koud water en indien van toepassing de bijtelling voor warm tapwater [-]

$\sum SE$  = gesommeerde aantal spoelkraaneenheden [-]

CV = continuegebruik [l/s]

Het continuegebruik (CV) is het gebruik waarvan de berekende maximale volumestroom of berekende volumestroom tengevolge van brandslanghaspels opgeteld kan worden (ISSO, 2001).

#### 4.1.4 *De $q\sqrt{n}$ -methode-varianten voor dienstleidingen, distributienetten en de hoofdstructuur in een wijk*

Bij de dimensionering van een leiding wordt getracht een minimum snelheid van 0,4 m/s te realiseren. De snelheid dient dagelijks te worden gehaald, waardoor het ontwerpcriterium geldt voor het maximum uur op de gemiddelde dag.

De te realiseren minimum snelheid waarop wordt ontworpen, wordt indirect berekend via de  $q\sqrt{n}$ -methode. Een woonwijk of leidingsectie wordt gezien als één grote binneninstallatie waarbij iedere kraan in iedere woning een afzonderlijk tappunt is. Het aantal tapeenheden is gelijk aan het aantal woningen vermenigvuldigd met het aantal tapeenheden per woning.

De  $q\sqrt{n}$ -methode levert daarbij de volumestromen van de 'maximum uur, maximum dag'-situatie. Omdat voor een gemiddelde dag het maximum uurverbruik lager is, wordt daarom door de ontwerper een reductiefactor toegepast. Hiervoor wordt de algemene dagpiekfactor en droogjaarfactor gebruikt. De reductiefactor wordt dan gemiddeld:

$$1/(\text{dagpiekfactor} \cdot \text{droogjaarfactor}) = 1/(1,4 \cdot 1,08) = 1/1,5 = 0,66.$$

Om een minimale druk bij maximaal verbruik in een droogjaar te garanderen worden voor dienstleidingen van woningen en de kleinere wijkstructuur ook de resultaten van de niet-gecorrigeerde  $q\sqrt{n}$ -methode gebruikt. Bij overschrijding van een bepaalde overgangswaarde van het aantal aansluitingen, dus bij de grotere hoofdstructuur van een wijk, wordt de piekfactoren-methode toegepast (Trietsch en Blokker, 2003).

## 4.2 De piekfactorenmethode

De maximale volumestroom in een hoofdstructuur wordt bepaald door de maximaal te verwachte vraag. Voor de bepaling van deze vraag wordt in Nederland en het buitenland de piekfactoren-methode toegepast. Ook deze methode kent meerdere varianten.

Voor de piekfactoren-methode geldt:

$$Q_{\max} = pf \cdot Q_{\text{gemiddeld}}$$

waarin  $pf$  de piekfactor is.

In Nederland wordt de volgende formule gebruikt voor de piekfactor:

$$pf = pf_{\text{dag}} \cdot pf_{\text{uur}} \cdot pf_{\text{droog\_jaar}}$$

waarbij:

- $pf_{\text{dag}}$  = de piekfactor voor het maximale dagverbruik
- $pf_{\text{uur}}$  = de piekfactor voor het maximale uurverbruik
- $pf_{\text{droog\_jaar}}$  = de piekfactor voor het maximale verbruik in een droog jaar; ook wel bekend als seizoensfactor.

Voor Nederland gelden gemiddelde waarden voor piekfactoren van 1,8; 1,4 en 1,08 voor respectievelijk de dag-, uur- en droogjaarfactor.

Voor de minimale snelheid in de hoofdstructuur wordt in Nederland 0,4 m/s aangehouden, welke eenmaal per dag bereikt dient te worden. Hierbij zijn een aantal kanteekeningen te plaatsen. Wanneer er geen eenduidige stromingsrichting is, is de minimale snelheid lastig te realiseren. Daarnaast zijn er situaties waarin eerst de hoofdstructuur wordt aangelegd, en de distributiesecties pas na verloop van jaren worden aangesloten. Dit betekent dat de ontwerpsnelheid van 0,4 m/s ook pas na jaren wordt gerealiseerd (Trietsch en Blokker, 2003).

## 4.3 Empirische methoden

Voor het berekenen van de leidingdiameters van dienstleidingen en secties van binneninstallaties bij situaties anders dan woningen is de standaard  $q\sqrt{n}$ -methode minder geschikt. Alleen bij woningen en gebouwen met een vergelijkbare functie geldt namelijk dat bij een groter aantal geïnstalleerde tappunten aan een installatie, de gelijktijdigheid waarmee deze tappunten worden gebruikt kleiner zal zijn.

‘Voor bijvoorbeeld een bejaardentehuis met een eigen keuken en wasserij kan de  $q\sqrt{n}$ -methode alleen worden gebruikt voor woongedeelte van het gebouw, de bejaardenflats. Voor berekening van het maximale volumestroom via de dienstleiding moet daar het maximum verbruik van de overige centrale voorzieningen bijgeteld worden’ (Verbeek, 1970).

Voor gebouwen zonder woonfunctie kan, indien voldoende bekend is over een groep tappunten, beter een statistische benadering gehanteerd worden. In onderstaand voorbeeld is een statistische methode toegepast om de gelijktijdigheid vast te stellen (ISSO, 2003).

#### Voorbeeld

Een toiletgroep in een bioscoop bevat 10 urinoirspoelkranen, de spoeltijd bedraagt 3 seconden, de gemiddelde verblijftijd per persoon per urinoir is 30 seconden. Alle urinoirs zijn continu bezet. De volumestroom per urinoir is 0,417 l/s.

Wat is de maximum-moment-volumestroom van deze urinoirgroep? Aangenomen wordt dat 2% van de tijd de maximale volumestroom overschreden mag worden.

Antwoord: De kans op het gebruik van 1 tappunt op een willekeurig tijdstip =  $t_{\text{gebruik}}/t_{\text{spoel}} = 3/30 = 0,1$ . Uit kansberekening volgt dat bij 10 tappunten en een kans van 0,1 er 98% van de tijd 3 of minder spoelkranen tegelijk in gebruik zijn. Hieruit volgt een maximale volumestroom van  $3 * 0,417 \text{ l/s} = 1,3 \text{ l/s}$ .

ISSO, 2001, p. 55.

De waterleidingbedrijven hebben via de Werkgroep Momentane Verbruiken voor diverse utiliteitsgebouwen, op basis van empirische opgestelde formules, richtlijnen vastgesteld voor woongebouwen, scholen, bejaarden- en verpleeg- en verzorgingshuizen en sportaccommodaties (Kiwa, 1985).

Op basis van metingen is gebleken dat bij bejaarden- en verpleegtehuizen de optredende MMV beter verklaard kan worden met het aantal bewoners dan met het aantal tapeenheden. Bij kantoorgebouwen blijkt de MMV in hoofdzaak bepaald te worden door het aantal werknemers en de wijze van toiletspoeling.

De genoemde richtlijnen zijn echter gebaseerd op betrekkelijk weinig meetobjecten en metingen. Het betrouwbaarheidsinterval, gebaseerd op het gemiddelde van de metingen is daarom tamelijk breed. Bovendien bestaat het risico dat de richtlijnen in de tijd aan waarde verliezen door maatschappelijke ontwikkelingen en daardoor veranderend gebruik van gebouwen.

Om een betrouwbare schatting te maken van de MMV in andere dan bovengenoemde gebouwen is ervaring vereist. Zo kan het noodzakelijk zijn voor het logiesgedeelte van een hotel de MMV, berekend met de  $q\sqrt{n}$ -methode, te vermeerderen met een toeslag van bijvoorbeeld 40% voor een niet toeristisch hotel en bijvoorbeeld 70% voor een toeristisch hotel.

Aanbevolen wordt de MMV voor bijzondere gebouwen langs verschillende wegen te benaderen. Waterleidingbedrijven beschikken vaak over vergelijkmateriaal en hebben door meteropnamen inzicht in de jaar- en dagverbruiken van gelijksoortige projecten (Scheffer, 2000).

# 5 Ontwerpmethodes

In dit hoofdstuk worden de huidige gebruikelijke methoden om leidingen en binneninstallatie te ontwerpen beschreven. Voor de leidingdiameter is een van de belangrijkste gegevens de te verwachte (maximum) volumestroom. Methodes om deze te schatten zijn besproken in het vorige hoofdstuk. Hier wordt ingegaan op het ontwerpen van de binneninstallatie en het distributienet.

## 5.1 Binneninstallatie

### 5.1.1 Leidingdiameter

Leidingen in binneninstallaties lopen altijd vanaf het leveringspunt (de watermeter) naar de tappunten. Bij het ontwerp wordt rekening gehouden met:

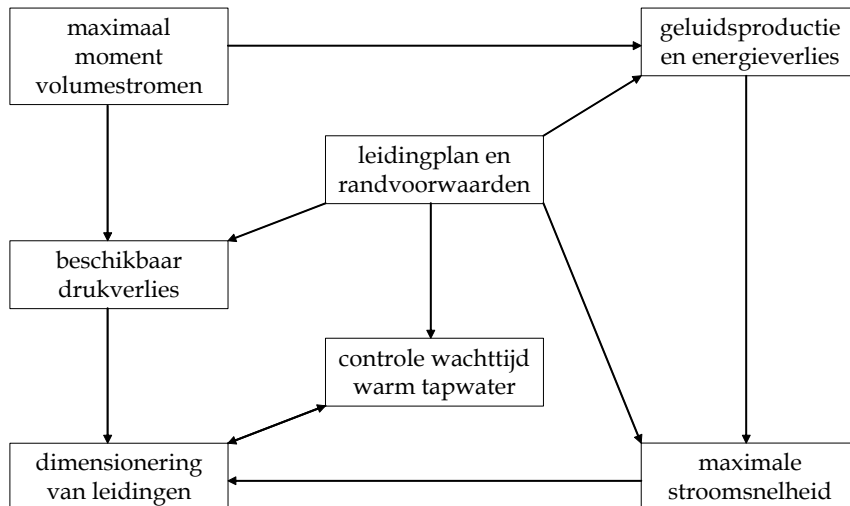
- het meest gunstige leidingverloop in verband met wachttijden van warm tapwater en water- en energieverlies;
- de groepenindeling van warm tapwater in verband met het beperken van onderlinge beïnvloeding en verkorten van de wachttijd en
- de locatie van warmteafgevend elementen en leidingen, zoals cv-leidingen, radiatoren en vloerverwarming om ongewenste opwarming te voorkomen.

In het algemeen geldt dat de kortste weg van het leveringspunt naar een willekeurig tappunt de beste leidingconfiguratie oplevert. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met de bouwkundige grenzen van de woning en de installatie-uitgangspunten, zoals onderlinge beïnvloeding van tappunten. Deze keuze van de kortste weg leidt tot:

- een minimaal materiaalverbruik;
- een leidingconfiguratie met de kleinste waterinhoud. De verblijftijd van het water in het leidingnet is dan kort, waardoor kwaliteitsvermindering tot een minimum wordt beperkt (ISSO, 2003, p.59).

Leidingen van binneninstallaties worden gedimensioneerd op basis van het beschikbare drukverlies of op basis van maximale stroomsnelheid. De maximale stroomsnelheid wordt daarbij bepaald op basis van de MMV en mogelijke geluidsproductie in de leidingen; zie Figuur 3. Afhankelijk van de toepassing centrale of decentrale warmwaterbereiding zijn door ISSO (2001a en 2003) en Scheffer (2000) voor ontwerpers diverse schema's en stappenplannen gepubliceerd. Indien het leidingsysteem onder te verdelen is in verschillende tracés is het meestal nodig voor verschillende tracés apart het drukverlies te berekenen. Met name de warmwaterleidingen en warmwaterbereidingsinstallaties verdienen daarbij aandacht.





*Figuur 3 Berekening van leidingdiameters voor binneninstallaties*

Scheffer (2000, p.112), ISSO (2001, p.76) en ISSO (2003a, p.68-73) bevatten op basis van Figuur 3 uitgewerkte stappenplannen ten behoeve van ontwerpers voor het bepalen van leidingdimensies. De volgende kentallen zijn in de gehanteerde systematiek en formules van belang: MMV, watertemperatuur (T), maximale snelheid ( $v_{\max}$ ), minimale gebruiksdruk voor maatgevende tappunten, maximale wachttijden voor warmwatertappunten en grootheden voor de leidingweerstand.

### 5.1.2 Warmwatervoorziening

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van gelijktijdigheidsklassen van warm water en wordt het verschil tussen een doorstroomtoestel en voorraadtoestel duidelijk gemaakt. Bij het ontwerpen van de warmwatervoorziening zijn deze twee dingen van belang. De eerste vraag die gesteld kan worden is "welke gelijktijdigheidsklasse wenst de klant?". Aan iedere hogere klasse hangt een hoger prijskaartje. Gelijktijdigheidsklasse I kan worden gerealiseerd met een doorstroomtoestel. Gelijktijdig gebruik van douche en keukenkraan (klasse IIa of IIb) kan worden bereikt door naast een doorstroomtoestel ook een keukenboiler (voorraadtoestel met beperkte capaciteit) te plaatsen. Voor hogere gelijktijdigheidsklassen is een voorraadtoestel als hoofdwarmwatervoorziening noodzakelijk. Voor het ontwerpen van de warmwatervoorziening zijn volumestroom en verbruikt volume per tijdseenheid van belang. Voor het schatten van volumestromen wordt momenteel gebruik gemaakt van de maximale volumestroom van de te installeren tappunten. De tijd die het kost om een volle voorraadtank van koud water op te warmen naar de maximale temperatuur, bijvoorbeeld 2 uur, noemen we de hersteltijd. De hoeveelheid warm water die wordt afgenomen in de hersteltijd bepaalt het volume van de

voorraadtank<sup>1</sup>. Op dit moment is het moeilijk om schattingen te maken voor het benodigde volume; na overleg met de klant wordt vaak een aanname gedaan. Voor het ontwerpen van met name voorraadtoestellen is meer inzicht nodig in tappatronen van warm water.

## 5.2 Distributienet

### 5.2.1 Dienstleidingen

Het belangrijkste ontwerp criterium voor het dimensioneren van dienstleidingen van woningen is de verwachte MMV. Deze wordt bepaald door:

- het aantal en de eigenschappen van de reguliere tappunten;
- het aantal en de eigenschappen van de aanwezige spoelkranen;
- de gelijktijdigheidsklassen voor het gebruik van warmtappunten en de bezettingsgraden bij woongebouwen;
- de aanwezige bluswatervoorzieningen en nooddouches en
- het continue gebruik.

### 5.2.2 Distributienetten en wijkhoofdstructuur

Vanaf omstreeks 1999 worden distributienetten ontworpen volgens nieuwe ontwerprichtlijnen. De voordelen hiervan zijn een betere waterkwaliteit in het distributienet en dat het net goedkoper is in aanleg en onderhoud.

In de volgende twee Kiwa-rapporten worden richtlijnen en concepten beschreven:

- Mesman en Trietsch, 2000. Ontwerprichtlijnen voor een vertakt leidingnet.
- Trietsch en Blokker, 2003. Ontwerpconcepten hoofdstructuur.

In de eerste publicatie wordt het ontwerp van een vertakt zelfreinigend leidingnet beschreven. Eigenschappen van een zelfreinigend net zijn:

- een éénduidige stromingsrichting;
- distributieleidingen met kleinere diameters en hogere snelheden waardoor de leidingen zelfreinigend zijn.

Het eindresultaat is een optimaal leidingnet waarbij de eisen en wensen van de verschillende gebruikers zo goed mogelijk op elkaar zijn afgestemd. Bij het inpassen van de bluswatervoorziening wordt namelijk rekening gehouden met de brandveiligheidseisen die aan de verschillende typen bebouwing worden gesteld.

In het tweede rapport worden de ontwerprichtlijnen voor distributienetten opgeschaald naar de hoofdstructuur van een (nieuwbouw)wijk. De hoofdstructuur wordt vermaasd aangelegd, in verband met leveringscontinuïteit. De essentie van de ontwerprichtlijn is een slimme opdeling in distributiesecties en aftakking hiervan naar de hoofdstructuur. Ook hier wordt vernauwing van leidingdiameters toegepast maar wordt tevens rekening gehouden met voldoende leveringsdruk tijdens storingen in het net; zie Tabel 20.

---

<sup>1</sup> Een elektrische boiler kan ook op nachtstroom worden gedraaid, dan is voor het volume van de tank van belang hoeveel warm water over de gehele dag wordt gebruikt.

Tabel 20 Procedure voor berekening van leidingdiameters in distributienetten en hoofdstructuur

procedure	methode	situatie
1. dimensioneren leiding	$q\sqrt{n}$ met correctie via dag- en droogjaarfactor	Q_maxuur/ gemdag
2. schaal op bij: a. te lage druk b. niet halen bluswatereis c. niet leveringszeker	$q\sqrt{n}$ of piekfactorenmethode	Q_maxuur/ maxdag/ droogjaar  Q_gemdag op dagbasis

Bij de berekening van leidingdiameters binnen het ontwerpproces wordt toegewerkt naar enerzijds een dagelijkse minimum snelheid van 0,4 m/s. Anderzijds dient bij een maximum verbruik dat gemiddeld eens in de 10 jaar optreedt nog voldoende druk aanwezig te zijn en kan de snelheid oplopen tot een bepaald maximum, bijvoorbeeld 1,5 m/s; zie Tabel 21.

Tabel 21 Methoden voor berekening van leidingdiameters in leidingnetten

methoden voor berekening van leidingdiameters	omschrijving criterium	kleinere structuur*	grotere structuur*
vertakte leidingnetten en hoofdstructuur (nieuwbouw)wijk	dagelijkse minimale snelheid 0,4 m/s via maximale verbruik op een gemiddelde dag	qvn met correctie via dag- en droogjaarfactor	piekfactorenmethode met correctie via dag- en droogjaarfactor
	drukverlies/ maximale snelheid via maximale verbruik op een maximumdag in een 'droog' jaar	qvn (+bluswatereis +leveringszekerheid)	piekfactorenmethode (+bluswatereis +continuïteit)
transportinfrastructuur	drukverlies/ maximale snelheid via maximale verbruik op een maximumdag in een 'droog' jaar	-	piekfactorenmethode

\* de overgang van kleinere naar grotere structuur is afhankelijk van het aantal aansluitingen op de voedende leidingen

### 5.2.3 Hoofd- en transportleidingen

Hoofd- en transportleidingen in een voorzieningsgebied worden veelal vermaasd uitgevoerd in verband met leveringscontinuïteit. Daar waar mogelijk wordt rekening gehouden met voeding vanaf meerdere pompstations.

Tijdens het ontwerp of een periodieke infrastructuurtoets wordt het transportnet doorgerekend en wordt de leveringsdruk gecontroleerd onder piekomsstandigheden en tijdens gesimuleerde storingen in het transportnet. De berekening van het drukverlies in een pieksituatie of calamiteit is gebaseerd op de piekfactorenmethode. Bij uitval van een hoofdelement van het drinkwatersysteem van een waterleidingbedrijf dient in de zwaartepunten van verbruik het resterende leveringsvermogen van het systeem op dagbasis groter te zijn dan 75% van de maximumdag.

# 6 Discussie

## 6.1 Bepalen van MMV

De  $q\sqrt{n}$ -methode heeft geen theoretische grondslag, waardoor de voorwaarden waaronder deze methode geldig is onbekend zijn. Metingen en resultaten van andere methoden wijzen er op dat er een onder- en bovengrens zijn aan het aantal tappunten waarbij de methode toegepast kan worden. Voor toepassingen bij de dimensionering van warmwaterleidingen en bij verkleinde kans op gelijktijdigheid worden correcties op de  $q\sqrt{n}$ -methode toegepast. Dit maakt deze methode niet doorzichtiger.

De piekfactorenmethode wordt met name bij de bepaling van de MMV van de grotere infrastructuur van een waterleidingnet toegepast. De piekfactoren kunnen per voorzieningsgebied relatief eenvoudig bepaald worden. De waarden van de piekfactoren vertonen echter wel grote verschillen binnen en tussen verschillende voorzieningsgebieden, en ook in de tijd kunnen deze sterk veranderen. De invloed van seizoen en verschillende gebruikers op de piekfactoren is niet gekwantificeerd.

Statistische en empirische methoden worden gebruikt voor het berekenen van de leidingdiameters van dienstleidingen en secties van binneninstallaties bij situaties anders dan woningen. Huidige richtlijnen voortkomend uit empirische methoden zijn vaak gebaseerd op betrekkelijk weinig meetobjecten en metingen. Het betrouwbaarheidsinterval, gebaseerd op het gemiddelde van de metingen is daarom tamelijk breed. Bovendien bestaat het risico dat de richtlijnen in de tijd aan waarde verliezen door maatschappelijke ontwikkelingen en daardoor veranderend gebruik van gebouwen.

## 6.2 Warm water

Voor woongebouwen met collectieve warmwatervoorziening, woningen met stadsverwarming of woningen met meer luxe is meer inzicht in warmwatertappatronen noodzakelijk.

## 6.3 Leidingdiameter

Volgens de nieuwe ontwerpconcepten is het van belang dat in een leiding minimaal één keer per dag een stroomsnelheid van 0,4 m/s wordt gehaald. De MMV is hiervoor geen geschikte parameter, dit is namelijk de maximale volumestroom die eens in de 10 jaar voorkomt. Door de MMV te delen door de bekende piekfactoren wordt als het goed is een gemiddelde maximale volumestroom per dag bepaald. Doordat piekfactoren worden aangenomen (op basis van een ander voorzieningsgebied) en pas achteraf gemeten kunnen worden is de vraag of dit wel de juiste oplossing geeft.

Metingen (Beuken en Schaap, 2002; Mul e.a., 2002) wijzen er ook op dat de MMV die bepaald is met de  $q\sqrt{n}$ -methode niet overeenkomt met de gemeten waarden. De oplossing om voor het distributienet het aantal tapeenheden per woning lager in te schatten lijkt niet gebaseerd te zijn op het werkelijk aantal tapeenheden.

Voor het bepalen van de minimale diameter is de MMV wel zeker van belang. Onduidelijk is of de  $q\sqrt{n}$ -methode hier voldoet. De reden hiervoor is dat met behulp van metingen een verificatie lastig is. Tijdens een meetperiode zal hoogstwaarschijnlijk niet de maximale volumestroom die eens in de 10 jaar optreedt worden gemeten. Bovendien zijn metingen tijdrovend en duur.

#### 6.4 Het model

De input voor het nieuw te ontwikkelen model, waar het de technische gegevens betreft, is weergegeven in Tabel 15. Het betreft hier nog veelal gemiddelden en onder voorwaarden van een gebruiksdruk van 100 kPa. Bovendien is niet altijd duidelijk wat de herkomst van de getallen is. Ook staan in deze tabel een aantal aannames van gedrag van mensen en een aantal lege velden. Het onderzoek naar waterverbruik thuis (Foekema en Engelsma, 2001) is hier een goede aanvulling op. O.a. is in dit onderzoek gevraagd de volumestroom te meten van een aantal tappunten bij normaal gebruik.

Het model moet rekening kunnen houden met de gewenste gelijktijdigheidsklasse. Dit betekent dat bij een woning met een gelijktijdigheidsklasse I er geen gelijktijdig gebruik van warm water is bij bijvoorbeeld de keukenkraan en de douche. De watermeter zal geen beperkende factor zal zijn voor de totale volumestroom zodat deze genegeerd kan worden in het model voor woningen.

De output van het model moet gebruikt kunnen worden bij het ontwerpen van leidingdiameters (in binneninstallatie en distributienet) en van warmwatertoestellen. Dit betekent dat inzicht verkregen moet worden in het gemiddelde en de verdeling van de volumestroom van 1 woning tot de volumestroom in een leiding in een straat welke meerdere woningen voedt en volumestromen in delen van woningen (bijv. specifiek de badkamer), voor zowel koud als warm water. Ook is inzicht gewenst in het totale volume water dat gebruikt wordt per tijdseenheid, eveneens voor zowel koud als warm water.

Voor de zelfreinigende werking van het leidingnet lijken niet alleen de snelheden in het leidingnet van belang. Metingen (Beuken en Schaap, 2002; Mul e.a., 2002) wijzen uit dat hoewel geen stroomsnelheden van 0,4 m/s werden gemeten er wel een zelfreinigende werking was. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat niet zozeer de snelheid van 0,4 m/s maatgevend is, maar veeleer de schuifspanningen. In distributieleidingen die slechts enkele woningen voeden zijn treden voortdurend versnellingen en vertragingen op, deze dragen zeker bij aan de schuifspanningen. Het model zal dus ook inzicht moeten geven in schuifspanningen.

Het grootste voordeel van het model zal zijn dat er meer inzicht komt in tappatronen. Er zal duidelijker gezien kunnen worden welke relaties er zijn tussen piekfactoren en bijvoorbeeld het seizoen (wanneer in de zomer iedereen de tuin sproeit en vaker doucht) en of de MMV van een woning inderdaad via een wortelfunctie samenhangt met het aantal tapeenheden (verificatie van de  $q\sqrt{n}$ -methode).

## 7 Literatuur

- Beuken, R.H.S., Schaap, P., 2002. *Validatie van de ontwerpsnelheid voor zelfreinigende distributienetten*, H2O #5. 2002.
- Blokker, E.J.M., 2003. *Haalbaarheidsstudie modelleren van afnamepatronen, beschrijving opbouw prototype*. Kiwa, Nieuwegein. BTO2003.026.
- Harteloh H., 1995a. *Variantenboek tapwaterinstallaties in woningen*. ISSO-VNI, Zoetermeer. ISSO/VNI-richtlijn 30-1.
- Harteloh H., 1995b. *Praktijkrichtlijn tapwaterinstallaties in woningen*. ISSO-VNI, Zoetermeer. ISSO/VNI-richtlijn 30-2.
- ISSO, 2000, contactgroep 43.1. *Handleiding legionella-preventie in leidingwater*. ISSO, Rotterdam, Publicatie 55.1.
- ISSO, 2001, contactgroep 43. *Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen*. ISSO, Rotterdam. Publicatie 55.
- ISSO, 2003a, contactgroep 62. *Leidingwaterinstallaties in woningen*. ISSO, Rotterdam. Publicatie 30.
- ISSO, 2003b. *Kleintje water*, ISSO, Rotterdam. ISSO-PG324.
- Foekema, H. en Engelsma, O., 2001. *Een ander consumptiepatroon (Het waterverbruik thuis 2000)*, A8324, NIPOAmsterdam, in opdracht van VEWIN.
- Kiwa, 1985, werkgroep momentane waterverbruiken. *Maximum momentane waterverbruiken*. Kiwa, Nieuwegein. Mededeling 93.
- Kiwa, 1990, werkgroep technische aspecten van warm water. *Technische aspecten van warmwatervoorzieningen*. Kiwa, Nieuwegein. Mededeling 110.
- Mesman G.A.M. en E.A. Trietsch, 2000. *Ontwerprichtlijnen voor een vertakt leidingnet*. Kiwa, Nieuwegein. BTO 2000.03.
- Mul, P.B., Van den Boomen, M., De Koning, M., 2002 *Een eerste evaluatie van een zelfreinigend leidingnet*, H2O #8. 2002.
- NEN, 1997 en herziening in 2001. *NEN 1006, Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties*. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- Scheffer W.J.H., 2000. *Het Ontwerpen van Sanitaire Installaties*. Elsevier bedrijfsinformatie bv., Doetinchem. 5<sup>e</sup> druk.
- Scheffer W.J.H., 2004a. *Kennis van tap- en afnamepatronen noodzakelijk; 'Hun ervaringen liggen boven alle berekening'*. Intech, maart 2004
- Scheffer W.J.H., 2004b. *Standaard formule met beperkte mogelijkheden; Tappatronen in leidingwaterinstallaties (2)*. Intech, april 2004
- Scheffer W.J.H., 2004c. *Gelijktijdig gebruik leidingwater in woning; Tappatronen in leidingwaterinstallaties (3)*. Intech, mei 2004
- Scheffer W.J.H., 2004d. *Spanningsveld tussen comfort en energiebewust ontwerpen; Tappatronen in leidingwaterinstallaties (4)*. Intech, juni 2004
- Scheffer W.J.H., 2004e. *Collectieve leidingnetten in woongebouwen; Tappatronen in leidingwaterinstallaties (5)*. Intech, juli/augustus 2004
- Trietsch, E.A. en E.J.M. Blokker, 2004. *Ontwerpconcepten hoofdstructuur*. Kiwa, Nieuwegein. BTO 2003.028.
- Verbeek, J., 1970. *Het ontwerpen, tekenen en berekenen van drinkwaterinstallaties, De Gelderlander-Vakpers*.
- VEWIN, 2000. *Werkbladen bij NEN 1006*. VEWIN, Rijswijk.
- [www.energielabel.nl](http://www.energielabel.nl), 2004. Informatie van website medio mei 2004.
- [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl), 2004. Informatie van website medio mei 2004.