

Leidingwaterinstallaties in woontorens

In Nederland verschijnen steeds meer woontorens. Deze compacte woonomgeving vormt een verrijking van de skyline, maar zorgt voor nieuwe uitdagingen in de bouw- en installatietechniek. Het bouwbesluit is van toepassing voor gebouwen lager dan 70 meter en geeft dus onvoldoende houvast. Met deze achtergrond is eind 2005 het Nationaal convenant hoogbouw ondertekend door onder andere UNETO/VNI en de TVVL. De afdeling ST van de TVVL heeft nu samen met UNETO-VNI het initiatief genomen om een nader onderzoek uit te voeren naar het ontwerpen van leidingwaterinstallaties voor woontorens. Dit artikel geeft een samenvatting van de bevindingen in het Technische Raad Rapport ST 23 van de TVVL.



Ir. M. van Bruggen

- door ir. M. van Bruggen*

We spreken van hoogbouw bij een gebouwhoogte van meer dan 70 meter. Er zijn verschillende aansprekende voorbeelden van woontorens gerealiseerd in Nederland, zoals het strijkijzer in Den Haag, of Montevideo in Rotterdam. De belangrijkste problematiek van het ontwerpen van leidingwaterinstallaties in woontorens is het hydraulisch ontwerp, het ontwerp van het drukverhogingssysteem. Het hydraulisch ontwerp dient er voor te zorgen dat de gebruiksdruk aan de tappunten niet te laag of te hoog is. Voor reguliere tappunten (normale douche, normale keukenkraan) is een minimale gebruiksdruk van 100 kPa nodig. Luxe comfortvoorzieningen hebben echter vaak hogere druk nodig om goed te functioneren. Vooral in de appartementen op de hoogste verdiepingen van woontorens kom je exclusieve tapwatervoorzieningen tegen. Daarom wordt een minimale gebruiksdruk van 200 kPa ter plekke van de woningaansluiting aanbevolen. Om geluidsoverlast te voorkomen wordt een maximale gebruiksdruk aan het tappunt aangehouden van 300 kPa. Omdat er altijd enig verlies

Tappunt	Appartementsaansluiting
Gebruiksdruk > 100 kPa	Gebruiksdruk > 200 kPa
Gebruiksdruk < 300 kPa	Statische druk < 400 kPa

Richtlijnen voor het ontwerpen van de drukverhogingsinstallatie: Minimale gebruiksdruk en maximale statische druk bij de appartementsaansluiting.

- TABEL 1 -

Ontwerp stroomsnelheid stijgleiding	Ontwerpleidingverliezen
1 m/ s	0,25 kPa/ m
1,5 m/ s	0,6 kPa/ m
2 m/ s	1,25 kPa/ m
Dit betreft enkel de leidingverliezen, dus niet de plaatselijke weerstanden door appendages en toestellen of het drukverlies door hoogteverschillen. De leidingverliezen in de woninginstallatie kunnen aanzienlijk groter zijn.	

Richtlijnen voor leidingverliezen in verdeelleidingen van collectieve installaties bij woontorens.

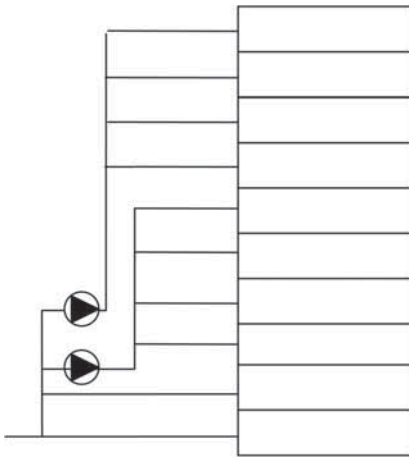
- TABEL 2 -

optreedt in het leidingsysteem, wordt een maximale statische druk aan de woningaansluiting van 400 kPa aanbevolen. In tabel 1 is deze vertaling van eisen aan het tappunt naar eisen aan de woning- (of appartement) aansluiting weergegeven. Hiermee liggen de belangrijkste ontwerpuitgangspunten voor het hydraulisch ontwerp vast: minimale gebruiksdruk van 200 kPa,

maximale statische druk van 400 kPa bij de woningaansluiting.

Voor het ontwerp van het drukverhogingssysteem moeten we ook een inschatting maken van de leidingverliezen in de verdeelleiding (de stijgstrang) van de collectieve installatie. Hiervoor

*De Energiemanager, Amsterdam



Schematische weergave van het ontwerp van het drukverhogingssysteem.

- FIGUUR 1 -

kunnen de richtwaarden uit tabel 2 worden aangehouden.

HUIDIGE PRAKTIJK

In het kader van het onderzoek is bij een drietal woontorens onderzocht hoe de leidingwaterinstallaties zijn gerealiseerd. In de onderzochte gebouwen wordt er per drukzone een drukverhogingsinstallatie gebruikt. Drukreduceertoestellen worden enkel gebruikt om de druk na de drukverhogingsinstallatie te stabiliseren, dus niet om de druk substantieel te verlagen. In figuur 1 is schematische de opzet van het drukverhogingssysteem in de onderzochte gebouwen weergegeven.

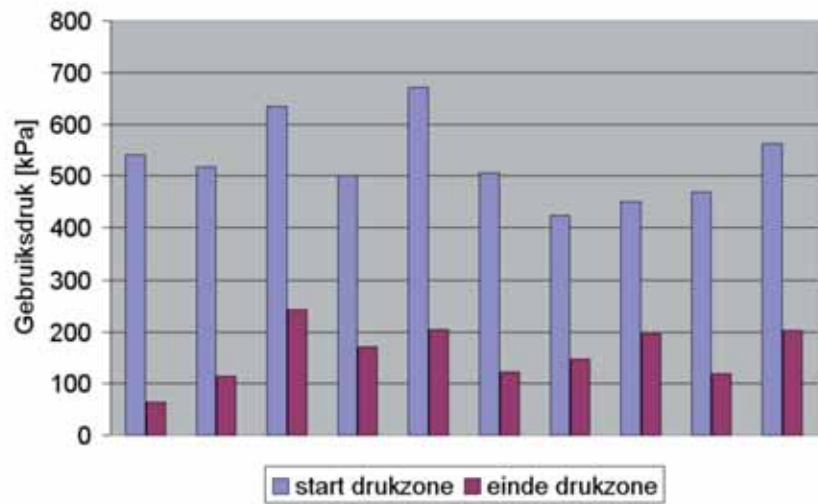
In figuur 2 is van de drukzones in de onderzochte gebouwen de maximale gebruiksdruk (bij de start van de drukzone) en de minimale gebruiksdruk (bij het eind van de drukzone) gegeven. We zien dat de minimale gebruiksdruk meestal lager is dan 200 kPa en de maximale gebruiksdruk altijd hoger dan 300 kPa. In alle gevallen wordt de maximale gebruiksdruk van 300 kPa fors overschreden en in veel gevallen zullen de minimale gebruiksdrukken niet voldoende zijn voor luxe tapwatervoorzieningen.

ONTWERP

Gegeven de gewenste minimale gebruiksdruk bij de woningaansluiting van 200 kPa en de maximale statische druk van 400 kPa bij de woningaansluiting is de hoogte van de drukzone gelijk aan:

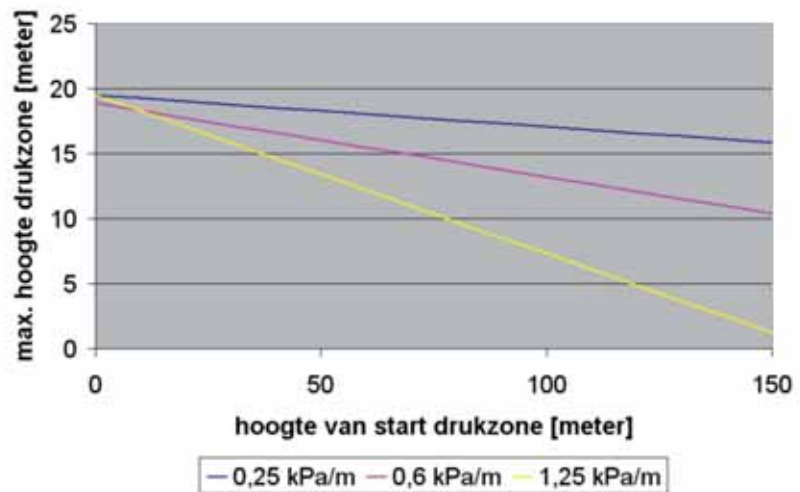
$$h = \frac{p_{stat,max} - p_{dyn,min} - h1 * \Delta p_{dyn}}{10 + \Delta p_{dyn}}$$

Opvallend is dat in deze formule ook de hoogte van de start van de druk-



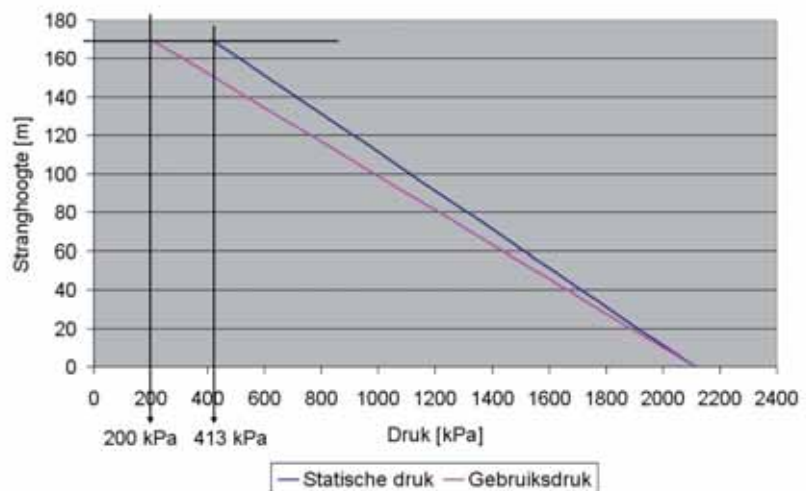
Gebruiksdruk bij start van de drukzone en einde van de drukzone bij onderzochte praktijksituaties.

- FIGUUR 2 -



Relatie tussen hoogte van de drukzone en de hoogte van de start van de drukzone.

- FIGUUR 3 -



Bij grote stijghoogten kan het verschil tussen statische druk en gebruiksdruck te groot worden. Er is dan geen drukzone mogelijk die aan alle randvoorwaarden voldoet.

- FIGUUR 4 -

zone (h1) ten opzichte van de drukverhogingsinstallatie een belangrijke rol speelt. Bij het gebruik van deze berekeningswijze zal de maximale hoogte van de drukzone kleiner zijn naarmate de drukzone hoger gelegen is. Ook de

grootte van de leidingverliezen spelen een grote rol bij de maximale hoogte van de drukzone. Dit is in figuur 3 weergegeven. De afnemende hoogte van de drukzone wordt veroorzaakt doordat

het verschil tussen gebruiksdruk en statische druk steeds groter wordt naarmate men hoger in het gebouw komt, zie figuur 4. Het beperken van het drukverlies in de leidingen, bijvoorbeeld door het kiezen van een lagere ontwerpstroomsnelheid in de verdeelleiding vergroot de ontwerpflexibiliteit.

Uit bovenstaande zal duidelijk zijn geworden dat het vrijwel niet mogelijk is om voor hoge woongebouwen goed functionerende drukverhogingssyste- men te maken, zonder gebruik te maken van drukreducertoestellen. Door het strategisch plaatsen van een drukreducertoestel aan de start van een drukzone hoog in het gebouw wordt op dat punt de gebruiksdruk en statische druk weer dicht- er bij elkaar gebracht, waardoor er weer meer 'ruimte' is voor de drukzone, zie ook figuur 5.

De formule voor de hoogte van de drukzone is dan:

$$h = \frac{P_{stat;max} - P_{dyn;min} - \Delta p_{dyn;drukreducer} }{10 + \Delta p_{dyn}}$$

Waarin:

H: De maximale hoogte van de druk- zone m.

$P_{stat;max}$: De maximale statische druk kPa.

$P_{dyn;min}$: minimale gebruiksdruk kPa.

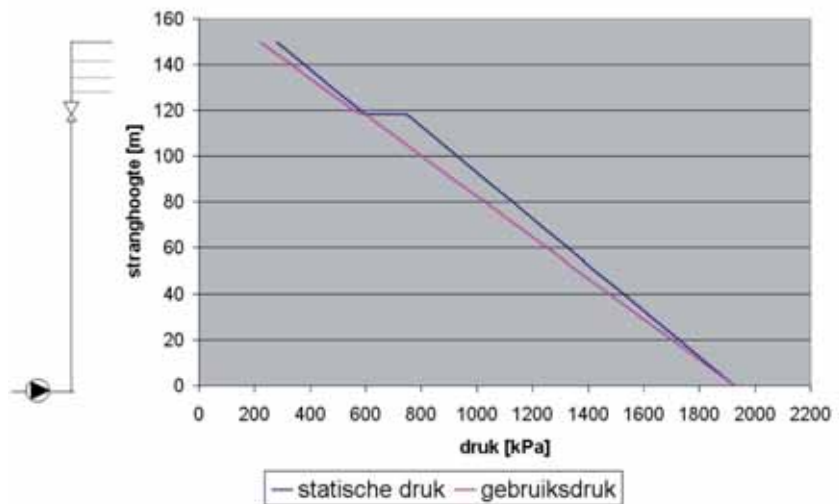
Δp_{dyn} : De gemiddelde wrijvingsverlie- zen per meter hoogteverschil kPa/m.

$\Delta p_{dyn;drukreducer}$: Het wrijvingsverlies over het drukreducertoestel.

De consequentie is dan wel dat er de drukverhogingsinstallatie een iets hogere druk zal moeten leveren.

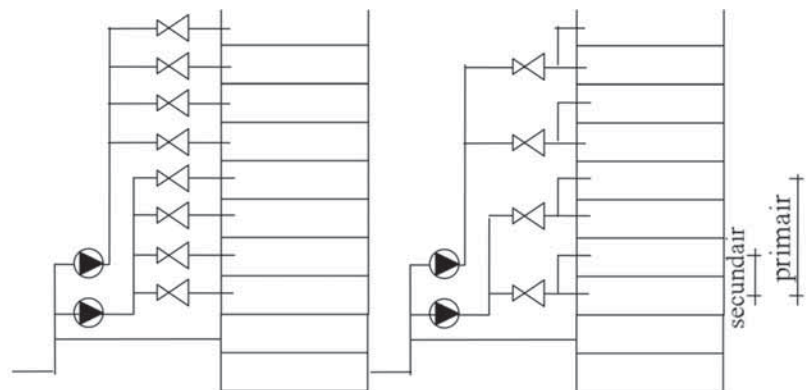
Vullen we de formule in met een maximale statische druk van 400 kPa, een minimale gebruiksdruk van 200 kPa, leidingverliezen van 0,6 kPa/m en een maximaal drukverlies over het drukreducertoestel van 40 kPa, dan wordt de maximale hoogte van de drukzone 16 meter.

Ook door het plaatsen van een extra drukreducertoestel zal de hoogte van de drukzone niet groter dan 15 à 20 meter kunnen zijn (afhankelijk van het drukverlies over het drukreducertoestel). Dus waarom dan geen drukre- ducertoestel per groep verdiepingen of zelfs per verdieping? Deze situatie is



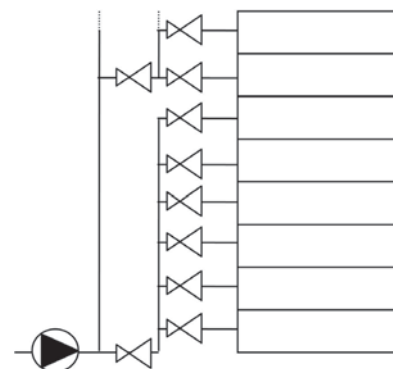
Door het plaatsen van een drukreducertoestel aan de start van de hogere drukzone kan deze drukzone hoger worden.

- FIGUUR 5 -



Drukreducertoestel per verdieping of groep van verdiepingen.

- FIGUUR 6 -



De gewenste druk per appartement gerealiseerd met één drukverhogingsinstallatie en drukreducertoestellen.

- FIGUUR 7 -

Type appartement	Gezins- samenstelling	Opp. [m ²]	Aantal kamers	Te	
				koud	warm
studio	student of één werkende	50	1	12	2
luxe tweekamer appartement	één persoon of tweeverdieners 1.7 werkend	100	2	30	9
driekamer appartement 120 m ²	gezin + klein kind 1.2 werkend	120	3	20	5
driekamer appartement 160 m ²	tweeverdieners + ouder kind 1.6 werkend	160	3	40	12
luxe vierkamer appartement	gezin met tieners 1.3 werkend	250-300	4	40	12
senioren appartement	één of twee senioren	120	3	17	2

weergegeven in figuur 6.

De maximale statische druk van 400 kPa is nu niet meer bepalend. Met het drukreducertoestel is immers deze druk per verdieping of per appartement in te stellen. De maximale druk die nu bepalend wordt is de maximale druk vòòr het onderste drukreducertoestel van de drukzone. Deze maximale statische druk is 600 kPa omdat bij een defect drukreducertoestel nooit meer dan 600 kPa op de woningaansluiting mag komen te staan. De hoogte van de drukzone kan worden bepaald met formule 2. Waarbij voor de maximale statische druk 600 kPa wordt aangehouden. Bij dezelfde uitgangspunten wordt de hoogte van de drukzone gelijk aan 35 meter. Als we nog een stap verder gaan, gaan we uit van één enkele drukverhogingsinstallatie, de druk wordt overal gereduceerd tot de gewenste gebruiksdruk. In figuur 7 is deze situatie weergegeven. Met de drukreducertoestellen wordt een verdeling gemaakt in primaire drukzones. Dit wordt gedaan om er voor te zorgen dat bij een defect drukreducertoestel de druk op de woningaansluiting niet groter kan worden dan 600 kPa. De hoogte van de (secundaire) drukzone kan weer worden berekend met formule 2. Dit kan eventueel ook worden gerealiseerd met veiligheidsventielen voor de woninginstallatie, zoals is weergegeven in figuur 8, concept 2. Aan het toepassen van veiligheidsventielen in deze situatie kleven echter ook bezwaren, zoals het droogvallen van het stankslot. In het rapport ST23 'Leidingwaterinstallaties in woontorens' worden al deze drukverhogingsconcepten uitgebreid beschreven en wordt met handige

rekenschema's de berekeningswijze toegelicht.

ENERGIEGEBRUIK

Elk drukreducertoestel zorgt voor energievervalsing. Vanuit dat oogpunt zal de toepassing van drukreducertoestellen moeten worden geminimaliseerd. Het ontwerp van de leidingwaterinstallatie is echter een afweging tussen comfort en flexibiliteit bij de eindgebruiker, het plaatsten van een extra drukverhogingsinstallatie en het energiegebruik. In de rapportage ST23 is een vergelijking gemaakt tussen de twee extreme situaties, zoals gegeven in figuur 8.

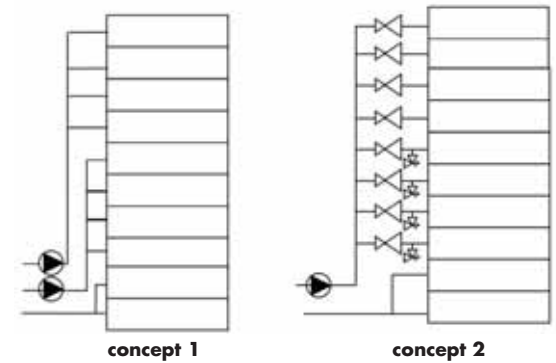
Uit de berekeningen blijkt dat voor concept 2 uit figuur 8 ongeveer een kwart meer energie nodig is.

VOLUMESTROMEN

Voor het bepalen van de maximale momentvolumestromen koud water, warmtapwater en warmtapwaterbereiders met een voorraad in woontorens, zijn in opdracht van UNETO-VNI door KWR (Watercycle Research Institute) rekenregels vastgesteld. Dit is gebeurd met het simulatiemodel SIMDEUM®. De rekenregels zijn vastgesteld voor woontorens, die zijn opgebouwd uit appartementen met verschillende woningtypologieën. Deze woningtypologieën worden eerst beschreven waarna de rekenregels worden beschreven. Een volledige beschrijving van de berekeningen van KWR is gegeven in het rapport 'Rekenregels voor watergebruik in woontorens'.

WONINGTYPOLOGIEËN

Er zijn een zestal woningtypologieën vastgesteld. Deze typologieën zijn on-



Twee drukverhogingsconcepten waarvoor het energiegebruik is vergeleken.

- FIGUUR 8 -

der andere gebaseerd op een inventarisatie van de woningplattegronden bij een viertal woontorens. De woningtypologieën worden gekenmerkt door:

- de aanwezige sanitaire toestellen;
- bewonersklasse: aantal personen, leeftijd en sekse;
- mate van arbeidsparticipatie.

In tabel 3 is een overzicht gegeven van de woningtypologieën. De oppervlakte en het aantal kamers zijn hierbij ter indicatie vermeld. Deze hebben (in de berekening) geen directe invloed op de maximale momentvolumestromen.

Rekenregels maximale momentvolumestromen

De rekenregels hebben betrekking op het bepalen van de maximale momentvolumestromen en de behoefte warmtapwater. Dit betreffen:
 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 warmtapwater-volume in 10 minuten in l
 MWW₆₀= maximum warmtapwater-volume in 60 minuten in l
 MWW₁₂₀= maximum warmtapwater-volume in 120 minuten in l
 MWW_{dag}= maximum warmtapwater-volume per dag in l

Op basis van de analyses met het programma SIMDEUM® zijn relaties afgeleid per type appartement. De algemene relatie die kan worden gehanteerd is:

Waarin:

$$X = p_1 + p_2 * \sqrt{n} + p_3 * n$$

Woningtypologieën voor het bepalen van de maximale momentvolumestromen en de behoefte warmtapwater.

- TABEL 3 -

Binneninstallatie						
toilet	douche	bad	wastafel	keuken	afwas-machine	was-machine
1	1 standaard	-	1	1	< gem. ^b	1
2	50% comfort 50% spaar	1	2	1	> gem.	1
2	1 standaard	1	2	1	gem.	1
2	1 comfort 1 standaard	1	3	1	> gem.	1
3	1 comfort 1 standaard	groot bad	3	1	> gem.	1
1	1 standaard	-	2	1	gem.	1

X: Waterverbruik (bij MMV: l/s, MWW_{10;60;120;dag}: liter)
N: aantal appartementen van het betreffende type.

P₁, P₂, P₃: parameters, afhankelijk van de te berekenen X.

Deze formule is van toepassing indien de maximale momentvolumestromen (MMV) en maximum warmwater-volume (MWW) van een variërend aantal van hetzelfde type appartement wordt bepaald. Indien de MMV en MWW van verschillende typen appartementen zoals in een woontoren bij elkaar moet worden bepaald, kunnen de resultaten voor de individuele typen niet zonder meer bij elkaar worden opgeteld. In dit geval wordt er een extra correctiefactor geïntroduceerd. De correctiefactor wordt gegeven door:

waarin:

$$f_X = r_1 \cdot (n)^{r_2}$$

f_X = correctiefactor voor een bepaalde grootte van het waterverbruik (MMV_{koud}, MMV_{warm}, MWW₁₀, MWW₆₀, MWW₁₂₀ of MWW_{dag})
n = aantal appartementen van één type
r₁, r₂ = parameters in de vergelijking om correctiefactor te voorspellen

Deze correctiefactor moet worden gecorrigeerd voor het aantal verschillende types appartementen:
waarin:

$$f_{X,cor} = (0.2 \cdot f_X - 0.2) \cdot n_{type} + 1.2 - 0.2 \cdot f_X$$

f_{X,cor} = voor het aantal types appartementen gecorrigeerde correctiefactor voor een bepaalde grootte van het waterverbruik (MMV_{koud}, MMV_{warm}, MWW₁₀, MWW₆₀, MWW₁₂₀ of MWW_{dag})
f_X = correctiefactor voor een bepaalde grootte van het waterverbruik (MMV_{koud}, MMV_{warm}, MWW₁₀, MWW₆₀, MWW₁₂₀ of MWW_{dag})
n_{type} = aantal verschillende types appartementen in de woontoren

De rekenregels voor het waterverbruik van een woontoren worden verkregen door de relaties voor de type appartementen te combineren met de correctiefactoren. In de rekenregels wordt het waterverbruik voor elk type appartement berekend, gecorrigeerd voor het aantal appartementen van dit type en voor het aantal typen in

Woontoren-invoer		
	Aantal in woontoren	
Studio	24	
luxe tweekamer appartement	140	
driekamer appartement van 120 m ²		
driekamer appartement van 160 m ²	20	
luxe vierkamer appartement	4	
senior appartement van 120 m ²		
Waterverbruik		
MMV koud	4,37	(liter per seconde)
MMV warm	2,24	(liter per seconde)
MW W in 10 minuten	1.007	(liter)
MW W in 60 minuten	3.728	(liter)
MW W in 120 minuten	5.913	(liter)
MW W in een dag	20.813	(liter)

Berekening van maximale momentvolumestromen en behoefte warmtapwater met KWR rekenregels met behulp van spreadsheet.

- FIGUUR 9 -

de woontoren. Ten slotte worden deze gecorrigeerde waterverbruiken voor alle typen appartementen bij elkaar opgeteld.

Met de rekenregels kan voor elke willekeurige woontoren de verschillende variabelen voor het waterverbruik worden berekend.

Deze berekening kan worden uitgevoerd met behulp van een spreadsheet, zie bijvoorbeeld figuur 9.

In vergelijking tot de q[√]n-methode zullen de KWR-rekenregels tot lagere maximale momentvolumestromen komen. De q[√]n voorziet niet in de berekening van de behoefte warmtapwater, de KWR rekenregels wel.

De rekenregels zijn gevalideerd aan de hand van de resultaten van het model SIMDEUM®. Daaruit kan worden geconcludeerd dat de rekenregels een goede benadering zijn van de resultaten van het simulatiemodel. De rekenregels kunnen echter de resultaten enigszins overschatten en onderschatten. Voordat de rekenregels als ontwerpcriterium kunnen worden gebruikt, zullen de consequenties hiervan voor het ontwerp helder moeten zijn.

De rekenregels zijn niet gevalideerd aan de hand van praktijkmetingen. In een vervolgonderzoek kan de validatie met praktijkmetingen worden uitgewerkt.

CONCLUSIES

In het onderzoek ST23 'leidingwaterinstallaties in woontorens' is een uitgebreide verkenning gedaan naar de mogelijkheden voor drukverhoging bij hoge woongebouwen. Het blijkt dat in de huidige installatiepraktijk de hoogte van drukzones vaak te groot wordt gekozen, zodat niet in alle gevallen een goed werkende woninginstallatie is te garanderen. Indien er van uit wordt gegaan dat de minimale gebruiksdruk bij een woningaansluiting 200 kPa moet zijn en dat de maximale statische druk 400 kPa mag zijn, dan zijn de mogelijkheden voor het creëren van drukzones beperkt. Door slim gebruik van drukreductietoestellen worden de ontwerp mogelijkheden vergroot. In het onderzoeksrapport ST23 'Leidingwaterinstallaties in woontorens' wordt op alle facetten van het ontwerp van de leidinginstallatie gedetailleerd ingegaan. Met concrete voorbeelden en heldere berekeningsschema's worden de mogelijkheden en berekeningsmethodieken geïllustreerd.

Voor het bepalen van de maximale momentvolumestromen blijkt in de praktijk vaak dat de q[√]n-methode een overschatting geeft van de volumestromen. De q[√]n-methode geeft ook geen houvast voor het bepalen van het benodigde volume warmwater. De in het project ST23 'Leidingwaterin-