

Berekening en ontwerp van een distributienet in een stadswijk

Inleiding

Van de prijs van het water, zoals deze door het waterleidingbedrijf aan zijn afnemers wordt toegerekend, hebben de distributiekosten altijd een belangrijk aandeel uitgemaakt. Ook thans, ondanks de stijgende produktiekosten, is dat nog het geval. Bij een stedelijk bedrijf kan het aandeel in de totale kostprijs altijd nog op 30 à 40 % worden gesteld, terwijl bij streekvoorzieningen dit hoger ligt en in orde van grootte 60 à 70 % bedraagt.

Over de berekening en het ontwerp van het distributienet van een stadsdeel of een stadswijk zou dan ook uitgebreide literatuur voorhanden moeten zijn. Niets is minder waar; handboeken wijden meestal nauwelijks enige aandacht aan dit onderwerp. In de praktijk wordt wel gewerkt met de omstreeks 1936 ontstane methode Hardy Cross. De laatste jaren is het mogelijk geworden om met behulp van de computer deze berekening sneller uit te voeren, terwijl tevens de mogelijkheid is geopend om alternatieve oplossingen praktisch gelijktijdig uit te voeren en onderling te vergelijken, waardoor betere resultaten kunnen worden bereikt. In de essentiële basisgegevens, waarop de methode stoelt, is nimmer wijziging gekomen, terwijl ook de verdere basisproblematiek weinig is geordend. Het is daarom wellicht nuttig kennis te nemen van de bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage ontwikkelde praktische equivalentiemethode ten behoeve van de berekening van een dergelijk leidingnet, vooral omdat bij deze methode meer aandacht wordt geschonken aan het economische ontwerp, alsmede aan verbruikshoeveelheden die afhankelijk worden gesteld van het aantal van water te voorziene woningen.

Naast de berekening is er tevens behoefte enige aandacht aan het ontwerp van dat net te schenken.

Definities

Alvorens nader tot de beschouwingen over te gaan, is het nuttig enkele begrippen nader te omschrijven. Bij de opzet van een stedelijk distributienet zijn twee soorten leidingen nodig.

a. De transportleidingen

Dit zijn de leidingen, die het water van het pompstation naar een bepaald stadsdeel transporteren. Normaliter zijn er geen verbruikers op aangesloten. Het zijn over het algemeen leidingen van grote diameter (bijvoorbeeld groter dan \varnothing 300 mm - \varnothing 400 mm).

b. De hoofdleidingen

Dit zijn de leidingen, die het water straatsgewijs over de verschillende verbruikers verdelen. Alle van water te voorziene percelen worden erop aangesloten. De leidingdiameters liggen meestal in de grootte-orde \varnothing 100 - 300 mm.

Onder een *district* wordt tenslotte verstaan dat deel van het transportleidingnet of van het hoofdleidingnet, dat door het sluiten van een aantal afsluiters buiten dienst kan worden gesteld.

Basisgegevens voor de berekening

Bij de berekening van het leidingnet spelen in eerste instantie twee factoren een rol: de druk van het water en de momentane hoeveelheid te transporteren water.

Druk en verbruik

Het waterleidingbedrijf dient een zodanige druk te onderhouden, dat in normale situaties gedurende 24 uur per dag een voldoende hoeveelheid water aan de afnemer kan worden geleverd. Een redelijke waarde voor de minimaal toegestane druk is 10 m boven het hoogste, maatbepalende tappunt dat in de stadswijk is gelegen en dat direct — zonder drukverhoging — moet worden voorzien.

Ten aanzien van de hoeveelheid water liggen de problemen minder eenvoudig. Als basis voor de bepaling ervan dient te worden uitgegaan van het bekend zijn van de uitbreidingsplannen, bevolkingsprognoses, industrievestigingen e.d. Het is overigens nuttig deze hoeveelheid water naar het soort verbruik verder onder te verdelen als volgt:

- a. huishoudelijk verbruik;
- b. industrieel verbruik;
- c. verbruik voor brandblusdoeleinden.

Leidingnetten hebben meestal een lange levensduur, de afschrijvingstermijn bedraagt vaak circa 40 jaar. Het is derhalve noodzakelijk zich een oordeel te vormen over de waterverbruiken, die over dat net zullen moeten worden geleverd over tenminste een aantal decennia.

Het huishoudelijk verbruik

De bepaling van het huishoudelijk verbruik over enkele tientallen jaren is op zich reeds een moeilijke opgave. Immers het verbruik in een woning hangt van zoveel factoren af, zoals

1. het aantal personen in de woning;
2. het aantal tappunten;
3. de soort tappunten (bad, tuin, spoelkraan);
4. de welstand van de bewoners;
5. de levensgewoonten van de bewoners (baden en wassen);
6. het weer;
7. de aanwezigheid van een meter;
8. de prijs van het water;
9. de stand van de sanitaire techniek (de mate van mechanisatie van de keuken bijvoorbeeld).

Op grond van het bovenstaande mag reeds worden gesteld, dat het ramen van het toekomstige, huishoudelijke verbruik slechts op globale wijze kan geschieden. Dit heeft tot gevolg, dat de berekening van een net dan ook niet met de allergrootste nauwkeurigheid behoeft te geschieden.

Het industrieel verbruik

De raming van het industriële verbruik is zo mogelijk

nog moeilijker, maar ook hiervan zal een redelijke, dus globale schatting dienen te worden gemaakt. Er zal rekening moeten worden gehouden met het feit, dat van grondwater zal worden overgeschakeld naar leidingwater, terwijl de verbruikshoeveelheden benodigd voor proceswater afhankelijk zullen blijken te zijn van de prijs van het water etc. Bij de bepaling van het industriële verbruik zal om deze redenen met ruimere marges dienen te worden gewerkt dan bij het huishoudelijk verbruik het geval is.

De ramingen voor het huishoudelijke en industriële verbruik te zamen verschaffen tenslotte inzicht in het over het betreffende net te leveren jaarverbruik.

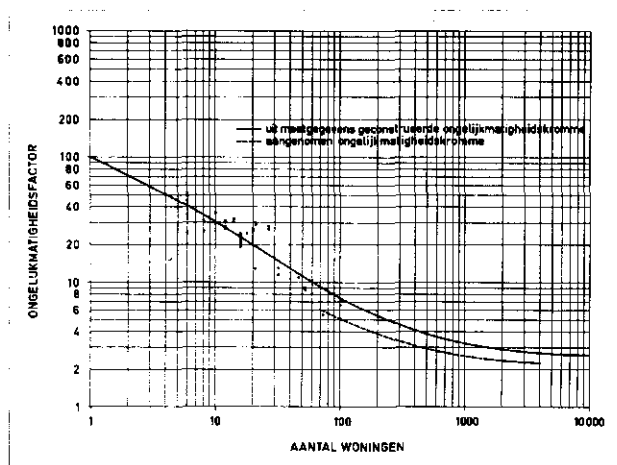
Op het verbruik voor brandblusdoeleinden wordt naderhand teruggekomen.

De capaciteit van het net

De capaciteit van het hoofdleidingnet dient, zoals gesteld, zo groot te worden gekozen, dat onder alle omstandigheden en te allen tijde water onder voldoende druk kan worden geleverd. Het stelsel moet derhalve worden berekend op het te verwachten maximale momentverbruik, uit te drukken in m³/h. De factor, die daarbij een rol speelt, wordt aangeduid als de distributieongelijkmatigheidsfactor ($D_{o,t}$), waaronder wordt verstaan de verhouding van het optredende maximale momentverbruik tot het gemiddelde uurverbruik over het gehele jaar. Naarmate het aantal percelen toeneemt, neemt deze ongelijkmatigheidsfactor af. Voor de gehele stad ligt de waarde meestal tussen 2 en 3, voor één doorsnee-woning zal deze waarde ongeveer 100 bedragen. Op grond van een — overigens betrekkelijk klein — aantal metingen kan voor het Haagse voorzieningsgebied de huidige afhankelijkheid van de $D_{o,t}$ en het aantal woningen in een grafiek worden vastgelegd (zie afb. 1).

Voor de ontwerpverbruiken, waarop de berekening van het leidingnet dient te worden gebaseerd, zal een ongelijkmatigheidskromme moeten worden geschat. Daarbij kan rekening worden gehouden met het feit, dat de ongelijkmatigheidsfactor zich zal wijzigen. De laatste jaren is een afnemende tendens waarneembaar. De oorzaak moet worden gezocht in de toenemende waterbesparing. Deze bestaat uit twee delen, namelijk een toename van het aantal tappunten (douches, baden, wasmachines) in

Afb. 1 - Het verband tussen de ongelijkmatigheidsfactor en het aantal woningen.



de woning en verder het toenemend verbruik over de bestaande tapgelegenheden (meerdere malen douchen e.d.).

Beide factoren te zamen leiden tot een verlaging van de ongelijkmatigheidsfactor, die behoort bij een beperkt aantal woningen. Of deze stelling te allen tijde juist is, moet bij gebrek aan een voldoende aantal metingen nog worden afgewacht. Het is namelijk niet onmogelijk, dat het maximale momentverbruik in een woning belangrijk zou kunnen stijgen door de invoering van automatische wasmachines en vaatwasmachines. Hoe dan ook, de ontwerper van een leidingnet zal zijn keus moeten bepalen. Voor het Haagse bedrijf is voor zijn berekeningen een ongelijkmatigheidskromme aangenomen, zoals in afb. 1 nader met een streeplijn is aangegeven. Met behulp van deze lijn kan, uitgaande van een aangenomen gemiddelde woonbezetting, de maatgevende pieklast worden berekend, die bij een vastgesteld aantal woningen behoort. Nu niet alleen de jaarverbruiken, maar ook de momentane onttrekkingen zijn vastgesteld, resteert nog de keuze van de diameter.

Leidingdiameters en economie

Hoewel het hoofdleidingnet in feite een lage bezettingsgraad heeft — het is slechts enkele uren per jaar maximaal belast — dient naast de technische aspecten aandacht te worden geschonken aan de economische mogelijkheden. Bij de keuze van de diameter van de verschillende delen van het hoofdleidingnet dient tevens rekening te worden gehouden met de energiekosten. Een grotere diameter van de buis leidt tot hoge investeringskosten. Een grotere diameter van de buis leidt tot hoge investeringskosten, maar heeft tot gevolg, dat minder drukverlies zal optreden. Ook het omgekeerde is het geval. Gezocht dient te worden naar de minimale kosten.

Uitgaande van de formule $C = b + aD$ (waarin C de aanlegkosten in guldens/m', D de diameter in m en a en b constanten zijn), die bij benadering geldt voor buizen van het hoofdleidingnet van $\varnothing 100$ tot $\varnothing 300$ mm en de formule van Chezy kan worden berekend, dat bij een gelijkmatige onttrekking (over het gehele jaar gezien) een leidingnet economisch verantwoord is gedimensioneerd, indien het aan de volgende voorwaarde voldoet:

$$V_0 = 0,11 \sqrt[3]{\frac{a \eta}{\delta e}} \text{ mm/sec.*} \quad (1)$$

Hierin is V_0 de beginsnelheid in het leidingnet (dat is de snelheid die behoort bij Q_0 , het beginverbruik, ofwel het verbruik in het eerste jaar van de beschouwde periode), a de constante uit de formule $b + aD$, η het rendement van pompen en motoren, e de kWh-prijs in guldens, terwijl δ (het deel van de formule, dat de samengestelde interest voorstelt) aan de volgende formule voldoet:

$$\delta = \frac{(1 + 3 \alpha - \beta)^{n+1} - (1 + 3 \alpha - \beta)}{3 \alpha - \beta}, \text{ waarin}$$

α de jaarlijkse toename van het verbruik in procenten bedraagt en β de rentevoet is, n het aantal jaren van de beschouwde periode.

*) Een uitvoerige beschouwing, waarop deze en volgende formules zijn gebaseerd voert in het bestek van dit artikel te ver.

De diameter van een leidingdeel kan worden berekend met de bijbehorende formule

$$D = 0,055 \sqrt[6]{\frac{\delta e}{a \eta}} Q_0^3 \quad (2)$$

Hierin is Q_0 het beginverbruik in m^3/h .

In werkelijkheid varieert de hoeveelheid met de tijd in een bepaald jaar. De eenvoudigste oplossing is dan een ideale afvoer Q_1 te bepalen, zodanig dat de totale kosten bij constante afvoer Q_1 dezelfde zijn als bij variabele afvoer $Q(t)$. Dit leidt tot de vergelijking

$$Q_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{T} \int_0^T Q^3 dt} = \alpha Q_{gem}$$

In de praktijk kan het probleem in tweeën worden gesplitst:

- wat is de invloed van de uurongelijkmatigheid over de dag?
- wat is de invloed van de dagongelijkmatigheid over het jaar?

Voor het Haagse bedrijf is — om de gedachte te bepalen — deze waarde:

$$Q_1 = 1,20 Q_{gem}$$

Deze waarde komt geheel voort uit de invloed van de uurongelijkmatigheid over de dag; de invloed van de dagongelijkmatigheid over het jaar bleek voor het Haagse bedrijf te verwaarlozen klein. Eén en ander betekent dat in vorenstaande formules Q_0 met de factor 1,20 dient te worden vermenigvuldigd om de meest economische diameter, resp. de meest economische ontwerpspanning voor het hoofdleidingnet te verkrijgen.

Gesubstitueerd in de formules (1) en (2) leidt dit tot de volgende ontwerpformules voor het Haagse leidingnet:

$$V_0 = 0,1 \sqrt[3]{\frac{a \eta}{\delta e}} \text{ m/sec. en } D = 0,06 \sqrt[6]{\frac{\delta e}{a \eta}} Q_0^3 \text{ m}$$

Heel duidelijk blijkt — hetgeen overigens bijzonder handzaam is — dat bij het ontwerpen van een hoofdleidingnet *niet* moet worden gestreefd naar een constant verhang, *maar naar een constante snelheid*. Het gevolg ervan is, dat het toegestane verhang in de buizen met grotere diameter aanzienlijk geringer moet zijn dan in de kleinere.

Ten aanzien van de economische aspecten is er nog een andere, meer praktische, opmerking te maken. Leidingen van kleine diameter zijn in de stad in grote lengten aanwezig; van grotere diameter zijn er slechts enkele kilometers. De leidingen van kleine diameter hebben elk voor zich meestal een beperkte lengte; daarna gaan ze over in een leiding van zwaarder kaliber. De leiding van grote diameter — zoals de transportleiding — heeft een grote lengte. Een verkeerde prognose voor één korte en van kleine diameter zijnde hoofdleiding kost weinig geld om te verbeteren; een verkeerde keuze van een diameter voor een grotere leiding is een financiële catastrofe. Op grond van deze overweging is het inderdaad eveneens raadzaam het verhang in een buis met kleine diameter hoger te kiezen dan in een buis met grote diameter.

Diameter in mm	Maatgevende drukgradiënt $V_n = 0,45 \text{ m/sec}$ m/km	Vermogen in m^3/h	Maatgevende pieklast per persoon in l/h	Vermogen in inwoner aequivalenten	Vermogen in woning aequivalenten ¹⁾
100	4	12	31	390	111
150	2	25	20,5	1210	345
200	1,5	48	16,5	2900	825
250	1,1	75	15,5	4850	1380
300	0,9	105	15,0	7000	2000
400	0,6	200	14,5	13800	3950

¹⁾ 3,5 persoon per woning

Afb. 2 - De ontwerptabel.

Ontwerptabel

Op grond van het vorenstaande kan thans het aantal woningen worden berekend, dat op een bepaalde leidingdiameter kan worden aangesloten. Voor het Haagse bedrijf is deze in tabelvorm in afb. 2 nader aangegeven. Het huidige huishoudelijke verbruik in Den Haag bedraagt circa 75 l/etm. Gerekend is op een verdubbeling in 25 jaar van het verbruik, hetgeen leidt tot $\alpha = 0,03$; β is gesteld op 0,06, zodat $V_0 =$ circa 0,20 m/sec. en bij $n = 30$: $V_n = 0,45 \text{ m/sec}$.

Nadat uit de beschikbare leidingdiameters een keus is gemaakt, kan, uitgaande van de snelheid V_n bij een vastgestelde k -waarde (bijvoorbeeld 1 mm) met behulp van de grafieken voorkomende in „Stromingsweerstand in buisleidingen”, samengesteld door prof. ir. L. Huisman, het vermogen van de betreffende buis worden bepaald. Met behulp van de te verwachten ongelijkmatigheidskromme (zie afb. 1) kan nu, uitgaande van de maatgevende pieklast per persoon, het aantal bewoners worden berekend, dat op een betreffende leidingdiameter kan worden aangesloten. Indien de woningbezetting bekend is, kan deze waarde uiteraard worden omgezet in het aantal aansluitbare woningen.

Uit de tabel (afb. 2) blijkt, dat een hoofdleiding van 300 mm met een vermogen van 105 m^3/h bij een drukverlies van 0,9 m/km equivalent is aan circa 9 stuks leidingen met een diameter van 100 mm bij een drukverlies van 4 m/km.

Het is afhankelijk van de situatie, mogelijk dat behalve economische overwegingen nog andere belangrijke randvoorwaarden in de beschouwingen dienen te worden betrokken, zoals bijvoorbeeld een te hoge snelheid of een te groot optredend drukverlies in de leidingen, waardoor te weinig „reserve”-capaciteit aanwezig is voor onverwachte uitbreidingen of plotselinge verhoging der verbruiken. Uiteraard dient in die gevallen de op te stellen tabel aan deze voorwaarden te worden aangepast.

Industrieverbruik

Ook het industrieverbruik, alsmede het niet huishoudelijke verbruik (scholen e.d.), kan, indien de maximale momentane onttrekkingen bekend danwel aangenomen zijn, op eenvoudige wijze in het rekenschema worden ingebracht. Deze piekwaarde kan immers met behulp van de aangenomen ongelijkmatigheidskromme (afb. 1) worden omgerekend in inwonerequivalenten. Ook per-

celen voorzien van hydrofoorinstallaties met drukketel (ook voor woongebouwen) kunnen op deze eenvoudige wijze in de berekening worden opgenomen. Daarbij ware uit te gaan van het maximale vermogen, dat door de opgestelde pomp(en) in normale situaties kan worden gegeven. Hieruit volgt een fictief aantal woningen c.q. inwonerequivalenten, waarmee rekening dient te worden gehouden.

Werkmethode

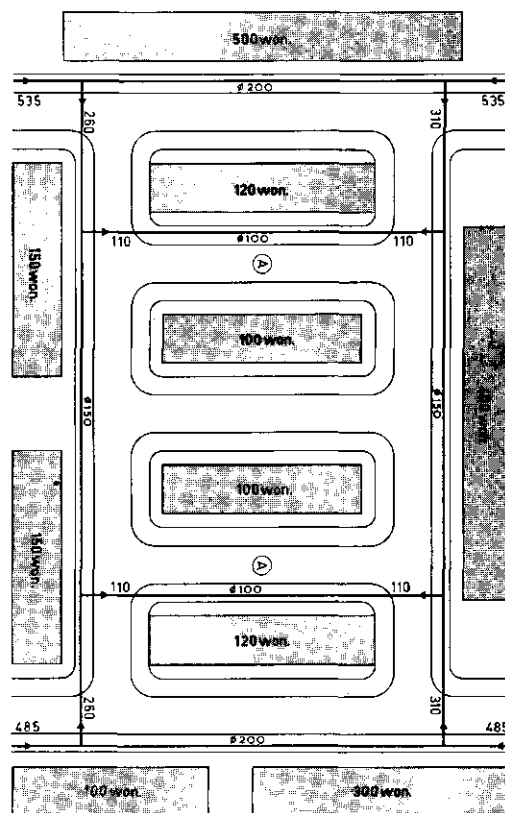
Indien het hoofdleidingnet van een stadswijk moet worden ontworpen, dient allereerst een keuze te worden gedaan in welke straten de zwaardere hoofdleidingen, die meestal als doorgaande leidingen of ringleidingen zullen worden uitgevoerd, een plaats dienen te krijgen. Zijn er aangrenzende stadswijken, dan ligt het uiteraard uit financiële overwegingen voor de hand de zwaardere hoofdleidingen voor beide wijken gelijktijdig dient te laten doen. De zwaardere leiding zal dan worden gesitueerd in de — meestal belangrijke — scheidingsweg tussen de beide projecten in. Dat levert bovendien het voordeel, dat de belangrijke bebouwing, die in de huidige uitbreidingsplannen meestal aan dit soort wegen wordt gebouwd, op een zwaardere leiding is aangesloten. Tevens dient ernaar te worden gestreefd, dat ook de hoge woongebouwen in het plan worden aangesloten op leidingen, die bij voorkeur een grotere diameter bezitten dan 100 mm; de kleinste maat, die uit brandblusoverwegingen in 's-Gravenhage wordt toegepast. Is het ontwerp een aan één of meer zijden „geïsoleerde” stadswijk, dan is het aan te bevelen te overwegen de zwaardere hoofdleidingen op enige afstand van de grens te projecteren, aangezien in die situatie een economisch voordeliger oplossing zal ontstaan.

Het ontwerpen van het leidingnet in het project op grond van de naar aantal en plaats bekende inwoners en op inwoneraantal omgerekend industrieel verbruik, geschiedt nu door het kiezen van leidingen met zodanige diameters, dat hun equivalentiewaarde ten minste gelijk is aan het aantal inwonerequivalenten dat door de desbetreffende leiding van water moet worden voorzien.

Door de keus van de positie van de belangrijke leidingen wordt de van water te voorziene wijk in meerdere delen gesplitst. Voor elk deel dient de equivalentiemethode te worden aangevangen op het punt dat het verst van de leidingen met grote diameter is verwijderd. De aan een onverdeeld en niet gesplitst leidingdeel gelegen percelen worden gesommeerd. Gedacht wordt, dat de helft van de percelen via de ene zijde van dat leidingdeel wordt voorzien en de andere helft via de andere zijde. Daarna wordt van het aangelegen leidingdeel berekend welke inwonerequivalenten via deze leiding van water moeten worden voorzien enz. enz. Het resultaat van een dergelijke berekening wordt aangegeven in afb. 3, waarin een voorbeeldje nader is uitgewerkt. De berekening wordt aangevangen in de delen, aangegeven met een A. Uiteraard vergt een berekening als de onderwerpelijke nogal wat praktische ervaring. Er moet bijvoorbeeld worden gestreefd naar een zo optimaal mogelijke belasting van elk leidingdeel, zodat een zo goedkoop mogelijke maar evenzeer goede en veilige oplossing wordt verkregen.

Brandblusvoorzieningen

Naast de functie van het transport van drink- en ver-



Afb. 3 - Maximale lengten van ononderbroken leidingdelen t.g.v. brandbluseisen.

bruikswater dient het leidingnet ook nog voldoende water te kunnen leveren ten behoeve van de brandblusvoorzieningen. Als de eis van de hoeveelheid bluswater wordt verhoogd is de mogelijkheid aanwezig dat onder normale omstandigheden een te kleine stroomsnelheid in het leidingnet optreedt, waardoor de kwaliteit van het geleverde drinkwater in ongunstige zin kan worden beïnvloed. Voor het Haagse bedrijf is uit deze overwegingen een minimum eis gesteld van 50 m³/h per brandkraan. Het gebruik van brandkranen voor blussings- of spuiwerkzaamheden kan overigens ook nog op een andere wijze invloed hebben op de kwaliteit van het water. Het is immers in bepaalde situaties mogelijk, dat door een te grote onttrekking via de brandkraan op de hoogste tappunten in de aanliggende percelen onderdruk ontstaat. Om die reden dienen beperkingen te worden gesteld aan een ononderbroken leidingdeel in een district. Onderscheid moet daarbij nog worden gemaakt of de brandkraan, zoals dat bij „dode” einden het geval is, van één zijde, danwel — in meer normale situaties — van twee zijden wordt gevoed.

Branden alsmede spuiwerkzaamheden komen niet vaak voor. Het is derhalve uit meerdere overwegingen niet onredelijk ervan uit te gaan, dat bij het gebruik van een brandkraan de normaal in het hoofdleidingnet aanwezige 10 m voordruk boven het hoogste tappunt wordt gebruikt. De druk in het leidingnet mag echter niet verder dan dat niveau dalen. Afhankelijk van type en constructie van de brandkraan behoort bij 10 m drukverlies een bepaalde opbrengst. Indien — om aan de veilige kant te blijven — bij deze waarde wordt bijgeteld de hoeveelheid drink- en verbruikswater, die volgens afb. 2

bij een bepaalde leidingdiameter behoort, kan bij een aangenomen k-waarde de maximale lengte worden bepaald van het ononderbroken leidingdeel. Op deze lengte kan dan nog een — overigens kleine — correctie worden aangebracht omdat er in de — vertakte — aanvoersleidingen ook nog enig drukverlies is. Voor het Haagse bedrijf, waar een brandkraan bij 10 m drukverlies circa $75 \text{ m}^3/\text{h}$ geeft, worden de waarden aangehouden ($k = 1 \text{ mm}$) zoals zij worden gegeven in afb. 4.

Op grond van de resultaten van deze tabel worden in het voorzieningsgebied van het Haagse bedrijf geen buizen met een diameter kleiner dan 80 mm meer toegepast. Duidelijk blijkt, dat de hoeveelheden water, die worden gebruikt als bluswater praktisch geen invloed uitoefenen op de berekening van het leidingnet, echter wel op het ontwerp ervan.

Veiligheid van de watervoorziening

Bij het Haagse bedrijf wordt er naar gestreefd een wijk te voeden uit in beginsel drie onafhankelijke delen van het transportleidingnet. Ook een district wordt zodanig uitgevoerd, dat het ten minste met drie van elkaar onafhankelijke andere districten wordt verbonden. Bij werkzaamheden, breuken of mankementen aan afsluiters blijft de wijk of het district nog altijd gevoed via twee aanvoerwegen. Omdat de lengte van de leidingen met het hoogste ontwerpverhang (de $\varnothing 100 \text{ mm}$) door de vaak dichte bebouwing enerzijds en vanwege de beperkte lengte uit brandblusoverwegingen anderzijds, meestal slechts enkele honderden meters lang zijn, betekent dit dat onder ongunstige omstandigheden op het uur van maximaal verbruik de voordruk voor het maatbepalende hoogste tappunt in die wijk slechts 1 à 2 m lager dan normaal is. Deze waarde is afhankelijk van de ontwerpsnelheid van het net. Naar Haagse begrippen leidt de drukverlaging in de onderstelde situatie tot een alleszins acceptabele waarde.

Verdere ontwerpdetails

Ter completering van het ontwerp volgt hieronder nog een aantal — voor Den Haag geldende — aanvullende ontwerpdetails, die voor een deel op subjectieve maatstaven berusten.

1. Het aantal aangeslotenen, dat bij de te verrichten werkzaamheden tijdelijk zonder water komt, dient te worden beperkt. De lengte van een district dient daarom te worden begrensd:
 - a. dient de leiding ten behoeve van een bebouwing aan één zijde van de straat, dan wordt een lengte aangehouden van 500-700 m;
 - b. dient de leiding ten behoeve van een bebouwing aan

twee zijden van de straat, dan wordt een lengte aangehouden van 300-500 m.

Indien zich veel bedrijven in een district bevinden, die in belangrijke mate afhankelijk zijn van een continue watervoorziening (b.v. restaurants, kappers), hetgeen vaak in de binnenstad voorkomt, worden wel kortere lengten aangehouden. In speciale gevallen, zoals bij ziekenhuizen, belangrijke kantoorgebouwen en dergelijke, wordt een oplossing gekozen, waarbij de waterlevering geschiedt via twee aansluitingen op twee afzonderlijke, bij voorkeur niet aan elkaar grenzende, districten. Op deze wijze is het tevens mogelijk op eenvoudige wijze werkzaamheden te verrichten aan hoofdkraan en watermeter c.a.

2. Het aantal afsluiters van een district wordt begrensd.

In verband met de eis, dat elk district ten minste moet zijn gekoppeld aan drie andere onafhankelijke districten, bedraagt het minimum aantal afsluiters 3. Maximaal wordt een aantal van ca. 7 stuks aangehouden. De afsluiters worden bij voorkeur op straathoeken geplaatst en uit kostenoverwegingen zoveel mogelijk in de kleinere diameters.

3. De onderlinge afstand van de brandkranen wordt bepaald door de lengte brandslang, die door een brandweerauto wordt meegevoerd. Bovendien wordt verondersteld, dat één brandkraan onbereikbaar is (te dicht bij de vuurhaard, een auto erop geparkeerd, kap ondergetegeld). Voor het Haagse bedrijf zijn in overleg met de Brandweer de volgende regels opgesteld:

- a. in de binnenstad (binnen de singels) een onderlinge afstand van maximaal 70 m;
- b. in de buitenwijken maximaal 120 m.

De brandkraan wordt in verband met de kwaliteit van het te leveren drinkwater bij voorkeur op een A-stuk geplaatst. Elk district wordt ten minste van één en bij voorkeur van twee brandkranen voorzien. Elke uitloper van gietijzer wordt uit kwaliteitsoverwegingen aan het uiteinde van een brandkraan voorzien. De brandkranen worden in verband met het visuele contact tussen de brandweerman die de kraan bedient en degene, die het eigenlijke blussingswerk verzorgt, bij voorkeur op straathoeken geplaatst. Dit levert bovendien een gemakkelijke bereikbaarheid op, omdat op straathoeken geen auto's mogen worden geparkeerd. In straten met trambanen of met gescheiden rijbanen worden — wegens mogelijke blokkering van het verkeer — brandkranen aan beide zijden geplaatst. Bij bijzondere gebouwen worden plaats en aantal der brandkranen in overleg met de Brandweer geregeld.

Resultaten

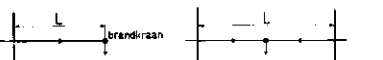
In afb. 5 wordt een voorbeeld gegeven van het ontwerp van een leidingnet voor een stadsdeel van 's-Gravenhage. Bij dit voorbeeld is geen rekening gehouden met de watervoorziening van aanliggende wijken.

Vergelijking met de methode Hardy Cross

Bij de bestaande methode Hardy Cross worden de hoeveelheden Q , de wandruwheid k en de diameters D bepaald, waarna de berekening volgt. Aan de hand van diverse aannamen voor de diameters dient de goedkoopste oplossing tastenderwijs te worden gevonden. De equivalentiemethode levert direct — echter enigszins grover — de meest economische oplossing. De conclusie lijkt gewettigd, dat voor het ontwerp van nieuwe netten de equivalentiemethode de voorkeur verdient boven de

Afb. 4 - Rekenvoorbeeld.

D in mm	Eénzijdige toestroming	Tweezijdige toestroming
$\varnothing 100$	45 m	350 m
$\varnothing 150$	165 m	1330 m



Hardy Cross-methode. Voor verbeteringen aan, dan wel wijzigingen van bestaande netten blijft de methode Hardy Cross de voorkeur houden, omdat daar immers de diameters praktisch vastliggen.

Conclusies

Aan de hand van de opgedane ervaringen bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage wordt een nieuwe methode — de equivalentiemethode — ontwikkeld ter berekening van het leidingnet van een nieuwe stadswijk. De vele aannamen, waarop het ontwerp van een stadswijk dient te geschieden, zijn vaak zeer onvolledig, grof en subjectief. De ontwikkelde methode steunt meer op de relatie die er bestaat tussen het aantal woningen en het verbruik, alsmede op het economische ontwerp en minder op de rekentechnische verevening, zoals dat met de methode Hardy Cross wordt bereikt. Aangetoond

wordt, dat ondanks de ruwe benadering toch op eenvoudige en snel tot resultaten leidende wijze een zo economisch en veilig mogelijke, dus goede oplossing wordt verkregen, speciaal voor het ontwerp van een nieuwe stadswijk.

De schrijver van het artikel meent, dat de equivalentiemethode gebaseerd is op goede gronden, reden waarom het op deze plaats is gebracht. Evenzeer is hij er echter van overtuigd, dat verdere uitdieping van de problematiek mogelijk en noodzakelijk is. Een reeks van basisproblemen zou dienen te worden uitgezocht, die te zamen als het ware de handleiding kunnen vormen voor de toekomstige ontwerper van een stadsnet. Een aantal aannamen berust op praktische ervaringen, maar een nader onderzoek op theoretische grondslagen is gezien de grote kapitaalinvesteringen die met de aanleg van een leidingnet gemoed zijn zeker op zijn plaats.

Afb. 5 - Het ontwerp van een stadswijk.

