

Algemene opzet en ontwerp van stedelijke distributienetten

Voordracht uit de 30e vakantie cursus in drinkwatervoorziening 'Distributienetten en binnenleidingen', die op 12 en 13 januari 1978 aan de TH Delft werd gehouden.

den besteed; ook zou ik de gesignaleerde problemen niet representatief willen stellen voor het gehele distributiegebied.

Integendeel, ten aanzien van de kwaliteitszorg tijdens de distributie van drinkwater zijn door de waterleidingbedrijven vele initiatieven ontplooid waarmee ook de inspectie van de Volksgezondheid, gezien het belang van de volksgezondheid, zich gelukkig kan prijzen.

Dat zich desondanks nog problemen voordoen geeft echter aan dat ten aanzien van de waarborgen waarmee de distributie van drinkwater omgeven dient te worden men in hoge mate alert zal moeten blijven.

De zorg voor de waterkwaliteit tijdens de distributie zal in de toekomst in steeds grotere mate een beroep doen op de chemische, hygiënische en technische deskundigheid van de waterleidingbedrijven. Hoge eisen zullen dan ook moeten worden gesteld aan de organisatie van de waterleidingbedrijven; zij zullen over zodanige faciliteiten moeten beschikken dat problematieken in de distributiesfeer tijdig worden onderkend en kunnen worden opgelost. In dit opzicht is het ook uit een oogpunt van volksgezondheid van belang dat wordt gezocht naar organisatiestructuren binnen de distributiesfeer waarin deze doelstellingen optimaal kunnen worden gerealiseerd.

Het is zelden nodig een compleet stadsnet aan te leggen. Onder verschillende landen verkeert Nederland echter in de gelukkige omstandigheid dat wij land uit water winnen en inderdaad voor enkele nieuwe nederzettingen, w.o. Lelystad, Almere, etc. geheel nieuwe waterleiding-netten kunnen ontwerpen.

Uiteraard zijn er door de grote expansie van de vele steden en dorpen wel stadswijken ontstaan, welke niet onderdoen voor een kleine stad. Alexanderpolder in Rotterdam en de Bijlmermeer van Amsterdam



ING. C. J. MINK
KIWA

zijn daar voorbeelden van.

Ontwerpregels en -eisen voor de waterdistributie kunnen echter ook worden toegepast op de verbetering van bestaande waterleidingnetten.

In het kader van deze vakantie cursus zou de vraag kunnen rijzen, welke nieuwe inzichten in — en ervaringen met — het ontwerpen van leidingnetten naar voren kunnen worden gebracht. Leidingnetten zijn al sinds lang bedacht en gebruikt. Afgezien van de afzonderlijke stadsuitbreiding zijn deze leidingnetten dikwijls gevormd door bepaalde bedrijfsinzichten, mede gebaseerd op situaties in het verleden i.p.v. onworpen op het scherp van de snede. De werkgroep Leidingnetontwerp en -berekening van de Commissie Distributie heeft de verschillende facetten, die bij een leidingnetontwerp een rol spelen, nader in beschouwing genomen en getracht het gewicht daarvan vast te stellen.

Daarbij kunnen worden onderscheiden:

1. Economische aspecten.
2. Bedrijfszekerheid.
3. Brandblusvoorziening.
4. Drukkzones.
5. Uitbreiding bestaand leidingnet, of ontwerp van een nieuw leidingnet.

De economische aspecten bij een leidingnetontwerp zijn gecompliceerd, indien men bedenkt dat ook de bedrijfszekerheid, de waterkwaliteit en soms ook de brandblussing invloed kunnen hebben op de te stellen eisen aan het ontwerp. De werkgroep is tot de conclusie gekomen, dat het niet mogelijk is deze aspecten in de berekening van de economische diameter op te nemen en dat de berekening slechts gemaakt kan

worden op basis van energiekosten en kapitaalslasten.

De heer Stofberg zal in zijn voordracht de bepaling van het meest economische drukverlies in distributienetten, gebaseerd op de methode der constante waarde, nader toelichten.

De filosofie en berekeningswijze zijn toepasbaar zowel op streekwaterleidingen, als op stedelijke waterleidingen, zodat in deze beschouwing daar niet verder op wordt ingegaan. Met betrekking tot het ontwerpen van leidingnetten is vooral de conclusie uit het rapport van de contante waarde interessant dat bij een groot waterleidingnet het meest economische drukverlies voor alle leidingen lager is dan bij een klein net. Ik meen dat dit in het verleden — zij het wellicht gevoelsmatig — in een aantal ontwerpen reeds tot uitdrukking is gebracht.

Bedrijfszekerheid

Bedrijfszekerheid hangt nauw samen met welvaart. Hoe hoger de welvaart, hoe meer bedrijfszekerheid mogelijk is en in sommige gevallen ook noodzakelijk wordt. In bepaalde delen van de wereld wordt aan de watervoorziening ten aanzien van de bedrijfszekerheid eisen gesteld, die in andere delen voorlopig als volkomen onbereikbaar moeten worden beschouwd. Maar zelfs in landen, die hoge eisen kunnen stellen, kan de bedrijfszekerheid — althans tot op heden — niet tot 100 procent worden opgevoerd.

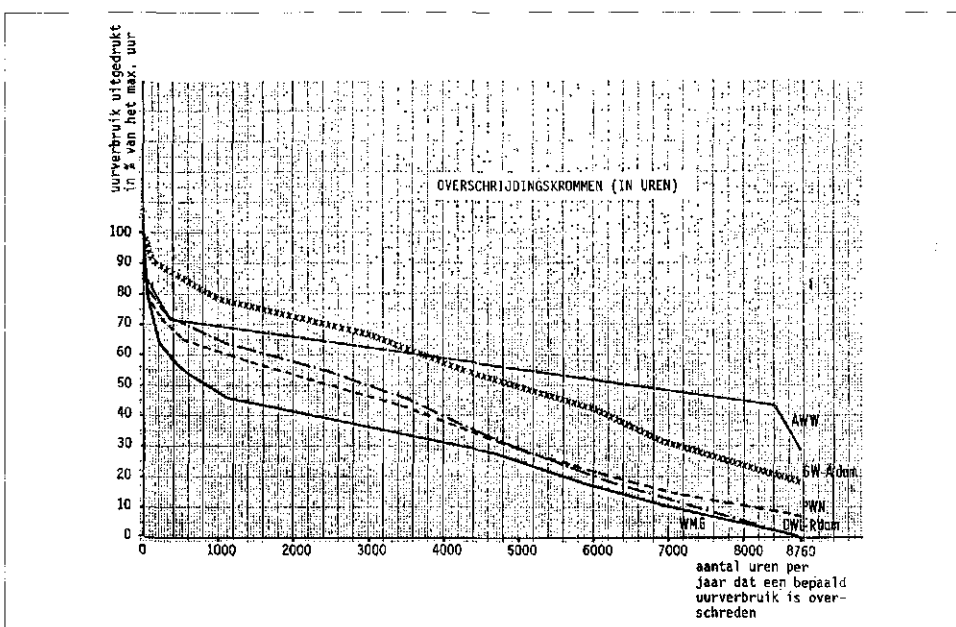
In feite bestaan ook in Nederland verschillende opvattingen over bedrijfszekerheid, die mede verband houden met de mogelijkheden en kenmerken van het betrokken waterleidingbedrijf.

Onder bedrijfszekerheid behoort in de eerste plaats het zeker stellen van de hoeveelheid door het waterleidingbedrijf te leveren water en de druk waaronder dit moet worden geleverd.

Naar aanleiding van art. 4 van de Waterleidingwet over hoeveelheid en druk worden in de aanbevelingen van de VEWIN de volgende regels gegeven:

1. de druk in het distributie-net behoort in de bebouwde kommen tot tenminste 20 m boven straatniveau te reiken;
2. aan de regel onder 1 gesteld, behoeft niet te worden voldaan op dagen, waarop het verbruik meer dan 10 % groter is, dan op grond van de ontwikkeling in de voorgaande jaren mocht worden verwacht.

De regels zijn van belang, indien de capaciteit van het waterleidingnet en/of winningsmiddelen de ontwerpcapaciteit van de watervoorziening nadert.



Afb. 1.

De werkgroep Leidingnet-berekening heeft getracht de invloed van een bedrijfsstoring of een tijdelijk tekort in de watervoorziening te bepalen.

Uitgaande van een verbruikspatroon van een bepaald voorzieningsgebied kan een zgn. overschrijdings-kromme worden vastgesteld.

De heer Stofberg heeft in zijn voordracht tijdens de najaars-vergadering van VWN de overschrijdings-krommen getoond van een kleine aantal bedrijven (zie afb. 1). De Antwerpse Waterleiding Mij blijkt 8.400 uur een levering te hebben van 54 % en meer. Een en ander als gevolg van de contractueel afgesloten nachtleveringen. Amsterdam heeft een zeer vlakke verbruikskromme, waardoor nog 160 uren een levering van 90 % en meer bestaat tegenover de overige waterleiding-bedrijven van 30 à 40 uur per jaar.

Uit de afbeelding volgt duidelijk hoe zwaar een capaciteitsvermindering, tengevolge van een storing, weegt.

In het algemeen zal een storing slechts een deel van het gehele voorzieningsgebied beïnvloeden. Bovendien moet worden bedacht dat tengevolge van een tijdelijke drukvermindering in het net, ook een daling in de afname zal optreden, waardoor het werkelijke tekort minder is, dan uit leidingnetberekeningen valt af te leiden. Bij de bespreking van het ontwerpen van leidingnetten zal daarop nader worden ingegaan. Ook heeft de werkgroep getracht een indruk te vormen van de frequentie van het aantal storingen in een leidingnet. Gebaseerd op een aantal gegevens, komt men tot een storing per 3 à 5 km per jaar. De gegevens zijn echter niet geheel vergelijkbaar, omdat niet steeds

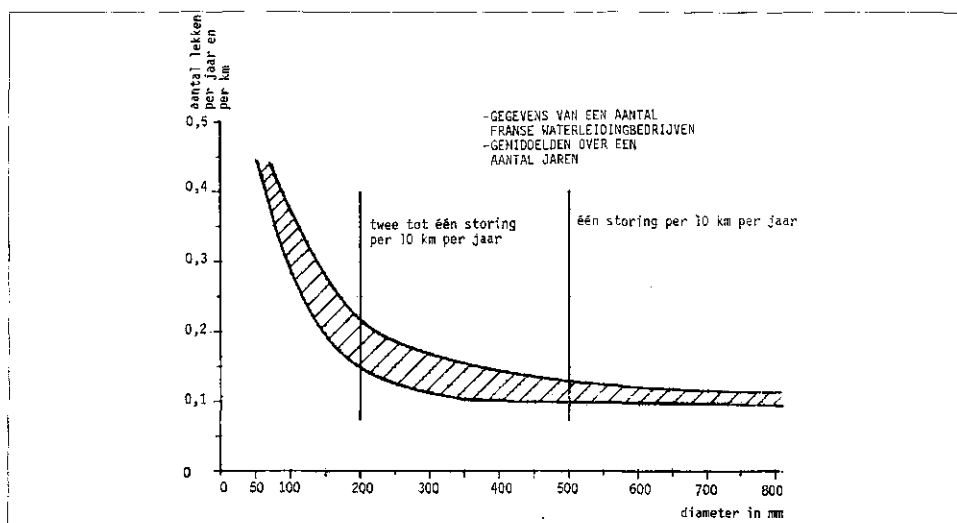
dezelfde begrippen worden gehanteerd. Zo is onder storingen soms alleen lekken en buisbreuk begrepen, andere bedrijven rekenen daarbij ook bedrijfsonderbrekingen door wijzigingen in het net.

Laat men storingen, waarbij de afnemers tijdig kunnen worden gewaarschuwd, buiten beschouwing, dan komt het aantal storingen per 10 km belangrijk lager te liggen.

Op het 9e Internationale Waterleiding Congres te New York werd een grafiek gepresenteerd van het aantal storingen per 10 km per jaar, gedifferentieerd naar de leidingdiameter (zie afb. 2).

De werkgroep acht op grond van bepaalde gegevens, dat deze grafiek vooral voor de kleinere diameters bruikbaar is voor de Nederlandse omstandigheden, doch meent

Afb. 2.



dat het voor de grotere diameters aangegeven aantal storingen te hoog is. Bodem-omstandigheden, ouderdom, materiaal en verkeersbelasting kunnen het aantal storingen beïnvloeden.

Door de mogelijkheid geschikte materialen en zonodig goede bekledingen toe te passen, kan bij nieuwe netten het aantal storingen drastisch verminderen.

De duur van de storing is uiteraard van groot belang. Reparaties aan kleinere leidingen tot en met 300 mm Ø kunnen onder normale omstandigheden in enkele uren worden uitgevoerd.

Reparaties aan grotere leidingen en bijzondere constructies vergen belangrijk meer tijd. Indien geen kwetsbare afnemers in een gebied zijn, kan in het algemeen een wegvallen van de watervoorziening voor enkele uren wel worden geaccepteerd. Derhalve dienen eerst boven de diameter van 300 mm extra maatregelen voor de bedrijfsveiligheid te worden getroffen.

Art. 5 van het Waterleidingbesluit stelt dat — met bepaalde beperkingen — de eigenaar zorg moet dragen dat het distributienet zo is ingericht, dat gebreken redelijk kunnen worden opgeheven onder zo gering mogelijke belemmering van de distributie. Door de VEWIN zijn daarbij de volgende aanbevelingen, betreffende de inrichting van de bedrijfs-onderdelen van waterleiding-bedrijven, gegeven.

In het algemeen wordt daarbij gesteld, dat het waterleidingbedrijf de bedrijfszekerheid zo hoog behoort op te voeren als in verband met het daarbij betrokken belang economisch verantwoord is.

Ten aanzien van de leidingen geldt dat:

1. de wateraanvoer naar een belangrijk verbruikscentrum door meer dan één transportleiding behoort te geschieden;
2. de transportleidingen om de 3 à 4 km

met afsluiters behoren te kunnen worden onderverdeeld. Indien op de leiding meerdere dienstleidingen zijn aangesloten, behoort deze afstand tot 1 km te worden teruggebracht;

3. parallel lopende leidingen zodanig behoren te worden verbonden, dat ze bij gedeelten buiten dienst kunnen worden gesteld;

4. leidingen in een verbruikscentrum om de 200 tot 400 m door afsluiters behoren te kunnen worden afgesloten; in landelijke gebieden kan deze lengte worden vergroot tot ten hoogste 1000 m.

Voor woonwijken geldt dan, dat — uitgaande van een gemiddelde afstand tussen huis-aansluiting van 10 m, bij een distributieleiding in een twee-zijdig bebouwde straat met 3 woonlagen en een bezettingsgraad

$$\text{van } 3 \text{ — ten hoogste } 2 \times \frac{200 \div 400}{10} \times 3 \times 3 =$$

360/720 mensen worden betrokken bij een storing in de voorziening.

In landelijke gebieden met één woonlaag

$$\text{kunnen dat } \frac{1000}{15 \div 10} \times 3 = 200/300 \text{ personen}$$

zijn.

Volgens afb. 2 komen in de diameters 100 tot 150 gemiddeld 3 storingen per 10 km per jaar op.

Bij een leidinglengte in een district van 0,4 km zou zo'n sectie éénmaal in de 8 jaar enkele uren moeten worden afgesloten.

In een distributie-net kunnen aan de hand van deze criteria, afsluiter-secties of districten worden gevormd. De districten worden in de regel zodanig ontworpen, dat tenminste

3 en max. 7 afsluiters nodig zijn om de wateraanvoer naar de sectie af te sluiten. Door ir. Wijntjes is reeds eerder gewezen op de wenselijkheid een stads-district bij voorkeur drie onafhankelijke voedingspunten te geven. Bij het uitvallen van een voeding wordt dan de aanvoer-capaciteit slechts vermindert tot rond 70 procent, waardoor — zij het met wat meer drukverlies — toch een redelijke aanvoer wordt gehandhaafd bij de maximale hoeveelheid aan het eind van de ontwerp-periode.

In het geval dat de maximale hoeveelheid nog niet is bereikt, kan het percentage uiteraard belangrijk hoger — tot zelfs 100 procent — zijn.

In een district met slechts enkele gevoelige objecten kan een individuele verhoging van de bedrijfszekerheid worden verkregen door die objecten een tweede aansluiting te geven op een ander district, dat onafhankelijk is van het eerste.

Ook kan de bedrijfszekerheid worden verbeterd door de duur van een bedrijfs-

storing zo kort mogelijk te houden.

De aanboringen van huisaansluitingen op distributieleidingen verhogen uiteraard de storingskansen.

Zoals reeds gezegd, kan een storing in een leiding tot en met 300 mm diameter in enkele uren worden verholpen.

Voor het repareren van grotere diameters is veelal zwaarder materieel nodig, waardoor de storing veelal niet in enkele uren kan worden opgeheven. De bedrijfszekerheid kan dan worden verhoogd door bij dergelijke leidingen de storingskans te verkleinen. Het ligt daarbij voor de hand een leiding met een kleine diameter parallel te leggen aan de grotere leiding om de huisaansluitingen op te nemen.

Ook kan door een wel overwogen plaatsing van de afsluiters in het net en een zo gunstig mogelijke uitvoering van verbindingen van de verschillende leidingen etc. de bedrijfszekerheid worden verhoogd.

In afb. 3 zijn enkele — reeds eerder door de heer Wijntjes getoonde — oplossingen bij kruisen en samenvoegen van leidingen aangegeven.

Brandblusvoorzieningen

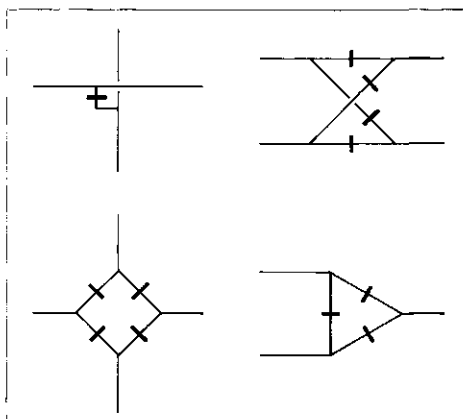
Door de werkgroep brandweer-eisen van de Commissie Distributie zijn normen voor bluswater-voorziening t.b.v. brandbestrijding opgesteld.

Deze normen zijn gepubliceerd in mededeling 50 van het KIWA.

De heer Rijsbergen heeft in zijn voordracht daaraan reeds aandacht besteed, zodat hier volstaan kan worden met het belichten van enkele significante aspecten aan de voorzieningen voor brandbluswater.

Een waterleidingbedrijf moet betrouwbaar drinkwater leveren. Het ligt voor de hand om ten behoeve van brandbestrijding te denken aan het waterleidingnet, dat op vrijwel alle benodigde punten water kan brengen. Daarbij dient men volgens vele waterbedrijven niet zover te gaan, dat in

Afb. 3.



plaats van een drinkwaterleidingnet een brandblusnet wordt aangelegd.

Op plaatsen met voldoende capaciteit van het net, kan zonder veel bezwaar aan de bluswater-behoefte worden tegemoet gekomen.

Indien echter onvoldoende transport-capaciteit beschikbaar is, kan het verzwaren van leidingen ten behoeve van brandveiligheidseisen niet alleen de water-kwaliteit in zeer ongunstige zin beïnvloeden, doch ook tot oneconomische oplossingen leiden.

De werkgroep heeft het nuttig geacht een aantal richtlijnen op te stellen, waarvan hier enkele zijn vermeld.

1. Brandkranen plaatsen bij voldoende capaciteit van het net — om zover als mogelijk is — in de behoefte aan bluswater te voorzien.

2. Bluswater-behoefte kan niet altijd alleen door de waterleiding worden gedekt. Aanvullende maatregelen zullen vaak nodig zijn. Het waterleidingbedrijf kan niet in alle gevallen verantwoordelijkheid voor voldoende aanvoer aanvaarden.

3. In zgn. droge gebieden — geen openbare wateren, vijvers, etc. — kan:

- verzwaring van leidingen worden overwogen;
- indien punt a bezwaren oplevert, aanleg van een bluswater-kelder nodig zijn. De meerkosten bij uitvoering van punt a, waaronder hogere spijkosten en de kosten bij oplossing b, zullen door de belanghebbenden dienen te worden gedragen.

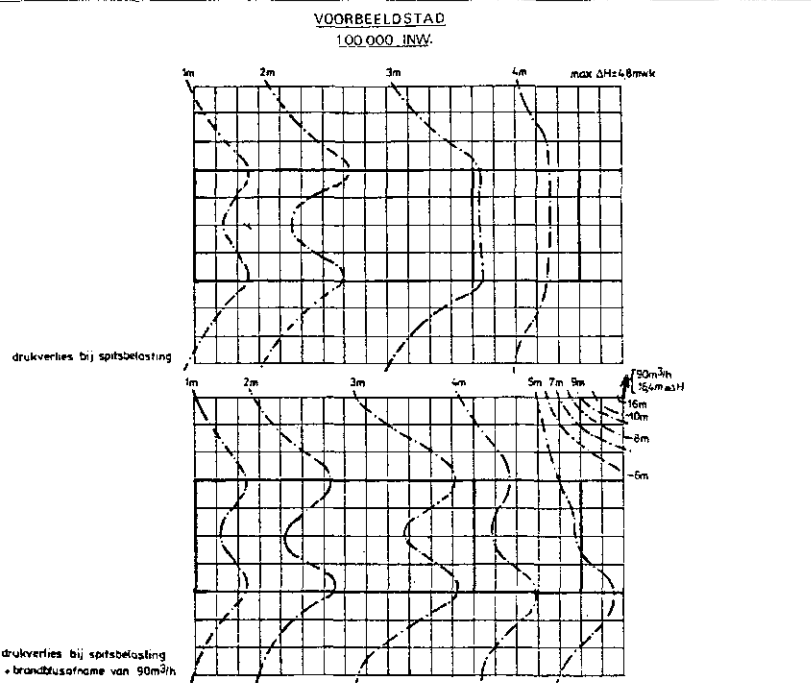
4. Aanspraak op het gebruik van drinkwater als bluswater is afhankelijk van de capaciteit ter plaatse en het aanbod van water.

In overleg met de brandweer kunnen de brandkranen nader in het leidingnet worden geprojecteerd.

De verschillende waterleiding-bedrijven hebben — mede door daar heersende bedrijfsomstandigheden — een bepaalde opvatting over het al of niet opnemen van hoeveelheden voor brandbluswater in de ontwerp-berekening. De stedelijke bedrijven die wel brandbluswater in hun beschouwing betrekken, verschillen onderling weer door hoeveelheden (60 — 90 m³/h), toelaatbare druk en de onderlinge afstand van de brandkranen (70 tot 120 m).

De toelaatbare druk is afhankelijk van de mogelijkheid tot het verhinderen van terugstromen van water uit de drinkwater-installatie.

Onder normale omstandigheden zal geen ontoelaatbare terugstroming plaats vinden bij een daling van de druk in het net tot een druk nul bij het hoogste tappunt.



Afb. 4.

Zoals bekend, worden de huis-aansluitingen tegenwoordig dikwijls voorzien van zgn. hygiënische keerkleppen om het leidingnet te beveiligen tegen wan-verbindingen in de drinkwater-installaties. Daar de mogelijkheid bestaat, dat na een lange standtijd een klein percentage van deze keerkleppen minder goed afdicht, kan geen volledige beveiliging van het net worden bereikt. Voor de potentieel — voor de gezondheid — gevaarlijke aansluiting wordt danook een onderbreking door middel van een reservoir verlangd. Zie publicatie Beveiliging tegen het binnendringen van vreemde stoffen in waterleidingen, samengesteld door de Commissie Kruisverbindingen van het KIWA.

Een daling van de druk bij de uitmondning van de brandkraan tot straat-niveau zal in stedelijke gebieden meestal slechts een klein deel van het net beïnvloeden. Zie afb. 4.

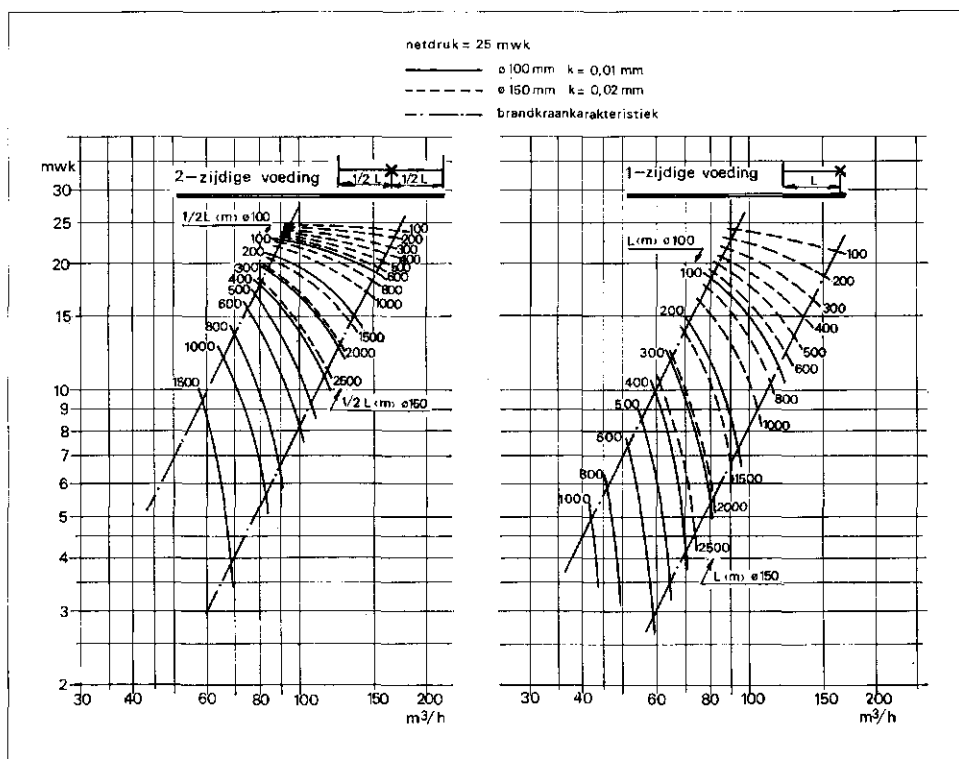
De kans dat een defecte keerklep en een effectieve wanverbinding gelijktijdig optreedt, is gering. De aansluitingen, welke worden voorzien van een keerklep, zijn voorts geclassificeerd als niet gevaarlijk voor de gezondheid. Omdat de leidingen tijdens de drukdaling bovendien worden doorspoeld door het brandbluswater, lijkt het alleszins toelaatbaar de druk ter plaatse van de brandkraan zonodig sterk te laten dalen.

Een onderdruk bij de uitmondning van de brandkraan kan daarbij worden voorkomen door brandslangen te gebruiken, die dichtklappen bij het optreden van vacuum in de slang. Door het drukverlies in de brand-

kraan zal in het leidingnet ter plaatse van de brandkraan nog een bepaalde voordruk nodig zijn. Zelfs bij een atmosferische druk bij de uitmondning van de brandkraan zal daardoor een bepaalde overdruk in het leidingnet ter plaatse van de brandkraan heersen. Zie afb. 5.

In deze afbeelding zijn de leiding-karakteristieken van leidingen met diameters van

Afb. 5.



100 en 150 mm weergegeven voor één- en twee-zijdige aanvoer naar een brandkraan volgens N 947 en een brandkraan met gereduceerde capaciteit (60 m³/h bij 10 m drukverlies).

Overigens is het toelaten van een bepaalde druk in een gedeelte van het leidingnet, een beslissing, die in de beleids-sfeer van het waterleidingbedrijf ligt. Ten aanzien van de brandblusvoorziening is het naar onze mening sterk te ontraden een extra belasting voor brandbluswater op te nemen bij het vaststellen van de ontwerp-capaciteit. Wel zou op basis van een grafiek overeenkomstig afb. 5 achteraf kunnen worden nagegaan welke brandbluswaterhoeveelheden op bepaalde punten in het net beschikbaar zouden kunnen worden gesteld.

Drukzones

Het rapport van de werkgroep drukzones in stedelijke gebieden van de Commissie Distributie is gepubliceerd als mededeling nr. 35 van het KIWA.

De conclusies in dat rapport zijn:

1. dat één centrale drukverhogings-installatie voor meerdere gebouwen slechts voordeliger is dan één dienstinstallatie per gebouw, indien de extra leidinglengte in m minder is dan het aantal gebouwen min één, vermenigvuldigd met 65;
2. bij een centrale — ketelloze — drukverhogingsinstallatie voor één of meer

gebouwen is het voordeliger alle woningen (ook de laagste) daarop aan te sluiten.

Wordt de technische grens van 50 m druk overschreden, dan moeten de betrokken verdiepingen worden aangesloten op het stadsnet in de volgende gevallen: indien er slechts één drukverhogingsinstallatie per flatgebouw is; indien de totale, dubbele, leiding-lengte gedeeld door het aantal op het stadsnet aan te sluiten woningen klein is.

In de overige gevallen moeten reduceer-ventielen worden toegepast.

In de meeste gevallen zullen de gebouwen van verschillende eigenaren zijn. Mede door tijdsverschillen in het gereedkomen van die gebouwen, kunnen bij het doorberekenen van de kosten voor de centrale drukverhoging van die gebouwen, grote problemen ontstaan.

Of tot centrale drukverhoging kan worden overgegaan, hangt derhalve af van de plaatselijke omstandigheden.

Ontwerp en berekening van een nieuw leidingnet

Het bouwen van geheel nieuwe steden komt zoals opgemerkt weinig voor. Wel kunnen door uitbreiding van steden, nieuwe wijken worden gebouwd, die voor kleine steden niet behoeven onder te doen.

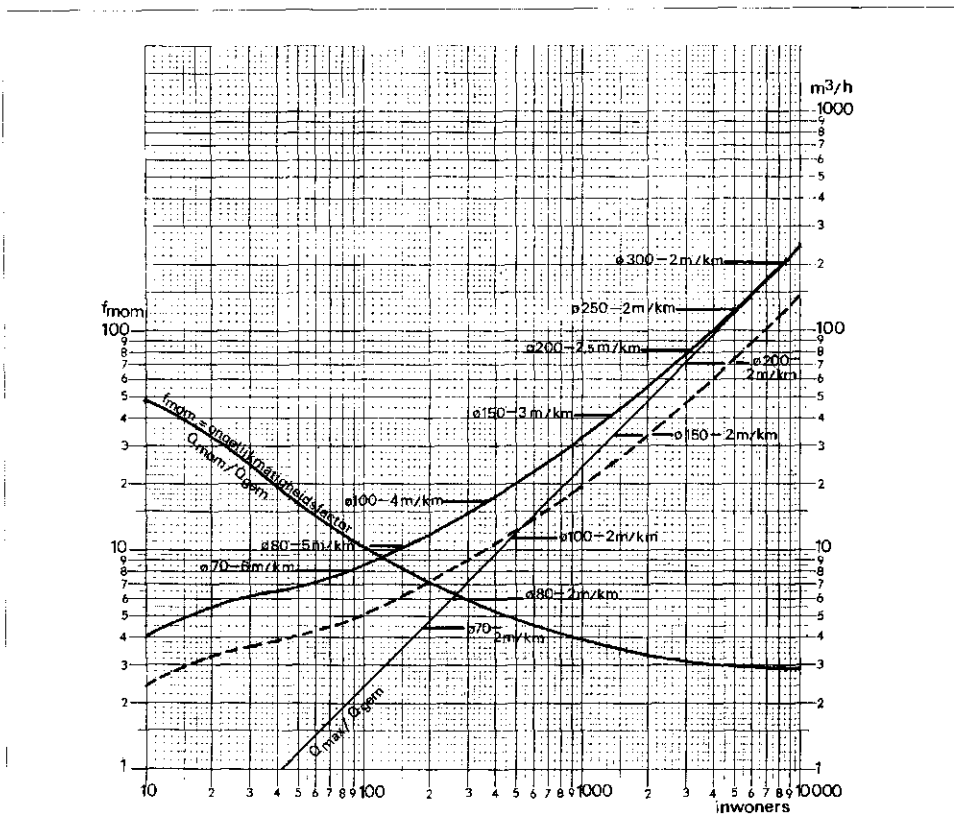
Ontwerp van het leidingnet

Door de planologen en stedenbouwkundigen worden de plannen opgesteld voor een stadsuitbreiding, waarbij hoofd-, zij-wegen en woonerven worden geprojecteerd, de nodige openbare voorzieningen worden aangegeven, het aantal inwoners wordt vastgesteld en deze inwoners over de wijk worden verdeeld.

Het is daarbij noodzakelijk dat reeds in een zeer vroeg stadium overleg met de nutsbedrijven plaats vindt over de tracés van de belangrijkste transportleidingen, etc. Nadat de 'lay-out' van de wijk is vastgesteld en de vorengenoemde gegevens bekend zijn, kan — uitgaande van geschikte aansluitingen met het bestaande netwerk — het leidingnet worden ingetekend.

Toekomstige hoofdleidingen moeten bij voorkeur langs de hoofd-aders van het wegennet worden geprojecteerd. Bij te brede wegen moet aan beide zijden een leiding worden geprojecteerd.

Als vuistregel geldt dat straten met een 'rij' breedte van meer dan 20 m, beter voorzien kunnen worden door twee leidingen ter weerszijde van de weg. Daarbij moet — zoals ook door de werkgroep leiding-net berekening is onderkend — worden bedacht, dat bij gelijke transport-capaciteit een combinatie van een grote- met een kleine



Afb. 6.

diameter leiding goedkoper is, dan twee leidingen met dezelfde diameter. Nadat de lay-out van het leidingnet is vastgesteld — mede gebaseerd op het principe: de kortste weg naar de afnemer en het zoveel mogelijk vermijden van dode einden — kan de dimensionering van de leidingen worden aangepakt.

Berekening van het leidingnet

Er zijn uiteraard verschillende manieren te bedenken om een leidingnet te dimensioneren.

Men kan met een — try and error — systeem, diameters vaststellen en met behulp van een computer nagaan, of de optredende drukverliezen bij de aangenomen belasting, acceptabel zijn. Deze methode is weinig efficiënt en leidt niet noodzakelijkerwijs tot de beste oplossing.

Een m.i. zeer goede manier voor het bepalen van de diverse leiding diameters is de zgn. equivalentie methode. Deze methode is ontwikkeld door ir. Wijntjes. De methode is de eenvoud zelf. Men berekent nl. het aantal inwoners, dat door een bepaalde leiding kan worden voorzien van water, rekeninghoudende met de ongelijkmatigheid in die afname.

De ongelijkmatigheid wordt groter naarmate minder inwoners zijn aangesloten op één leiding. De ongelijkmatigheid kan worden uitgedrukt in een factor, gebaseerd op het

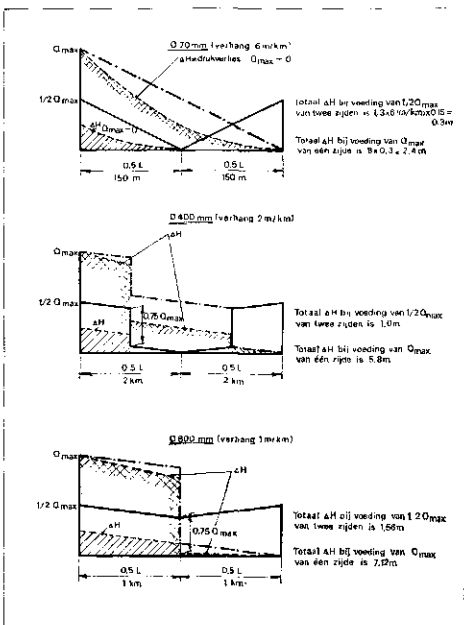
gemiddeld uur-verbruik:

$$Q_{\text{mom}} = f_{\text{mom}} \cdot Q_{\text{gem}} = \frac{\text{gem. dagverbruik per inw.}}{24} \cdot f_{\text{mom}}$$

Voor een stad met 10.000 inwoners en vrijwel uitsluitend huishoudelijk verbruik kan f_{mom} rond 3 bedragen, terwijl voor een klein aantal inwoners, aangesloten op één leiding, de factor f_{mom} kan oplopen tot meer dan 50.

De heer Wijntjes heeft al eerder een ongelijkmatigheidskromme getoond, gebaseerd op waarnemingen in Den Haag. De werkgroep Momentane Waterverbruiken van de Commissie Distributie is reeds geruime tijd bezig met het verwerken van een groot aantal metingen van het momentane waterverbruik bij diverse objecten, welke in de afgelopen jaren zijn uitgevoerd. Uit een voorlopig rapport blijkt, dat de gevonden ongelijkmatigheids-factoren redelijk overeenstemmen met de door de heer Wijntjes aangegeven kromme.

In afb. 6 is het verloop van een dergelijke ongelijkmatigheids-kromme aangegeven. Deze kromme dient uiteraard te worden beschouwd als een voorlopig resultaat van metingen in bepaalde voorzieningsgebieden en is hier slechts als een voorbeeld bedoeld. De werkgroep heeft in hoofdzaak gegevens verzameld, waarbij maximaal enkele honderden woningen waren betrokken. Het



Afb. 7.

verdient derhalve aanbeveling voor een voorzieningsgebied het verloop van de onregelmatigheids-kromme — voor zover nodig — nader vast te stellen, gebaseerd op de in dat gebied heersende bedrijfsomstandigheden.

In afb. 6 is tevens het maximum momentane waterverbruik bij een dag-verbruik van 200 l per inwoner aangegeven. Gemakshalve is aangenomen, dat bij dit hogere verbruik t.o.v. het dag-verbruik bij de metingen, de onregelmatigheidsfactor in relatie met het aantal inwoners, niet verandert. Dit maximum momentane verbruik kan zoals reeds aangegeven, worden berekend door de onregelmatigheidsfactor bij een aantal inwoners te vermenigvuldigen met het gemiddeld verbruik per inwoner per uur en het aantal inwoners.

$$Q_{mom} = f_{mom} Q_{gem} \times \text{aantal inwoners.}$$

De gestippelde lijn geeft het maximum momentane verbruik weer bij een dag-verbruik van 120 l per inwoner. Op grond van de overweging dat in stedelijke netten leidingen met kleinere diameter geen grote lengte overbruggen, kan een groter verhang worden toegelaten, naarmate de leiding-diameter kleiner is. Zo kan voor een 70 mm Ø leiding een verhang van 6 m/km aanvaardbaar worden geacht. Bij een voeding van twee zijden is bij een leidinglengte van 300 m, het totale drukverlies nog slechts 0,3 m, hetgeen uit afb. 7a blijkt.

Een 800 m Ø leiding, met een in hoofdzaak doorgaand transport, heeft daarentegen — bij een lengte van 4 km en een verhang van 1 m/km — een totaal drukverlies van 1,56 m. Zie afb. 7c.

In de equivalentie-tabellen I en II is voor de verschillende diameters de transportcapaciteit (afvoer) aangegeven voor een bepaald verhang en de k waarde van de leidingen.

In de grafiek (afb. 6) zijn de afvoeren van de leidingen met een diameter van 70 tot 300 mm aangegeven. Uitgezet op de kromme van het maximum momentane waterverbruik, kan de capaciteit van de leiding uitgedrukt in het aantal inwoners direct worden afgelezen. In de tabellen zijn de relatieve capaciteiten van de leidingen aangegeven t.o.v. de capaciteit van een 100 mm leiding.

Uit de tabellen blijkt onder meer dat een 100 mm diameter leiding, vergeleken met een 400 mm Ø leiding, slechts 2 % kan bijdragen in de transportcapaciteit. In dit verband kan worden opgemerkt, dat de toleranties in de ontwerpgegevens belangrijk groter kunnen zijn dan 2 %. Daaruit kan de conclusie worden getrokken dat het niet zinvol is in leidingnet-berekeningen alle voorkomende leidingdiameters op te nemen, doch dat het noodzakelijk is een selectie toe te passen. In de afbeelding is ook het maximum momentane waterverbruik aangegeven, indien de onregelmatigheidsfactor constant

TABEL I - Equivalentie, gebaseerd op 200 l/inw./dag.

diameter leiding in mm D	verhang in m/km	k-waarde	transport capaciteit (afvoer) in m ³ /uur	snelheid in m/sec	onregelmatigheidsfactor f-mon.	Q _{max} in l/uur/inw	leidingcapaciteit in aantal inwoners	relatieve capaciteit t.o.v. leiding Ø 100 mm	idiële diameter t.o.v. f=const. D _i	reductiefactor diam. D _i /D
70	6	0,01	8,1	0,6	11,1	93	87	0,25	40	0,57
80	5	0,01	10,5	0,6	8,1	68	154	0,4	50	0,63
100	4	0,01	16,8	0,6	5,5	46	365	1	75	0,75
150	3	0,02	41,5	0,7	3,6	30	1390	3,8	130	0,87
200	2,5	0,05	80,5	0,7	3,1	26	3100	8,5	190	0,95
250	2	0,1	125	0,7	3,0	25	5000	14	245	0,98
300	2	0,1	205	0,8	2,88	24	8540	23	300	1,00
400	2	0,1	435	1,0	2,88	24	18130	50	400	1,00
500	2	0,1	785	1,1	2,88	24	32700	90	500	1,00
600	2	0,2	1240	1,2	2,88	24	51700	142	600	1,00
700	1,5	0,2	1560	1,1	2,88	24	65000	178	700	1,00
800	1	0,2	1820	1,0	2,88	24	75800	208	800	1,00
900	1	0,5	2270	1,0	2,88	24	94600	259	900	1,00
1000	1	0,5	2950	1,1	2,88	24	123000	337	1000	1,00
1200	1	0,5	4800	1,2	2,88	24	200000	548	1200	1,00
1500	1	0,5	8850	1,4	2,88	24	369000	1010	1500	1,00

- k
- 0,01 plastic kleine leidingen
- 0,02 gladde asbest-cement buis
- 0,05 PVC grote diameter
- 0,1 AC-geasfalteerde GIJ
- 0,2 spanbeton
- 0,5 gecentrifugeerde cementbekleding betonbuis

TABEL II - Equivalentie, gebaseerd op 120 l/inw./dag.

diameter leiding in mm D	verhang in m/km	k-waarde	transport capaciteit (afvoer) in m ³ /uur	snelheid in m/sec	onregelmatigheidsfactor f-mon.	Q _{max} in l/uur/inw	leidingcapaciteit in aantal inwoners	relatieve capaciteit t.o.v. leiding Ø 100 mm	idiële diameter t.o.v. f=const. D _i	reductiefactor diam. D _i /D
70	6	0,01	8,1	0,6	6,5	32,5	250	0,3	50	0,71
80	5	0,01	10,5	0,6	5,4	27,0	389	0,5	60	0,75
100	4	0,01	16,8	0,6	4,2	21,0	800	1	85	0,85
150	3	0,02	41,5	0,7	3,2	16,0	2590	3,2	140	0,93
200	2,5	0,05	80,5	0,7	3,0	15,0	5370	6,7	195	0,98
250	2	0,1	125	0,7	2,88	14,4	8680	11	250	1,00
300	2	0,1	205	0,8	2,88	14,4	14240	18	300	1,00
400	2	0,1	435	1,0	2,88	14,4	30200	38	400	1,00
500	2	0,1	785	1,1	2,88	14,4	54500	68	500	1,00
600	2	0,2	1240	1,2	2,88	14,4	86000	108	600	1,00
700	1,5	0,2	1560	1,1	2,88	14,4	108000	135	700	1,00
800	1	0,2	1820	1,0	2,88	14,4	126000	158	800	1,00
900	1	0,5	2270	1,0	2,88	14,4	158000	198	900	1,00
1000	1	0,5	2950	1,1	2,88	14,4	205000	256	1000	1,00
1200	1	0,5	4800	1,2	2,88	14,4	333000	416	1200	1,00
1500	1	0,5	8850	1,4	2,88	14,4	615000	769	1500	1,00

- k
- 0,01 plastic kleine leidingen
- 0,02 gladde asbest-cement buis
- 0,05 PVC grote diameter
- 0,1 AC-geasfalteerde GIJ
- 0,2 spanbeton
- 0,5 gecentrifugeerde cementbekleding betonbuis

zou worden gehouden voor het gehele voorzienings-gebied.

Daarbij valt onmiddellijk op, dat een 200 mm Ø leiding, met een verhang van 2,5 m/km — rekening houdende met de variabele ongelijkmatighheidsfactor — dezelfde inwoners-capaciteit heeft, als bij een verhang van 2 m/km met constante ongelijkmatighheidsfactor.

Vooraf bij de kleinere diameters is er een opvallend verschil. De conclusie kan worden getrokken dat, ondanks een groter toegelaten verhang, de leiding-diameters toch groter zullen uitvallen, indien rekening wordt gehouden met de variabele ongelijkmatighheids-factor.

Met behulp van de equivalente tabel is het nu betrekkelijk eenvoudig een ontwerp van een leidingnet nader te dimensioneren. Ondanks de eenvoud, is uiteraard enige ervaring nodig om tot goede resultaten te komen.

Zoals gezegd, heeft de zgn. equivalentie-methode als uitgangspunt dat de voeding van de onderhavige leiding vanaf twee zijden plaatsvindt. Het net wordt daarbij min of meer opgebouwd als de schubben van een vis, waarbij de 'omlopen', naarmate de afstand tot de voedingspunten groter wordt, steeds kleinere diameters bevatten. Een andere opvatting is het leidingnet in sectoren te verdelen en op te bouwen volgens het boom systeem.

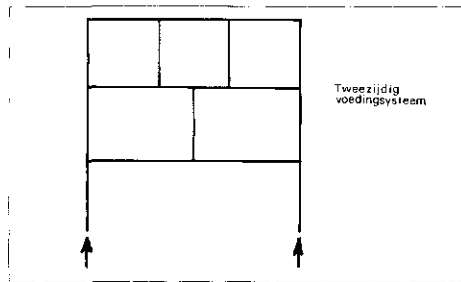
Achteraf kan dan worden bepaald, welke doorverbindingen moeten worden gemaakt, om de bedrijfszekerheid van het net op het gewenste peil te brengen. In feite worden met dat systeem hogere drukverliezen geïntroduceerd door het verlaten van de tweezijdige voeding. Dit systeem leidt dan ook — zij het met verder gaande concessies aan de bedrijfszekerheid dan de tweezijdige voeding — tot een goedkoper net. Na het vaststellen van de leiding-diameters, verdient het — in hoofdzaak bij het samengevoegde bomen systeem — aanbeveling één en ander met behulp van de digitale computer te controleren.

In een betrekkelijk klein net met leiding-diameters tot max. 200 m, is het noodzakelijk t.b.v. de berekening correcties aan te brengen in verband met de ongelijkmatighheids-factor.

In de leidingnet-berekeningen kan nl. veelal slechts worden uitgegaan van één ongelijkmatighheids-factor, waardoor de belasting van de leidingen met kleinere diameters te gunstig wordt genomen.

Immers de invoer moet ten alle tijde overeenkomen met de afname.

De afwijking van de ongelijkmatighheids-factor bij een gering aantal inwoners, t.o.v. deze factor voor het gehele net, kan evenwel eenvoudig worden verdisconteerd in een zgn. ideale diameter van de leiding.



Afb. 8a.

Bijv. voor een leiding van 100 mm Ø geldt een ongelijkmatighheids-factor bij vollast van 5,5 (f_{mom}), zie tabel I.

De algemene ongelijkmatighheids-factor is volgens dezelfde tabel 2,88 (f_{net}).

Uitgaande van de formule:

$$\Delta H = \lambda L \cdot C \frac{Q^2}{D^5}$$

is het drukverlies

$$\Delta H = \lambda L \cdot C \frac{Q_{mom}^2}{D^5}$$

Zoals gezegd kan in verband met de totale aanvoer Q_{mom} niet in de computer-berekeningen worden ingevoerd en moet $Q_{max} = F_{net} \cdot Q_{gem}$ worden gebruikt. Teneinde toch het juiste drukverlies te berekenen, kan dan een correctie van de diameter worden toegepast.

Immers:

$$\Delta H = \lambda L \cdot C \cdot \frac{Q_{mom}^2}{D^5} = \lambda_1 L \cdot C \cdot \frac{Q_{max}^2}{D_1^5}$$

waaruit volgt:

$$D_1 = D \sqrt[5]{\left| \frac{F_{net}}{F_{mom}} \right|^2 \frac{\lambda_1}{\lambda}}$$

nu is:

$$Q_{max} = F_{net} \cdot Q_{gem} \text{ en } Q_{mom} = F_{mom} \cdot Q_{gem}$$

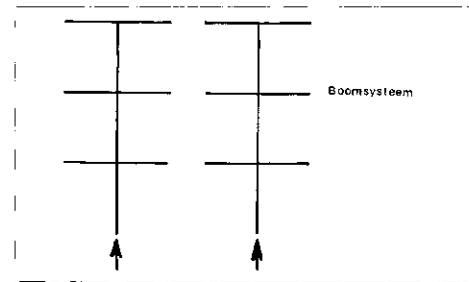
Derhalve is:

$$D_1 = D \cdot \sqrt[5]{\left| \frac{Q_{max}}{Q_{mom}} \right|^2 \frac{\lambda_1}{\lambda}}$$

In tabel I is in de laatste kolom de reductie-factor gegeven voor de leiding-diameter bij volle belasting. Het spreekt vanzelf, dat bij andere belastingen de betreffende f_{mom} (zie grafiek, afb. 6) moet worden ingevoerd. In verband met het vaststellen van λ (tijd-rovend) kan de ideale diameter veel beter langs grafische weg worden bepaald met behulp van de bekende stromingsweerstand grafieken van prof. Huisman.

Op analoge wijze zou de vermindering van de afname door een tijdelijke verlaging van de druk in het leidingnet kunnen worden betrokken.

Tengevolge van de verschillende hoogte van de tappunten boven straatniveau is het



Afb. 8b.

verband tussen de verlaging van de netdruk en de totale afname niet quadratisch. Derhalve zouden langs empirische weg de correcties van de afname moeten worden vastgesteld.

Men maakt echter geen grote fout, indien bijv. voor een wijk met 3 woonlagen, wel een quadratisch verband wordt genomen. Uit een en ander volgt dan een — grotere — ideale diameter

$$D_1 = D \sqrt[5]{1 - \frac{\Delta p}{H_{net}}} \frac{\lambda_1}{\lambda}$$

waarin Δp de drukverlaging en H_{net} de gemiddelde druk in het leidingnet is. Uiteraard moet dan in het computer-programma de berekening van de ideale diameter op grond van de in de voorgaande iteratie berekende drukverlaging worden opgenomen.

Opbouw net volgens boomsysteem

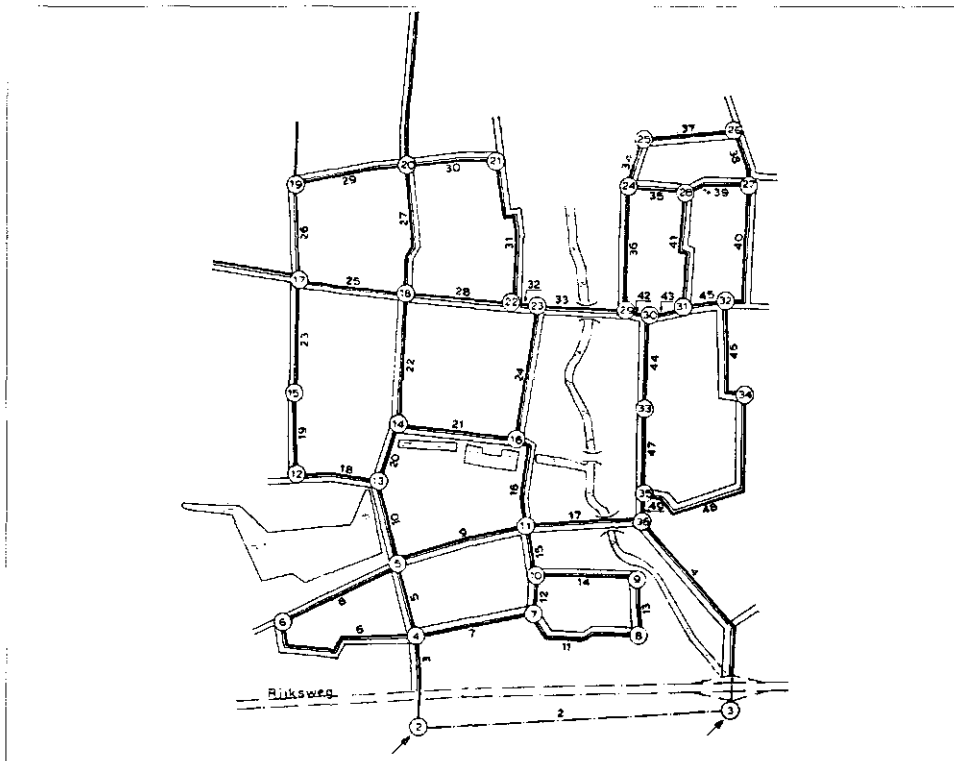
Een voorbeeld van een wijk, waar het boomsysteem is toegepast, is gegeven in afb. 9. De wijk is gescheiden in twee delen door een vrij belangrijke waterloop. De gehele wijk is door een grote autoweg gescheiden van het stadsnet.

De afbeelding geeft het leidingnet, dat — zonder overleg vooraf — in het onworpen wijkplan moest worden geprojecteerd. Nadat volgens de equivalentie tabel de leiding diameters waren vastgesteld, werd met behulp van de computer het stromings- en drukpatroon bij max. belasting berekend. Zie afb. 10.

De maximum drukval is daarbij 1,5 m. Daarna zijn verschillende ongevals-scenario's doorgerekend. Het meest ongunstige bleek een breuk tussen de knooppunten 5 en 13. De totale drukval in het net was daarbij 6,50 m. Zie afb. 11.

Opbouw net volgens twee- of meer-zijdig voedings-systemen

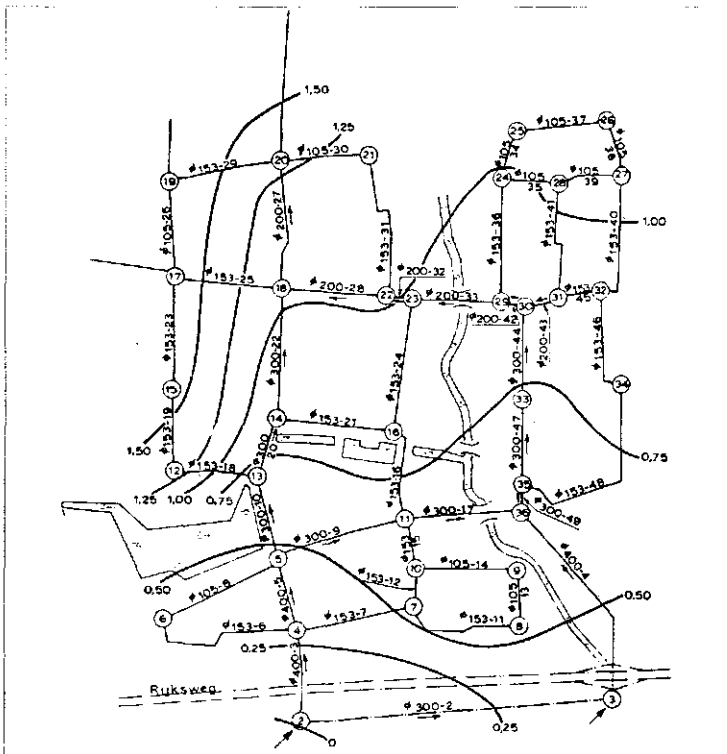
Bij het consequent doorvoeren van de equivalentie-methode met 2- of meer-zijdige aanvoer, is de behoefte niet zo groot om het leidingnet daarna met behulp van de computer door te rekenen. Hoewel het wellicht interessant zou zijn de



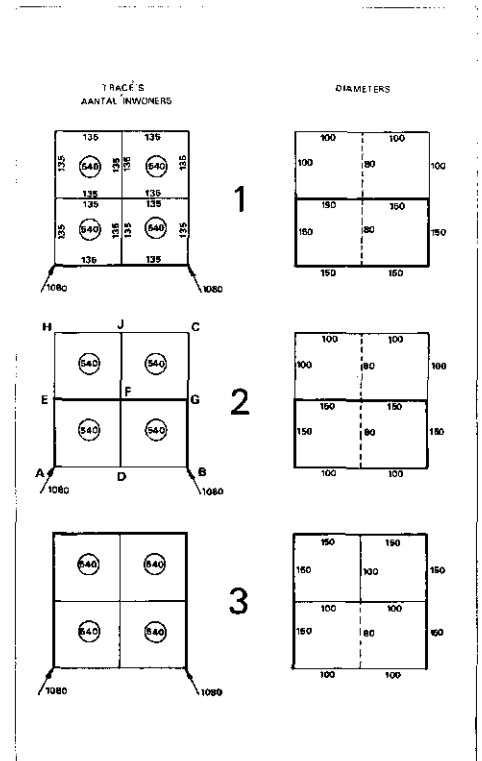
Afb. 9.

stromings- en drukpatronen te bepalen, mede in verband met brandbestrijding, is dit voorzover mij bekend, voor dergelijke netten nog niet uitgevoerd. Het is derhalve niet mogelijk berekeningsvoorbeelden van een geheel leidingnet, bepaald volgens de equivalentie-methode, te geven.

Afb. 10.



In verband daarmee zijn de voorbeelden beperkt tot enkele eenvoudige afbeeldingen met twee- en driezijdige voedingspunten. In afb. 12 is een net met twee voedingspunten gegeven. In elk blok zijn 540 inwoners gedacht, gelijkmatig verdeeld over de omtrek.

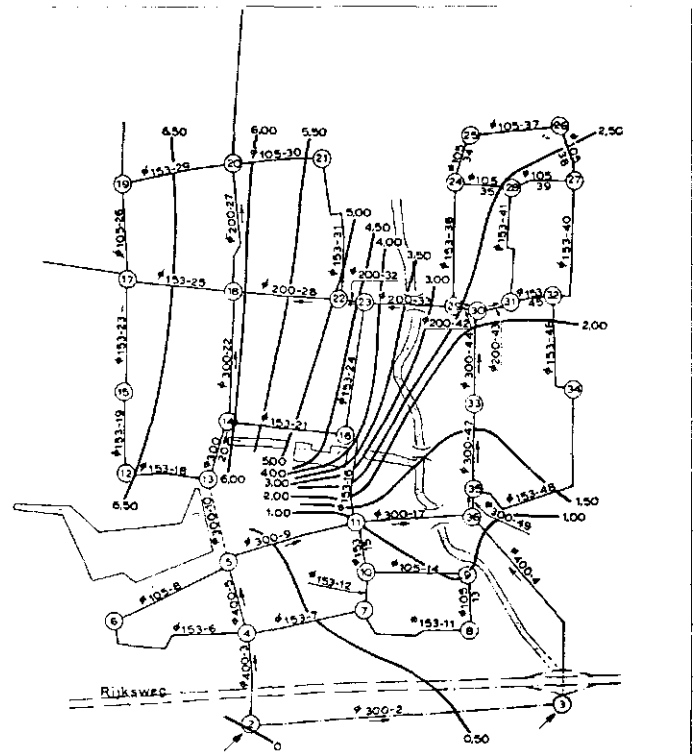


Afb. 12.

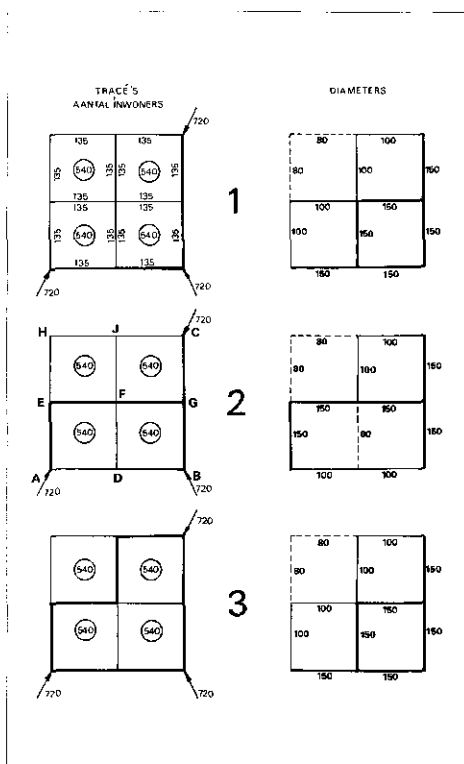
Het is volgens de equivalentie-methode nodig de voedingspunten te koppelen door leidingen van voldoende capaciteit. Het totale inwonerstal is 4 x 540. Per leiding moeten 1080 inwoners worden voorzien.

Volgens de equivalentie-tabel I is dan een

Afb. 11.



Mededelingen



Afb. 13.

koppelleiding van 150 mm \emptyset nodig. In afb. 12-1, 12-2 en 12-3 zijn drie tracé's van de koppelleiding aangegeven. In afb. 12-1 moet de leiding AEFGB 13×135 inwoners voorzien. De capaciteit van de leiding moet dan $\frac{13 \times 135}{2} = \text{ca. } 880$ inwo-

ners zijn, zodat een leiding van 150 mm \emptyset nodig is (maximum 1.380 inw.).

Voor de leiding EHJCG is een diameter van 100 mm voldoende ($5 \times 135/2 = \text{ca. } 340$ inw.) (max. 365 inw.).

De leidingen JF en FD kunnen resp. vanuit HJC — EFG en EFG — ADB worden gevoerd ($2 \times 135/2 = 135$ inw.).

Hiervoor is een 80 mm \emptyset leiding (max. 154 inw.) voldoende. Uiteraard kan uit andere overwegingen ook een 100 mm \emptyset leiding worden toegepast.

Bij verder uitwerken van de drie situaties blijkt duidelijk dat de koppeling van de voedingspunten door een leiding volgens 12-2 de voorkeur verdient.

In afb. 13 is een situatie gegeven met drie voedingspunten. Ook hier blijkt afb. 13-2 de beste oplossing te geven.

Ogenscheinlijk kunnen in de situatie volgens afb. 13-3, 100 mm \emptyset leidingen worden

toegepast: $\frac{3 \times 720}{6} = 360$ inw., maar bij

verdere uitwerking blijkt dan een tekort aan capaciteit bij A-D-B-G-C en moeten ook DF en FG in 150 mm \emptyset worden

uitgevoerd. Daarmee is dezelfde oplossing als bij afb. 13-1 verkregen.

Zoals opgemerkt, is het de bedoeling hier nieuwe inzichten naar voren te brengen. De laatste jaren zijn door collega's vele belangrijke facetten, die een rol spelen bij een leiding-ontwerp, diepgaand bestudeerd. Daarbij zijn goede gereedschappen vervaardigd voor een meer wetenschappelijke benadering van de problemen. Bij het hanteren van deze nieuwe gereedschappen, blijven echter bepaalde bedrijfsinzichten en situaties hun invloed uitoefenen. Een en ander kan leiden tot de conclusie, dat het grootste nieuws is, dat er weinig nieuws is.

Enerzijds is dat toch ook een pluim op de hoeden van onze voorgangers in de waterleiding-techniek, die wellicht meer gevoelsmatig te werk gingen, terwijl anderzijds de huidige deskundigen grote waardering verdienen voor de wijze, waarop zij deze aanpak een meer wetenschappelijke basis geven.



Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland

Vergaderingen

25 augustus 1978, 9.50 uur: Commissie Leerprogramma's Waterleiding-techniek, WMN, Utrecht.

28 augustus 1978, 10.00 uur: Werkgroep Leidingenregistratie, Jaarbeurs, Utrecht.

28 augustus 1978, 14.00 uur: Werkgroep Leidingenregistratie/Waterleidingvertegenwoordigers in PKC's.

29 augustus 1978, 10.00 uur: Nederlands Comité voor de IWSA, VEWIN-kantoor.

29 augustus 1978, 14.00 uur: Raad van Advies voor de redactie van H₂O, VEWIN-kantoor.

31 augustus 1978, 9.00 uur: Dagelijks Bestuur, Zalencentrum, Centraal Station, Den Haag.

31 augustus 1978, 10.15 uur: Commissie voor de Examens in Waterleidingtechniek.

5 september 1978, 10.30 uur: Centraal Plancollege, W.O.B., Den Bosch.

6 september 1978, 10.30 uur: Werkgroep Leidingenregistratie, NV Waterleiding Friesland, Leeuwarden, en

Contactorgaan Voorlichters Waterleiding-bedrijven, Productiebedrijf Kralingen van de Drinkwaterleiding der gemeente Rotterdam.

7 september 1978, 10.15 uur: College van Bedrijfsdirecteuren, VEWIN-kantoor.

7 september 1978, 14.00 uur: Statistiekcommissie, VEWIN-kantoor.

14 september 1978, 10.00 uur: Commissie Controle Watermeters, WMN, Utrecht.

19 september 1978, 14.00 uur: Orgaan van Overleg Inspectie van de Volksgezondheid-VEWIN, VEWIN-kantoor.

21 september 1978, 10.30 uur: Dagelijks Bestuur, VEWIN-kantoor.

21 september 1978, 14.00 uur: Bestuur, VEWIN-kantoor.

22 september 1978, 9.50 uur: Commissie Opleiding in de Waterleiding-techniek, WMN, Utrecht.

26 september 1978, 14.00 uur: Contactcentrum olie-industrie - openbare watervoorziening, VEWIN-kantoor.

Regencijfers

	Neerslag in mm tijdvak 28 juni t/m 11 juli '78
Valkenburg (ZH)	87,7
Den Helder (De Kooy)	59,7
Schiphol	89,2
De Bilt	71,6
Leeuwarden	54,9
Groningen	46,8
Twente (vliegveld)	65,6
Vlissingen	55,0
Gilze Rijen	69,3
Eindhoven	64,3
Maastricht	69,2

Neerslag in juni 1978 (definitieve cijfers). De hoeveelheid neerslag gemiddeld over het gehele land bedroeg 72 mm tegen 54 mm normaal. De grootste hoeveelheid was 125 mm te Deelen, de kleinste 41 mm te De Kooy. De grootste etmaalhoeveelheid (58 mm) werd op 3 juni te Deelen gemeten.

District	Neerslag in mm	
	gem. hoeveelheid	afwijking van N *
Den Helder	54	+ 12
Leeuwarden	69	+ 15
Eelde	72	+ 17
Hoorn (NH)	57	+ 9
Lelystad	75	+ 25
Dedemsvaart	80	+ 19
Naaldwijk	73	+ 22
De Bilt	69	+ 10
Winterswijk	76	+ 15
Andel	86	+ 32
Vlissingen	70	+ 19
Oudenbosch	83	+ 26
Gernert	81	+ 25
Venlo	82	+ 23
Beek (L)	54	- 16
Landgemiddelde	72	+ 18

* Gemiddelde over het tijdvak 1931-1960. Bron: KNMI.