

Rioleringsberekeningen met behulp van de computer

1. Waarom de computer bij rioleringsberekeningen

Nog explosiever dan de bevolkingsaanwas is de urbanisatiegroei. Woonde circa 90 miljoen van de ongeveer anderhalfmiljard mensen aan het begin van deze eeuw op aarde in grote steden, aan het eind van deze eeuw zullen het 4 van de 6 miljard zijn *). Inhaerent aan deze urbanisatie-uitspatting zal een massale aanleg van rioleringsnetten zijn. Dit is zo'n immense taak, dat het op verantwoorde wijze berekenen van rioleringsplannen met handkracht, gezien de dan benodigde manuren, fysiek nauwelijks meer mogelijk lijkt.

Met opzet is de term „verantwoorde wijze berekenen” gehanteerd. De beleidsman van nu en straks moet aan de hand van uitkomsten van variantoplossingen kunnen uitmaken (hij mag en moet dus variant-oplossingen kunnen eisen) welke beslissingen genomen moeten worden.

Welke inundatiefrequentie moet aan een systeem worden toegekend?

Eenmaal per jaar, eenmaal per 2 jaar? Wat is economisch gewenst?

Moet een gescheiden of gemengd stelsel worden gekozen? Wat is de invloed van een nieuw rioleringsnet op het bestaande stelsel na aansluiting; hoe bij de ene, hoe bij de andere technische uitwerking?

En dan is er nog de belangrijke vraag over de interrelatie tussen riolering en rioolwaterzuivering, riolering en oppervlaktewater bij gemengde stelsels. Hoe beïnvloeden riolering (inclusief gemalen en transportleidingen) en rioolwaterzuivering elkaar qua grootte en opzet. Om tot een optimale oplossing in deze problematiek te komen zijn de gegevens uit diverse variantberekeningen onmisbaar.

Met behulp van de computer behoeft men ook geen ingewikkelde berekeningen meer te schuwen, die men met de handmethode, vaak wegens tijdgebrek, uit de weg moest gaan.

Voorbeelden: het rekening houden met „gradually varied flow”, berging en stromingen in gedeelte gevulde leidingen, schietend water, stuwkrommen, de laminaire grenslaag in buizen, ingewikkelde en massale vermazingen etc. etc.

Een bekend belangrijk feit is dat de computer, mits goed gevoed, niet alleen foutloos rekent, maar ook een krachtig hulpmiddel is om menselijke fouten bij gegevensverstrekking, ontwerpen e.d. op te sporen en te signaleren.

Verder verkrijgt men met behulp van het goed geordende en overzichtelijk eindresultaat van de computerberekening een duidelijke en eenvoudig toegankelijke archivering van de bestaande en ontworpen riolering. Dit „archief” kan bestaan uit direct leesbare tabellen op groot en op microformaat, uit gecodeerde ponskaarten of een zeer weinig ruimte innemende magneetband.

De urbanisatie die sneller groeit dan de reeds enorm toenemende bevolking zal maken, dat steeds meer en meer routine-rekenwerk uit de handen van rioleringsontwerpers en rekenaar moet worden genomen en overgedragen moet worden aan snelle rekenhulpmiddelen.

Aldus kan menselijk vernuft en creativiteit, daar waar zij hoort, optimaal worden ingezet; namelijk bij het zinnig ontwerpen op basis van zoveel mogelijk gegevens.

Het streven is dan ook het aantal handbewerkingen tot een minimum te beperken, zo ook het door mensen in te voeren pakket aan gegevens, om hier uit met behulp van de computer een maximum aan betrouwbare en overzichtelijke uitkomsten te verwerven.

2. Ontwerpen van de riolering met behulp van de computer

Het is nu meer dan 10 jaar, dat in „eigen huis” ontworpen wordt met behulp van de computer.

Het ontwerpen met het oude programma ten behoeve van stelsels in „vlakke gebieden” hield echter niet meer in dan het narekenen van een tevoren met de hand bepaald, vaak intuïtief aangevoeld stelsel. Naar aanleiding van de uitkomsten van de eerste berekening, controleberekening, werd het stelsel aangepast, wederom met de hand, en daarna opnieuw met de computer doorgekeurd. Enzovoorts, tot een redelijk bevredigend (voor die tijd) resultaat werd verkregen.

Als hinderlijk tot bijzonder hinderlijk werd ervaren:

- de grote hoeveelheid in te voeren gegevens, hetgeen veel handwerk vereiste (voorbeeld: het opgeven per streng van alle diameters en de binnenonderkanten van de buizen bij de putten);
- het gebruik van te vereenvoudigde hydraulische formules, ook voor geheel gevulde buizen;
- het niet rekening houden van het programma met het bestaan van gedeeltelijk gevulde buizen en met het stromingsgedrag en de berging in die buizen;
- het niet afdrukken van controle- c.q. foutenboodschappen door de computer, zodat de ontwerper lange lijsten met de hand moest afturven om onvolkomenheden in het ontwerp op te sporen;
- het ontbreken van de mogelijkheid om optimaal te ontwerpen; een bekend voorbeeld was de weerkerende vraag welke buizen wel en welke niet vergroot moesten worden om de benodigde berging te verkrijgen;
- het ontbreken van de mogelijkheid, wegens de uitgebreide invulprocedure om met behulp van simpele coderingen verschillende variant-ontwerpen (pvc versus beton bijv.) met behulp van één computer-run te verkrijgen;
- de beperkte output.

Het gemis aan een programma, dat met gedeeltelijk gevulde buizen rekening houdt, werd nijpend, toen zich grote stelsels in sterk hellende gebieden aandienen in 1966.

Een belangrijk bijkomend aspect bij grote stelsels met gedeeltelijk gevulde buizen is, met nadruk op het woord „grote”, dat men niet meer voorbij kan gaan aan de tijd die nodig is voor het gedeeltelijk vullen van deze buizen en voor het doorstromen van het stelsel; met andere woorden niet meer voorbij kan gaan, zonder de realiteit geweld aan te doen, aan het verschijnsel „vertraging in het stelsel”, hetgeen weer betekent dat het

*) Bron: Club van Rome.

stelsel met een *variërende regenintensiteit*, een met de tijd verlopende intensiteit, *moet* worden doorgerekend. Voor *bestaande* stelsels kan hiervoor met succes de zogenaamde hydrographmethode worden toegepast, in navolging van de berekeningsmethoden voor riviertjes in natuurlijke stroomgebieden, zij het voor stelsels met boomstructuur en met behulp van een „hand-coupe methode” voor niet in gewikkelde maasstructuren. Voorbeelden zijn het Road Research Laboratory programma in Engeland en de toegepaste programma’s in Los Angeles en Chicago.

Een moeilijkheid vormt de bepaling van de maatgevende hyetograaf en de vervorming van hyetograaf tot hydrograaf per deelstroomgebiedje.

Bij de te *ontwerpen* stelsels, waarbij men direct door de computer zelf de buisdiameter en de buisligging wil laten bepalen, vereist de berekening met de hydrographmethode een uitgebreid programma.

Toevlucht werd daarom gezocht tot de veel minder gecompliceerde rationele methode, die als uitkomsten een mindere zuivere benadering van de werkelijkheid geeft, maar nog altijd een veel betere bij grote stelsels dan de berekening, gebaseerd op één constante regenintensiteit. Naast de simplificerende keuze van de rationele methode, werden *ter beperking* van het nu inmiddels 6 jaar oude programma voor stelsels met verlopende regenintensiteit, stelsels voornamelijk voorkomend in hellende gebieden, de volgende vereenvoudigingen ingevoerd:

- a. het programma zou alleen geschikt zijn voor stelsels met boomstructuur of stelsels met mazen, waarvoor de verdeel-coëfficiënten eenduidig bekend waren, bepaald, of berekend konden worden;
- b. ten behoeve van de berekening zou in de strengen éénparige beweging worden verondersteld;
- c. niet éénparige beweging, zoals opstuwung, discontinuïteiten, e.d., zou worden gesignaleerd, niet worden berekend.

Piekdebieten werden dus berekend met behulp van de rationele methode en te ontwerpen stelsels werden gedimensioneerd op basis van de met de rationele methode berekende piekdebieten.

Het programma, hoe beperkt ook, heeft goede diensten bewezen bij die stelsels, waar de vertraging niet verwaarloosd mag worden.

Vooraf bij het ontwerpen werd geprofiteerd van de sterk vereenvoudigde input*), betere output, „foutenboodschappen door de computer” en het zeer belangrijke feit, dat de computer „zelf”, buisafmetingen (diameter) en buisligging ontwerpt.

De plezierige ervaringen met, maar ook de tekortkomingen van beide programma’s, eenvoudigheidshalve genoemd het programma voor vlakke gebieden en het programma voor hellende gebieden, leidden tot een wensenlijst voor een nieuw gecombineerd programma, een „universeel” programma. Dit „universele” programma zou naast andere wensen moeten voldoen aan de volgende eisen:

het moest zowel een ontwerpend programma zijn, als een programma voor de controle van bestaande rioolstelsels;

*) Een belangrijk aspect is bijvoorbeeld, dat de rioleringsputten in willekeurige volgorde genummerd kunnen worden en dat de strengen niet genummerd behoeven te worden.

- b. ten behoeve van het ontwerpen zou de input zeer eenvoudig moeten zijn en tot een minimum beperkt moeten kunnen worden;
- c. het programma zou zowel geschikt moeten zijn voor berekeningen met een constante regenintensiteit als met een variërende regenintensiteit;
- d. het programma zou rekening moeten houden met gedeeltelijk gevulde leidinggedeelten, golfverschijnselen, schietend en stromend water, watersprongen en dergelijke;
- e. het programma moest rekening houden met het effect van de laminaire laag op de buiswand (formule van Prandtl-Colebrook) en het effect van de ten opzichte van de volle buis veranderende coëfficiënt van Chezy bij gedeeltelijke buisvulling (formule van Camp);
- f. het programma moest een groot aantal controleboodschappen ten behoeve van de ontwerper c.q. controleur afdrukken;
- g. het programma zou ervoor moeten zorgdragen, dat bij het ontwerpen een zo evenwichtig mogelijke verdeling van de statische berging verkregen zou worden, met in achtname van een zo goed mogelijke benadering van de gewenste waterstanden;
- h. het programma zou een overzichtelijke en uitgebreide output, bijvoorbeeld ten behoeve van archivering, moeten verschaffen.

Het bleek niet mogelijk, om op korte termijn aan alle wensen en eisen in één keer te voldoen.

Gezien de nog grote onzekerheid over de vorm van de input-hydrograaf leek het opportuun het „universele” programma te phaseren en bij phase I nog geen rekening te houden met verschijnselen die met de tijd variëren. Aldus voldoet phase I niet aan de eis van variërende regenintensiteit (eis c) en aan de eis rekening te houden met golfverschijnselen (eis vervat in eis d).

Phase I betreft de toestand van *permanentie*: constante regenintensiteit, permanente stroming en dergelijke; wel kunnen optreden niet-éénparige beweging, schietend water, opstuwung, watersprongen etc.

Aan de overige eisen a tot en met h, is wel reeds bij phase I voldaan.

Phase I is daarmee geschikt geworden voor stelsels waarbij de vertraging verwaarloosbaar klein is:

- a. gemengde stelsels in vlakke gebieden;
- b. rwa-riolering van een gescheiden stelsel in vlakke gebieden;
- c. dwa-stelsels.

N.B.

ad a Het stelsel is zeer snel gevuld bij de (grote) maatgevende bui.

De gedeeltelijk gevulde buizen komen in het algemeen in randzones voor, waarbij het vertragingseffect te verwaarlozen is.

ad b In het algemeen zijn hier de buizen geheel gevuld en/of kort van lengte.

ad c In het algemeen worden de debieten simpelweg opgeteld (permanente toestand). Eventueel toegepaste reductie vindt plaats *niet* op basis van vertraging, doch op basis van waarschijnlijkheidsrekening (conform methode Clement bij beregeningsirrigatie) of empirische formules (Koch, Babbitt).

Kortom, het doel dat voor ogen heeft gestaan bij het nieuwe programma voor het berekenen van rioleringen met permanente stromingstoestand (constante regenintensiteit) in zowel vlakke als hellende gebieden, is te combineren in één programma, zijnde:

een goed controlerend programma van bestaande stelsels en een programma dat voor nieuwe stelsels of nieuwe delen van stelsels de computer zoveel mogelijk „zelf” laat ontwerpen, dus zelf buisafmetingen en liggingen laat bepalen, waterstanden en stroomsnelheden laat berekenen, vooral bij ingewikkelde zaken als gedeeltelijk gevulde buizen, opdat de ontwerper-controleur (bij uitzondering nog rekenaar) zoveel mogelijk werk uit handen wordt genomen bij ontwerp, input en controle.

Belangrijke aspecten bij een ontwerp met behulp van een computer zijn, dat de computer met een *minimum aan input*, zelf ontwerpt:

1. de benodigde leiding dimensies; per streng de buisdiameters of de inwendige maten van eivormige buizen;
2. de ligging van de leiding in het verticale vlak;
3. de optimale verdeling van de berging over het stelsel, vertaald in aangepaste leidingdimensies (buisdiameters).

De vereenvoudigde input houdt in dat de ontwerper niet meer hoeft op te geven dan:

1. de door hem gewenste watertoestanden op enkele cruciale plaatsen in het net, dus niet voor elke put;
2. de plaats van gemalen en overstorten;
3. lengte van strengen en willekeurig genummerde putten;
4. maaiveldhoogte (dat wil zeggen alleen de markante knikpunten, aangezien de overige punten door de computer met behulp van interpolatie worden bepaald);
5. het verharde oppervlak of de verhardingsbreedte per streng;
6. via een eenvoudige wijze van opgeven de algemene gegevens als regenintensiteit, dwa intensiteit per m² verhard oppervlak *), leidingmateriaal **), gewenste berging, minimale dekking op de buizen, maximale vulhoogte in de buizen bij dwa, gewenste minimale en maximale bodemverhangen, gewenste minimale snelheden en te signaleren overschrijdingsgrens bij hoge snelheden.

Voor de hierna volgende berekeningsgang van het programma en de resultaten wordt verwezen naar de paragrafen 4 en 5.

3. Controle van de bestaande netten

Qua berekening komt de controleberekening geheel overeen met die voor te ontwerpen stelsels. Uiteraard vervalt het ontwerpgedeelte.

Het verschil voor de input is nu dat per put en per

*) Als extra of aparte input blijft mogelijk de opgave van een willekeurige grote dwa per streng.

**) Het opgeven van het materiaal betekent onder meer, dat de computer de standaard leverantielijst van de buizen aanhoudt. Te allen tijde kan apart per streng een materiaal met willekeurige wandruwheid opgegeven worden, ongewapend beton, gewapend beton, gecentrifugeerd beton, asbest-cement, PVC, etc.

streng alle gegevens moeten worden ingevuld; dus veel meer gegevens dan bij de ontwerpberekening.

Er zijn in totaal 250 controlemeldingen, die door de computer kunnen worden afgedrukt.

Saillante punten zijn bijvoorbeeld:

1. Controle op de waterstand boven maaiveld.
2. Controle op de stroomsnelheid.
3. Controle op de nuttigheid van strengen.
4. Controle op de werking van overlagen.
5. Controle op de werking van gemalen.
6. Controle op de berging.
7. Controle op de vullingsgraad der buizen bij dwa.

ad 1. Controle op de waterstand boven maaiveld houdt in dat die putten aangegeven worden, waarbij het water tijdens de maatgevende bui boven maaiveld zou komen. Het programma geeft de waterstand in de put boven maaiveld aan en laat geen water ontsnappen. Dit is gedaan om de volgende redenen:

- a. het knelpunt is gesignaleerd;
- b. bij het laten ontsnappen van water uit de put, is men er niet zeker van dat na verbetering (vergroten van de buizen b.v.) en het dus dan binnenhouden van het water in het stelsel er zich niet plotseling elders knelpunten in het stelsel zullen manifesteren;
- c. bij het ontsnappen van water wordt het onzeker welk gedeelte van de ontsnapte hoeveelheid elders weer het stelsel binnenkomt, zelfs tijdens de toestand van constante regenintensiteit;
- d. indien men per se het weglopen van water uit de gesignaleerde put wil toestaan, dan wordt bij een alternatieve berekening de put als overlaat ingevoerd (er wordt dan wel gerekend op een volkomen overlaat).

ad 2. Met behulp van de controle op de stroomsnelheid worden die zones gesignaleerd waar of te grote of te geringe (met het oog op ongewenste sedimentatie) snelheden optreden.

In één streng worden de snelheden in het bovenstroomse gedeelte en het benedenstroomse gedeelte genoteerd.

Bij de gedeeltelijk gevulde buizen, waar in het algemeen het „gradually varied flow”-patroon aanwezig is, kunnen aldus de opstuwings- en valstromingstoestanden onderkend worden. Opstuwings bij dwa is evident onaantrekkelijk.

ad 3. Bij de controle op de nuttigheid van de strengen vallen de strengen die praktisch leeg zijn (niet aan de berging deelnemen) of stroomloos zijn (niet aan de afvoer deelnemen) door de mand.

Een streng bijvoorbeeld die tijdens RWA geheel gevuld is, doch bij DWA leeg staat, is aantrekkelijker dan die welke bij DWA reeds een stroomloze vulling heeft.

Het programma onderscheidt ook nog stroomloze strengen, waarbij het bovenstroomse deel of eind droog staat en het benedenstroomse deel geheel of gedeeltelijk gevuld is; dit zijn zogenaamde strengen met „stuitend” water.

ad 4. Interessante punten bij de controle op de werking van overlagen zijn bij RWA: of de overlagen droog staan, stromen of de verlengde overstorthoogte bereiken,

bij DWA: of een overlaat, tegen de bedoeling in bij het gemengde stelsel, toch werkt.

ad 5. Het programma bepaalt het door de gemalen weggepompte debiet. Zo kan bij de aanwezigheid van meerdere gemalen in een stelsel een gemaal dat onder zijn capaciteit werkt, gesignaleerd worden.

ad 6. Bij de controle op de berging worden statische en dynamische berging apart opgegeven. Statische berging is per definitie de vulling van het net beneden de laagst gelegen overlaat.

ad 7. Met het oog op de benodigde reserve-capaciteit is het van belang te weten hoe groot de vulling is van de buizen bij DWA. Als maximale vullingsgraad wordt vaak niet meer dan 50 % genomen.

Dit zijn dan 7 controlepunten. Zoals gezegd zijn er in totaal 250.

4. De berekeningsgang (zie ook afb. 1)

De berekening op een computer stelt een duidelijke eis aan de volgorde der handelingen. Deze is als volgt voor de rioleringsberekening *):

- a. Inlezen gegevens.
- b. Bepaling van de mazen.
- c. Bepaling maaiveldhoogten en putwaterstanden.
- d. Bepaling leiding debieten uit RWA (+ DWA **).
- e. Bepaling leiding debieten uit DWA.

1e en 2e loop:

- f. Bepaling leidingdimensies (buisdiameters) uit de gegeven waterstanden en RWA.
- g. Bepaling van de buisligging in het verticale vlak met behulp van de DWA.
- h. Controle van de buisdiameters op basis van DWA.
- i. Controle van de statische berging.
- j. Aanpassing van de statische berging, vergroting van de niet bestaande, te ontwerpen buizen.
(1e loop: j - f)

2e loop:

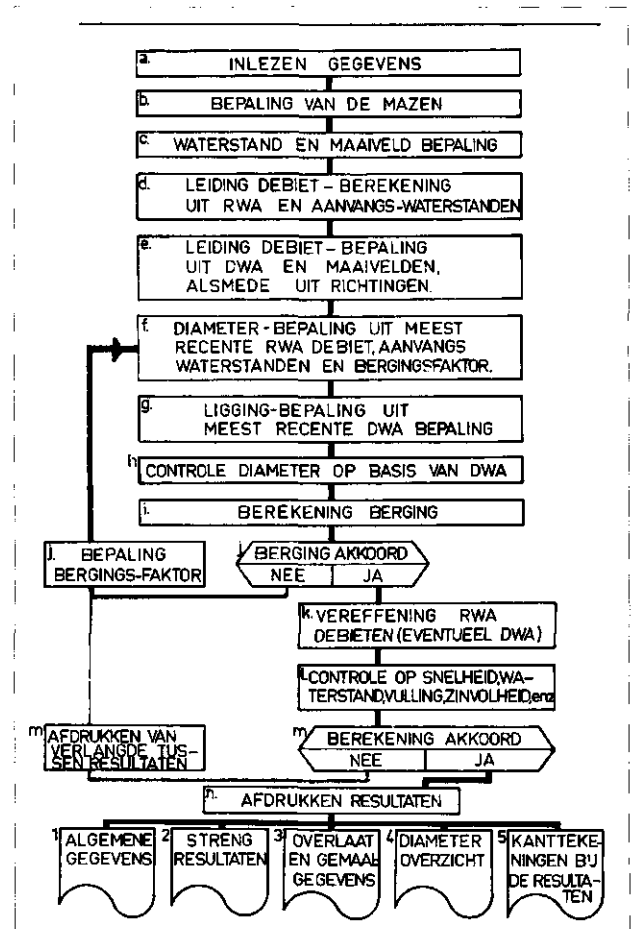
- k. Vereffeningberekening leidend tot nieuwe waterstanden en debietverdeling in de maasstrengen bij RWA en DWA.
- l. Controle op snelheden, vulling e.d. (± 250 controlepunten).
- m. Herberekening indien controleberekening (l) tolerantie-overschrijding aangeeft.
(2e loop: m - f)

n. Afdrukken resultaat (output).

Voordat tot de gedetailleerde behandeling van de onder-

*) Voor de eenvoud is alleen de sequentie voor het gemengde stelsel aangegeven. De handelingenreeks voor het RWA-deel en het DWA-deel van een gescheiden stelsel is iets anders en eenvoudiger.

**) Op zeer grote invoerdebieten na (fabriekslozing) wordt in het algemeen het DWA aandeel in de (RWA + DWA)-debieten verwaarloosd.



Afb. 1 - Berekeningsgang.

delen van de handelingenreeks wordt overgegaan, is het wellicht nuttig in het kort toe te lichten waarom in tegenstelling tot de knooppuntvereffeningsmethode, de coupuremethode en de directe oplossingsmethode de vereffening met behulp van de maasmethode is verkozen. De lezer wordt bekend verondersteld met de berekeningsgangen bij deze 4 methoden, de wetten van Kirchhof, methode Hardy Cross, etc.

Bijzonder belangrijk werden de volgende elementen ten gunste van de maasmethode geacht:

I. De benodigde input bij de maasmethode is zeer gering (hoe kleiner de kans op menselijke fouten, hoe beter). Bij de knooppuntmethode moet in vergelijking tot de maasmethode met een grote mate van nauwkeurigheid de waterstand in de putten worden opgegeven. De maasmethode is in feite onafhankelijk van de startwaterstanden.

II. Het aantal op te lossen vergelijkingen voor de vereffening is bij de maasmethode veel geringer dan bij de knooppuntmethode en de coupuremethode; even groot als bij de directe oplossingsmethode, doch deze laatste methode eist een veel grotere geheugencapaciteit van de computer. Voorts blijkt het aantal elementaire mazen per net in het algemeen mee te vallen (zie afb. 2a en 2b).

III. De maasmethode blijkt tot snelle convergentie te leiden bij de berekeningen.

IV. De maasmethode, welke vereffent met behulp van ΔQ (kleine debietcorrecties) is gevoelig voor (zeer) kleine buisdiameters; de knooppuntmethode welke vereffent met Δh (kleine niveaucorrecties) is gevoelig voor (zeer) grote buizen.

Stel $\frac{\Delta h}{\Delta Q} = 1 \cdot \gamma = G_{300}$ bij buizen van $\varnothing 300$ mm,

waarbij γ de zogenaamde „gevoeligheidsconstante” is en G de „gevoeligheidsfactor”, dan is bij buizen van $\varnothing 100$

mm $G_{100} = \frac{\Delta h}{\Delta Q} = 250 \gamma = 250 \cdot G_{300}$ en bij buizen

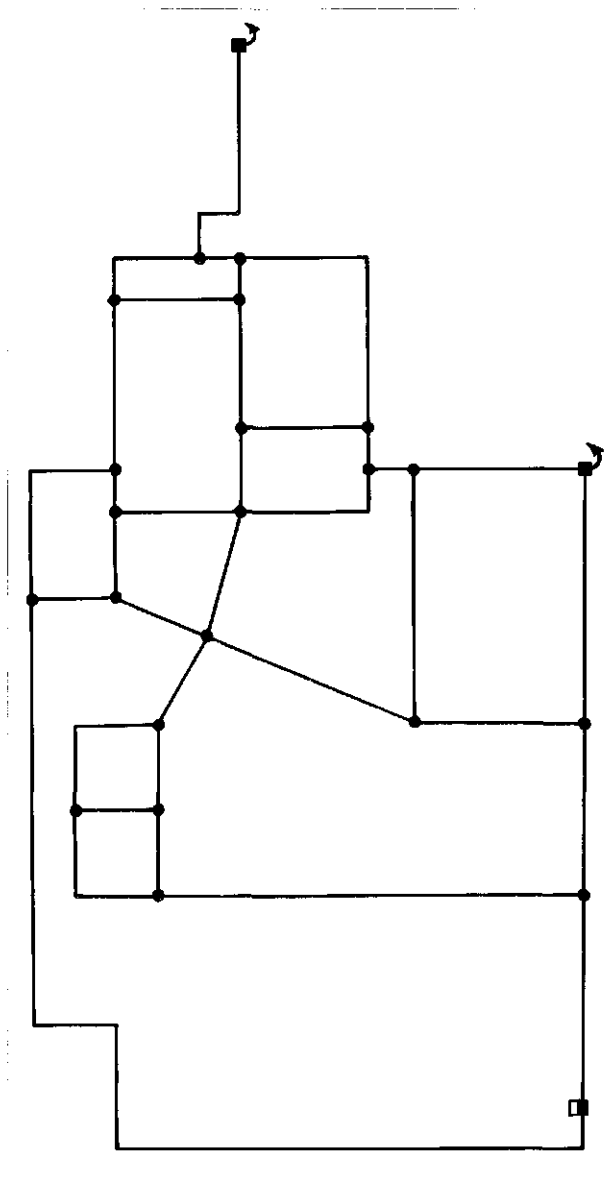
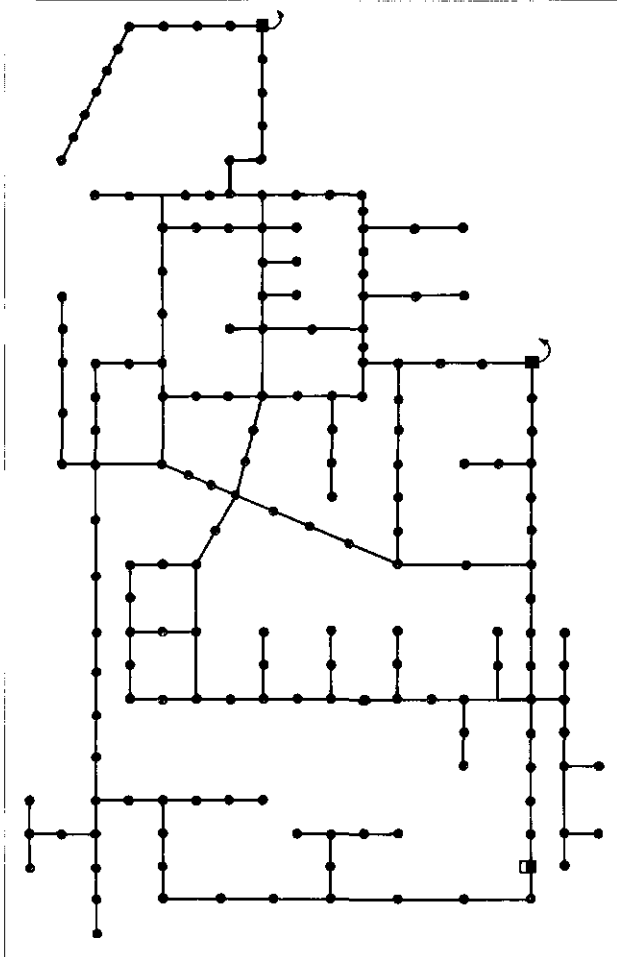
van $\varnothing 1000$ mm is $G_{1000} = \frac{\Delta h}{\Delta Q} = 0,0025 \gamma = 0,0025 G_{300}$.

Bij de door te berekenen gemengde stelsels en RWA-netten bij gescheiden stelsels zijn in het algemeen de buizen groter dan $\varnothing 300$ mm.

Aldus geeft de maasvereffeningsmethode de kans op de geringst mogelijke gevoeligheid bij deze stelsels. Daarbij komt nog dat DWA-netten bij gescheiden stelsels, die eveneens met de maasmethode vereffend kunnen worden, praktisch altijd de boomstructuur vertonen, zodat dan geen vereffeningberekening nodig is.

N.B. Zijstrengen behoeven als er geen water uit het stelsel ontsnapt, niet in de vereffeningberekening te worden opgenomen. De zijstrengdebieten zijn alsdan

Afb. 2a - Volledig net.



Afb. 2b - Rompnet.

in één keer exact uit te rekenen. Immers pas na beëindiging van de vereffeningberekening in de mazen behoeven de waterstanden in de zijstrengketens bepaald te worden en dit kan in één keer exact zonder iteratieve berekening, ook bij gedeeltelijk gevulde buizen.

Terug naar de berekeninggang:

ad a. *Inlezen van de gegevens.*

De gegevens worden gesplitst naar:

- 1e. gegevens per put en streng,
- 2e. algemene gegevens.

Bij een te ontwerpen net kan in principe qua gegevens per put en streng met een minimum van 3 soorten gegevens volstaan worden, namelijk:

- 1e. de putnummers,
- 2e. de lengte van de beschouwde streng,
- 3e. het contribuerende verharde oppervlak per streng.

Hiernaast kunnen allerlei aparte gegevens per streng of put worden opgegeven, zoals aparte debietinvoer per put (fabriekslozing), afwijkende buissoort in de streng etc.

Als algemene netgegevens zijn vooral van belang bij te ontwerpen netten:

- RWA intensiteit;
- DWA intensiteit (herleid op het verharde oppervlak);
- tabel met de handelsmaten van de toe te passen buizen;
- wandruwheid van de buizen;
- maximale en minimaal toelaatbare verhangen;
- minimale dekking op de buizen;
- tolerantie van waterstandverschillen en debietverschillen bij de vereffeningberekening.

Ter besparing van de werkzaamheden is zelfs de mogelijkheid ingevoerd, dat bij toepassing van zogenaamde standaardwaarden, de ontwerper de algemene netgegevens niet meer behoeft op te geven.

ad b. *Bepaling van de mazen* (zie afb. 3).

Bij de bepaling van de mazen worden de volgende circuits en ketens onderscheiden:

ten 1e: *de elementaire mazen* — dit zijn de stroomketens van gesloten circuits en wel steeds de kleinste verbindingen; omhullenden worden dus vermeden;

ten 2e: *„open mazen”* — dit is in wezen een keten ter verbinding van netdelen, die elkaar wel beïnvloeden, doch niet via elementaire mazen met elkaar verbonden zijn;

ten 3e: *overlaat -en gemaalverbindingen* — dit zijn fictieve mazen tot het verkrijgen van sluitende stroomketens en de juiste debietverdeling over de overlaten. Deze afstemming geschiedt met inbegrip van niet stromende overlaten. Het „zuigen” van overlaten, water van buiten naar binnen, is uitgesloten. Ook wordt er rekening gehouden met niet werkende gemalen.

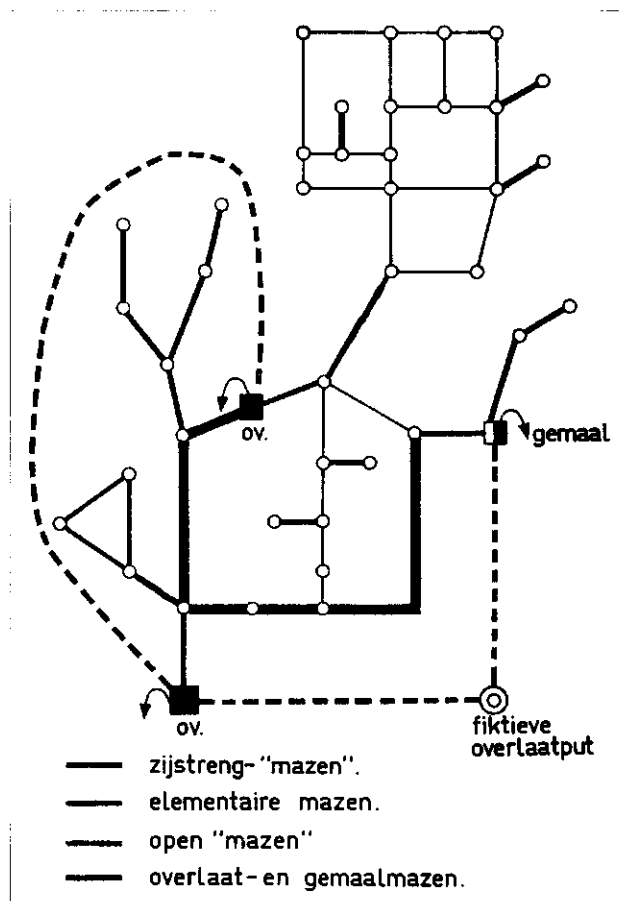
Inherent aan de maasmethode is, dat geen debiet uit het systeem verdwijnt. Als zodanig is in de overlaat- en gemaalverbindingmazen een fictieve overlaatput opgenomen ter opvang van de door overlaten en gemalen uit het net afgevoerde debieten; voor deze fictieve put blijft de eerste wet van Kirchhof opgaan.

ten 4e: *zijstrengketens* — ketens die een in één keer een exact berekend debiet aan de mazen afleveren en verder niet als zodanig in de vereffening participeren (deze netonderdelen vallen dus ook uit bij de bepaling van de elementaire mazen — zie afb. 2b — en bij de iteratieve vereffeningberekening).

ad c. *Bepaling van de maaiveldhoogte en putwaterstanden.*

De maaiveldhoogte is van belang voor de ligging van de buizen in het verticale vlak. De putwaterstand is van belang bij te ontwerpen netten, in verband met de eis dat het water niet boven maaiveld mag uitkomen, en de eerste benaderingsberekening van de debietverdeling in de mazen.

Aldus moet per put de maaiveldhoogte en de waterstand bekend zijn. Waar maaiveldhoogten en waterstanden door interpolatie bepaald moeten worden, wordt dit door de computer gedaan. Dit bespaart weer input-werk voor de ontwerper en kans op invulfouten.



Afb. 3 - Maasvoorbeelden.

Waterstanden worden alleen op de cruciale plaatsen door de ontwerper opgegeven. Interpolatie geschiedt volgens de polygoonmethode, dit is rechtlijnige interpolatie tussen knikpunten.

ad d. *Bepaling van de leiding debieten op basis van de RWA.*

Aangenomen wordt, dat de debieten slechts via de putten het net binnenkomen. Deze intree-debieten worden berekend aan de hand van de regenintensiteit, contribuerend verhard oppervlak en de afvoercoëfficiënt.

Samen met het debiet uit de inkomende streng(en) moet per put het intree-debiet verdeeld worden over de uitgaande strengen.

Door de computer wordt nagegaan met welke putten de onderhavige put verbonden is. Aan de hand van de opgegeven of berekende waterstanden wordt bepaald in welke richting het water per streng stroomt. De computer rekent met het feit dat het water zal stromen van de hoge naar de lage waterstand. Met behulp van de *verdeelcoëfficiënt* wordt dan berekend welk deel van het totaal uit de put uitstromende debiet aan de betrokken uitgaande streng toevalt.

De verdeelcoëfficiënt wordt als volgt bepaald:

$$V_j = \frac{\sqrt{\text{verhang uitgaande streng } j}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\text{verhang uitgaande streng } i}} \quad (1)$$

Met verhang wordt bedoeld hydraulisch verhang in de streng.

Voor *bestaande* uitgaande strengen uit een put wordt voor de eerste benadering een debiet berekend dat afgestemd is op het hydraulisch verhang in die strengen:

$$Q = A \times C \sqrt{RS} \quad (2)$$

Q = debiet (m³/s)

A = nat profiel volle buis (m²)

C \sqrt{RS} = bekende formule van Chezy met C bepaald volgens de formule van Prandtl-Colebrook voor de volle buizen (m³/s)

R = hydraulische straal van de volle buis (m')

S = hydraulisch verhang

Als er uitgaande strengen per put zijn en alle uitgaande strengen zijn bestaand, dan wordt de verdeelcoëfficiënt voor uitgaande streng j:

$$V_j = \frac{Q_j}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

waarin Q_i en Q_j volgens formule (2) berekend zijn.

Bij een combinatie van te ontwerpen en bestaande strengen wordt eerst aan alle bestaande strengen volgens formule (2) een debiet toegekend. Het nog te verdelen resterende debiet wordt volgens formule (1) over de te ontwerpen uitgaande strengen verdeeld.

Mocht er een nul debiet ontstaan dan wordt de minimale diameter toegekend.

Komen alleen bestaande strengen voor dan wordt formule (3) toegepast.

$$V_j = \frac{Q_j}{\sum_{i=1}^n Q_i} = \frac{A_j C_j \sqrt{R_j S_j}}{\sum_{i=1}^n A_i C_i \sqrt{R_i S_i}} \quad (3)$$

De debietverdeling verloopt feitelijk aldus in enkele etappes. Eerst wordt het inkomende debiet per put bepaald uit de regenintensiteit, verhard oppervlak, afvoercoëfficiënt en eventueel debiet. Dan wordt per put het aantal inkomende en uitgaande strengen door de computer bepaald. Daarna volgt een sortering op inkomende en uitgaande strengen.

Gestart wordt met de put met nul inkomende strengen. Voor deze putten wordt het debiet over de uitgaande strengen bepaald met behulp van de verdeelcoëfficiënt procedure. Daarna worden de eindputten van de uitgaande strengen behandeld. Het debiet van de berekende uitgaande streng wordt in de eindput bij het daar inkomende debiet geteld en het aantal inkomende strengen voor deze put wordt met één verminderd (zodanig wordt de put op een nieuwe plaats in de gesorteerde keten geplaatst).

In de praktijk is gebleken dat deze procedure altijd een debiet per streng oplevert, zelfs bij gelijke waterstanden in het net, mits een reëel stromingspatroon mogelijk is.

ad e. Bepaling van de leiding debieten op basis van de DWA.

Voor een eerste benadering van de optredende DWA debieten in de strengen moet de stroomrichting in de strengen bekend zijn en de verdeelcoëfficiënt bij putten met meer dan één uitgaande streng.

Voor zover de stroomrichting niet apart door de ontwerper is opgegeven, kan men deze bepalen door òf er

van uit te gaan, dat het water steeds de kortste weg zal nemen naar de gemalen òf door het maaiveld verhang maatgevend te stellen. Zowel voor te ontwerpen als bestaande netten vindt men dan, uitgaande van het gemaal of de gemalen, het stromingspatroon in het net.

De debietverdeling over de bestaande en te ontwerpen uitgaande strengen per put wordt, voorzover de verdeelcoëfficiënt niet apart door de ontwerper is opgegeven, conform formule (1) voor de RWA verdeling (zie paragraaf 4 ad d) bepaald, evenwel met dien verstande dat als verhang het maaiveld verhang wordt aangehouden en niet het RWA-hydraulisch verhang *).

De intree debieten per put worden òf apart opgegeven òf berekend aan de hand van het verharde oppervlak en een opgegeven, daarbij behorende DWA-intensiteit.

ad f. Bepaling van de leidingdimensie (buisdiameter) uit de gegeven waterstanden en RWA.

Er wordt in eerste instantie uitgegaan van volle buizen, die rond of eivormig kunnen zijn.

De eerste diameterbepaling van ronde buizen komt tot stand met behulp van de bekende formule van Prandtl-von Karman, waarbij voorlopig het effect van de laminaire grenslaag verwaarloosd wordt.

$$D^{5/2} = \sqrt{\frac{2}{S \cdot g}} \cdot \frac{Q/\pi}{\log(3.71/k) + 2/5 \cdot \log(D^{5/2})}$$

waarin D = diameterbuis (m)

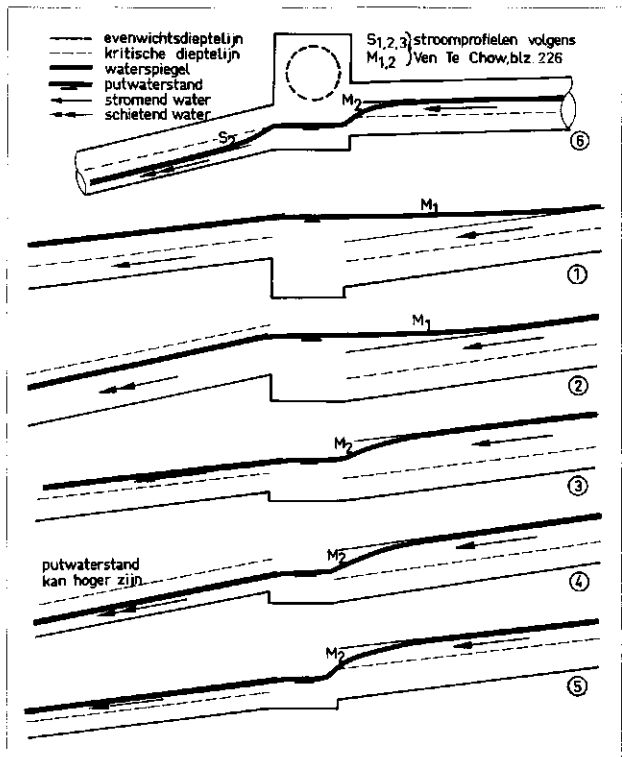
k = wandruwheid (m)

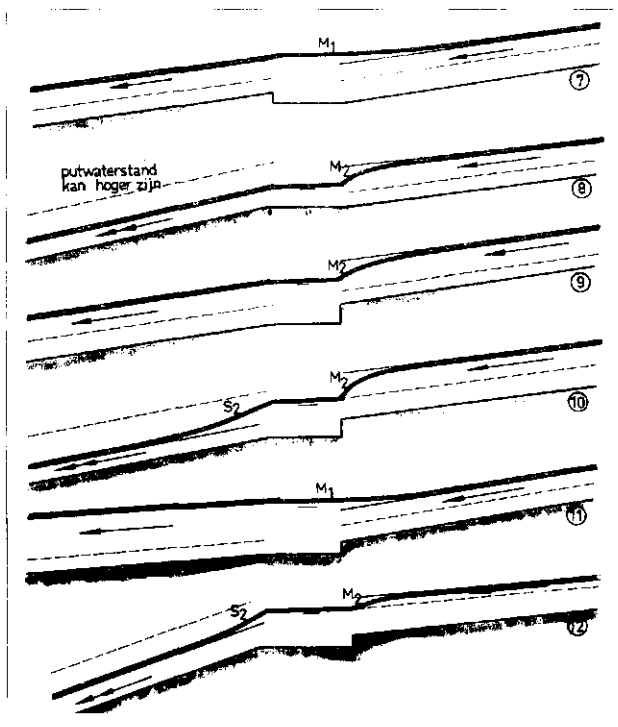
S = hydraulisch verhang

Q = debiet (m³/s)

*) Strengen die men niet aan de (doorgaande) DWA wil laten deelnemen (verdeelcoëfficiënt = 0) en die men niet qua binnenonderkant wil laten aansluiten op de doorgaande droogweerafvoering, liefst op een hoger niveau wil laten beginnen, krijgen hiervoor een aparte codering.

Afb. 4a - Stromingstoestanden.



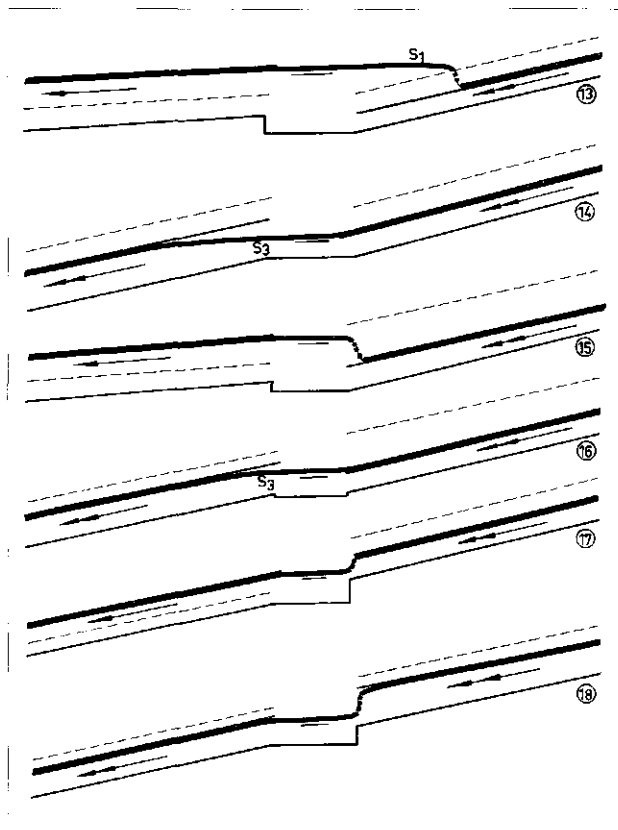


Afb. 4b.

ad g. en ad h. *Bepaling van de buisleiding in het verticale vlak met behulp van de DWA, plus controle van de buisdiameters op basis van de DWA.*

Met behulp van de RWA zijn de leidingdiameters voorlopig bepaald (zie ad f). Bij de bepaling van de leiding-

Afb. 4c.



debieten op basis van de DWA is het stromingspatroon in het net ten behoeve van de DWA vastgesteld (zie ad e). Vervolgens worden de buizen, zoveel mogelijk met een verhang dat overeenkomt met dat van het maaiveld, door de computer volgens het DWA-stromingspatroon gerangschikt; uiteraard met inachtneming van opgegeven minimaal toelaatbare dekking, aansluiting van BOK's of sprongen naar beneden in de putten etc.

Tevens controleert het programma of per streng de toelaatbare vulhoogte bij DWA niet wordt overschreden (50% vulling bijv.).

Bij overschrijding worden de buizen tot de benodigde (handels)maat vergroot.

ad i. en j. *Controle en aanpassing van de statische berging.*

Alvorens tot de vereffeningberekening over te gaan, is het zinvol eerst na te gaan of het net na de voorafgaande dimensiebepalingen (diameterbepalingen) wel aan de gestelde statische berging voldoet.

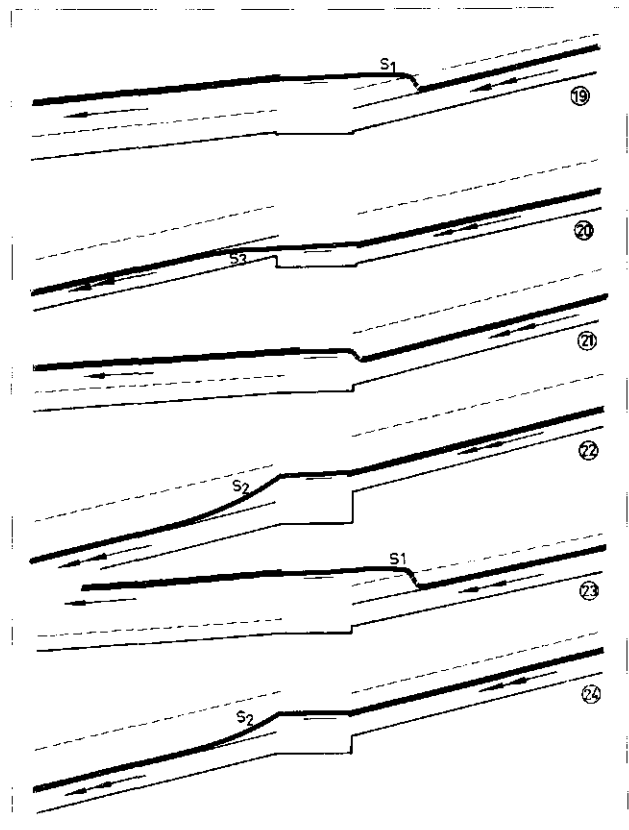
Zo wordt eerst de bergingsfactor $B = \frac{\text{gewenste berging}}{\text{aanwezige berging}}$

bepaald en indien deze qua tolerantie teveel afwijkt van waarde 1, worden de te ontwerpen leiding dimensies opnieuw bepaald met behulp van een correctiefactor die gelijk is aan de wortel uit bergingsfactor B.

$$\sqrt{B} = \frac{\text{nieuwe diameter}}{\text{oude diameter}}$$

Aldus kunnen de diameters worden vergroot of verkleind. Dit laatste is natuurlijk alleen mogelijk als RWA debiet en maximaal gestelde waterstanden dit toelaten.

Afb. 4d.



Een en ander met inachtnaam van de handelsmaten van de buizen.

ad k. *De vereffeningsberekening.*

Voldoet het net eenmaal aan de eis van de benodigde statische berging na een of meer loops in de berekening, dan kan worden overgegaan tot de vereffeningsberekening in de elementaire mazen. In elke elementaire maas kunnen diverse stroomketens voorkomen. De diverse stroomketens zijn bekend omdat eerst de stroomrichting per streng werd bepaald, zie ad d.

Een put in een elementaire maas, waarin 2 stroomrichtingen elkaar ontmoeten, wordt *startput* genoemd; een put waarin 2 stroomrichtingen van elkaar afgaan wordt *stopput* genoemd. De overige putten zijn doorgangspullen. In de maas wordt elke stroomketen vanaf de startput tegen de stroom doorgerekend tot aan de stopput.

Voor geheel gevulde buizen geschiedt dit met behulp van de formule van Chezy - Prandtl - Colebrook, waarbij nu wel rekening gehouden wordt met het effect van de laminaire grenslaag op de buiswand.

$$Q = C.A. \sqrt{RS} \text{ met } C = \frac{2.51 C_v}{4 VR \sqrt{8g} \log(C_1 + C_2)}$$

$$\text{waarin } C_1 = \frac{2.51 C_v}{4 VR \sqrt{8g}}$$

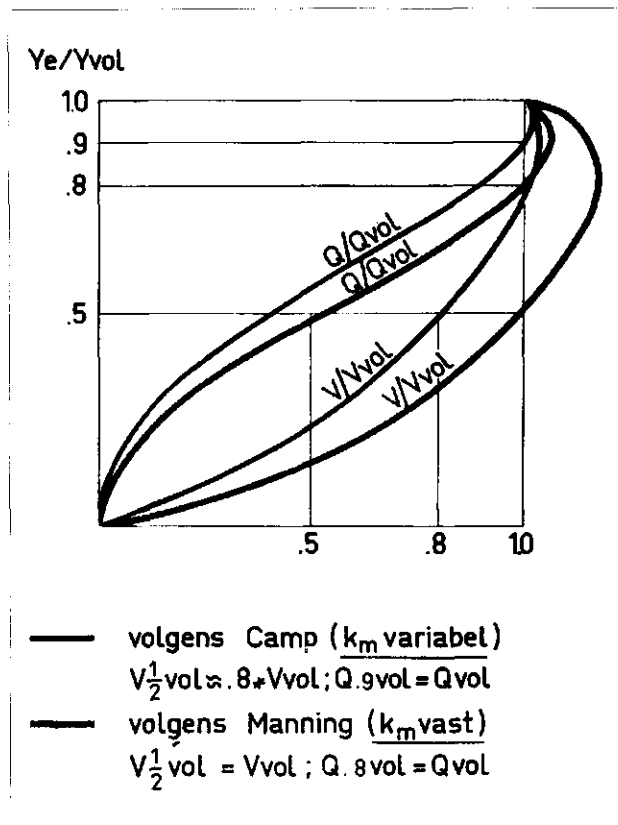
$$\text{en } C_2 = \frac{K}{14.84 R}$$

V = de gemiddelde snelheid (m/s) en

ν = de kinematische viscositeitscoëfficiënt (m²/s).

Voor gedeeltelijk gevulde buizen gebeurt dit met de for-

Afb. 5.



mule voor „gradually varied flow”, waarbij rekening gehouden wordt met overgangen van stromend op stromend water, stromend op schietend water, schietend op schietend water, schietend op stromend water (in totaal 24 variaties, zie afb. 4a, 4b, 4c en 4d) en in iedere streng het kromlijngig verloop van de waterspiegel wordt berekend. Een zekere onnauwkeurigheid wordt in enkele gevallen geïntroduceerd door tegen de stroom in te rekenen (bijv. bij de overgang van stromen op schieten); een onnauwkeurigheid die geen aanleiding geeft tot inexacte waterstanden in de doorgaande strengen van de stroomketen. Wel is er dan kans op een (geringe) onnauwkeurigheid in het startniveau van een streng die dwars op een put in de doorgaande keten uitkomt, een onnauwkeurigheid die echter geen aanleiding geeft tot accumulatie van fouten.

Bij de gevallen, die zich het meest voordoen, schieten op stromen bijv., doet zich deze onnauwkeurigheid niet voor.

Een bijzonderheid is nog, dat bij de berekening in gedeeltelijk gevulde buizen naast de variërende hydraulische straal ook nog rekening gehouden wordt met de eveneens variërende ruwheidscoëfficiënt, variërend in vergelijking tot de ruwheidscoëfficiënt, bij geheel gevulde buis, en wel volgens de relatie zoals aangegeven door T. R. Camp, zie afb. 5.

Tevens wordt rekening gehouden met alle mogelijke waterstanden in de putten en de consequenties daarvan voor het verloop van de waterspiegels in de strengen en volgende putten, zie afb. 6 en 7.

Na het doorrekenen van de ketens in één maas, vindt men in het algemeen niet met elkaar overeenstemmende waterstanden in de stopputten. Is dit verschil groter dan de opgegeven tolerantie, dan moet er een correctie-debietje ΔQ ingevoerd worden*). Aangezien er meerdere ketens in één elementaire maas kunnen voorkomen, moet de meest gunstige ΔQ ten behoeve van de gehele maas gekozen worden. Dit gebeurt met behulp van de methode van de kleinste kwadraten, zie afb. 8.

Resulterende ΔH van de hele maas is bekend en dus dan ook de benodigde ΔQ .

Hierna worden met de nieuwe debieten de stroomketens, en dus de maas, doorgerekend en de nieuwe waterstand in de putten bepaald. Het is niet zinvol de maas voor 100 % sluitend uit te rekenen. De buurmaas zou het resultaat immers toch weer verstoren. Dit is dan ook de reden dat iedere maas slechts éénmaal met de gevonden ΔQ wordt doorgerekend. Het op deze manier afhandelen van alle mazen wordt wel *netiteratie* genoemd.

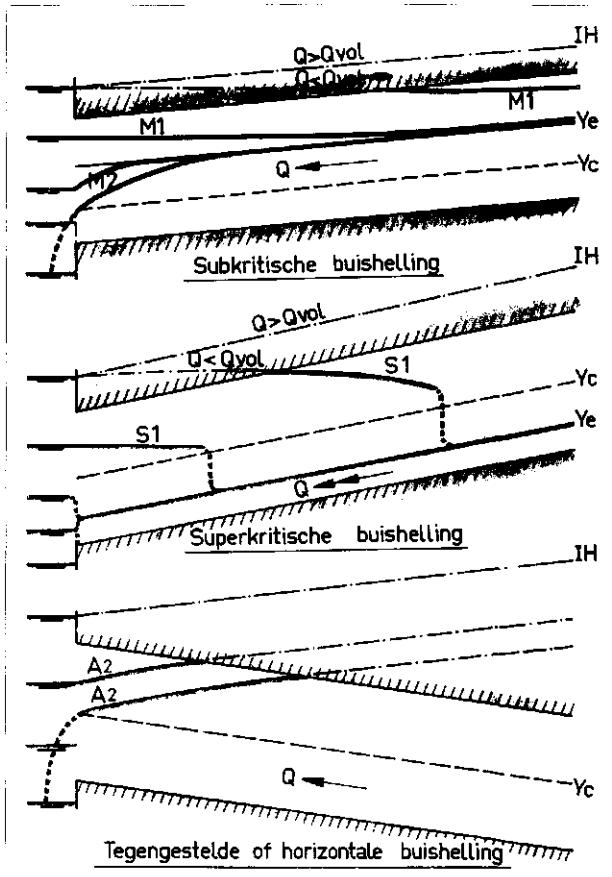
Eenzelfde vereffeningsberekening als voor de RWA wordt uitgevoerd voor de DWA.

ad l. en m. *Controle op snelheden, vulling e.d. en herberekening van het net.*

Na de vereffeningsberekening in de mazen en de berekening van debieten en waterstanden in de zijstrengen controleert de computer de waterstanden in de putten, de vulling van de buizen, statische en dynamische berging, snelheden, etc., ongeveer 250 controles in totaal (zie ook paragraaf 3: controle van bestaande netten) en vergelijkt deze waarden met de opgegeven waarden.

Bij overschrijding van de eveneens opgegeven tolerantie start automatisch de herberekening (zie afb. 1, 2e loop)

*) Aan de som van de debieten in de putten verandert dit natuurlijk niets.



Afb. 6 - Verhanglijnen.

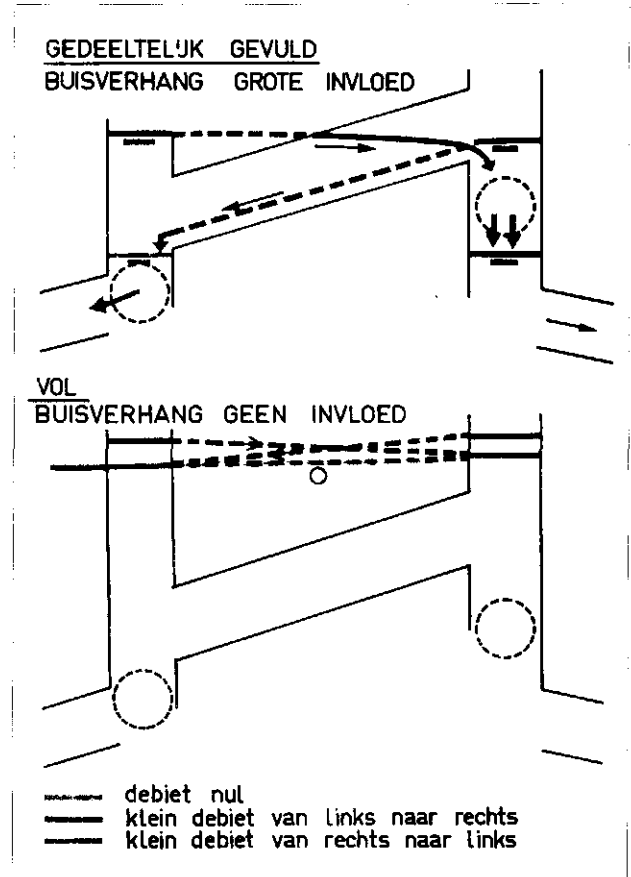
eventueel na tussenafdruc van de resultaten. Het aantal herberekeningen kan desgewenst van te voren bepaald, dus gelimiteerd, worden.

De startdebieten en de stroomrichtingen voor de herberekening zijn die, welke bij de voorgaande berekening werden gevonden. Als startwaterstanden wordt echter weer uitgegaan van de opgegeven waarden, dus van de waterstanden die in eerste instantie door de ontwerper waren opgegeven.

Met dit laatste wordt bereikt dat strengen, die wel aan de statische berging bijdragen, naar aanleiding van de opnieuw berekende bergingsfactor en het vereffende debiet, opnieuw gedimensioneerd worden. Hierdoor wordt een evenwichtige verdeling van de statische berging over het gehele net verkregen. Een plaatselijke verhoging van de buizen blijkt namelijk in het algemeen minder effectief te zijn.

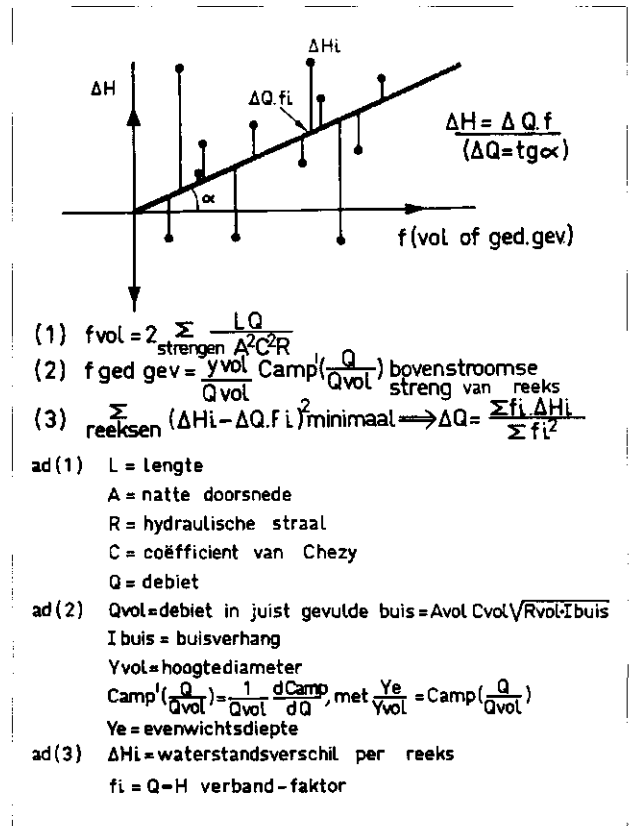
Voor de strengen, die volgens de eerste berekening niet aan de statische berging deelnemen, wordt de diameter nogmaals bepaald met het vereffende debiet. Hierbij wordt getracht de gewenste verhanglijn (volgens de opgegeven waterstanden dus) zo goed mogelijk te blijven benaderen. Voor de gedeeltelijk gevulde buizen die niet aan de statische berging deelnemen, betekent dit meteen, dat de kleinste mogelijke diameter verkregen wordt, vanzelfsprekend met blijvende inachtnaeme van de DWA-eisen.

Met dit alles wordt in het algemeen bereikt, dat een zo gunstig mogelijke verdeling, qua buisafmetingen, over de strengen verkregen wordt (optimaal buisengebruik); zie ook paragraaf 3 „controle van bestaande netten”, lid a.



Afb. 7 - Invloed kleine debietveranderingen.

Afb. 8 - ΔQ Bepaling volgens methode van de kleinste kwadraten.



NUMMER VAN B,PUT	110	123	134	135	118	120	119	118	117	116
VAN E,PUT	123	122	135	136	136	119	118	117	116	115
CODERING B,PUT			BM		S	D	S	S		
E,PUT		0								
MAAIVELD BY B,PUT M NAP	22,32	22,36	22,00	22,00	22,00	22,10	22,05	22,00	22,00	22,00
BY E,PUT M NAP	22,36	22,41	22,00	22,00	22,00	22,05	22,00	22,00	22,00	22,00
WATERST. RWA BY B,PUT M NAP	21,49	21,42	21,15	21,15	21,14	20,92	21,07	21,14	21,32	21,47
BY E,PUT M NAP	21,42	21,24	21,15	21,14	21,15	21,07	21,14	21,31	21,47	21,59
BUISSGEGEVENS										
LENGTE M	40,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
DIAMETER CM	40	40	30	30	30	40	40	30	30	30
VERHANG 0/00	-1,00	-1,00	1,00	1,00	-1,00	1,00	1,00	4,20	4,00	3,80
STATISCHE BERGING M3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MATERIAAL	BETON	BETON	BETON	BETON	BETON	BETON	BETON	BETON	BETON	BETON
NIEUW OF BESTAAND	NIEUW	NIEUW	NIEUW	NIEUW	NIEUW	NIEUW	NIEUW	NIEUW	NIEUW	NIEUW
DEKKING BY B,PUT M	1,00	1,00	1,00	1,05	1,15	1,00	1,00	1,15	1,36	1,56
BY E,PUT M	1,00	1,00	1,05	1,10	1,10	1,00	1,00	1,36	1,56	1,75
BOK BY B,PUT M NAP	20,92	20,96	20,70	20,65	20,55	20,70	20,65	20,55	20,34	20,14
BY E,PUT M NAP	20,96	21,01	20,65	20,60	20,60	20,65	20,60	20,34	20,14	19,95
GEVEENS RWA AFVOER										
HYDRAULISCH VERHANG 0/00	1,87	3,48	0,00	0,06	-1,16	-3,06	-1,38	-3,54	-3,00	-2,50
DEBIET M3/S	0,096	0,100	0,002	0,007	0,013	0,087	0,082	0,062	0,057	0,052
SNELHEID M/S	0,77	1,06	0,04	0,11	0,18	0,98	0,65	0,88	0,80	0,73
BUISVULLING	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00
VERDELING BY B,PUT	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	1,00	1,00	0,84	1,00	1,00
CONTOLE VERSCHILLEN										
MV-WST. RWA BY B,PUT M	0,83	0,94	0,85	0,85	0,86	1,18	0,98	0,86	0,68	0,53
BY E,PUT M	0,94	1,17	0,85	0,85	0,85	0,98	0,86	0,69	0,53	0,41
AAN BOVENSTR. ZYDE STRENG										
BOK VERSCHIL IN STROOHR.										
LAAGSTE IMK.-STRENG RWA M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,05	0,00	0,00	0,00

Afb. 9 - Resultaten per streng.

Afb. 10 - Resultaten per streng.

NUMMER VAN B,PUT	110	123	134	135	118	120	119	118	117	116
VAN E,PUT	123	122	135	136	136	119	118	117	116	115
GEBRUIKTE VERSIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STRENGNUMMER	141	142	143	144	145	146	149	148	149	150
WATERSTANDEN										
GEG. WS. RWA IN KAR. PUT M NAP										
WATERST. RWA IN B,PUT M NAP	21,49	21,42	21,15	21,15	21,14	19,70	21,07	21,14	21,32	21,47
IN E,PUT M NAP	21,42	19,65	21,15	21,14	21,14	21,07	21,14	21,32	21,47	21,59
VERVAL RWA M	0,08	0,17	0,00	0,00	-0,01	-0,15	-0,07	-0,18	-0,15	-0,13
BUISSGEGEVENS										
GEVEEN DIAMETER CM										
GEG. AFW. HANDRUKHEID MM										
GEG. AFW. MIN. DENKING M										
AFVOEREGEVEENS										
BREEDTE AFV. OPP. 1 M	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
BREEDTE AFV. OPP. 2 M										
AFVOEREND OPP. 1 M2										
AFVOEREND OPP. 2 M2										
AFVOERCOEFFICIENT 1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
AFVOERCOEFFICIENT 2										
STRENGAFVOER RWA L/S	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
EXTRA INV. RWA B,PUT L/S										
RWAVERDELING BY E,PUT	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOMMERING VAN AFVOER										
RWA INSTR. NAAR B,PUT M3/S	0,09	0,10	0,80	0,00	0,07	0,09	0,09	0,07	0,06	0,05
RWA UITSTR. VAN B,PUT M3/S	0,10	0,10	0,00	0,01	0,08	0,09	0,09	0,08	0,06	0,06
CONTR. VERSCH. WATERST.										
BER.-GEG. IN KAR. PUT M										
UIT. ZYDE BUIS-PUT RWA M	0,00	1,59	0,00	0,00	0,00	1,22	0,08	0,00	0,00	0,00

ad. n. Afdrukken van het resultaat (output).

De output is over 5 categorieën van staten verdeeld. Deze zijn:

1. De algemene gegevens.
2. De resultaten per streng.
3. De overlaat- en gemaalgegevens.
4. Het overzicht van ontworpen bestaande buizen per materiaal-soort, buistype en buisafmeting.
5. Kanttekeningen bij de resultaten.

Bij de algemene gegevens worden elementen opgegeven als:

- a. Naam van het project.

- b. Aantal strengen in het net.
- c. Totale lengte aan riolering.
- d. Totale lengte aan bestaande buizen.
- e. Totaal verhard oppervlak.
- f. Totale oppervlak.
- g. Totale statische berging.
- h. Aantal net-iteraties.

Kanttekeningen bij de resultaten omvatten o.a. het signaleren van knelpunten bij bestaande netten. Voor de overige aanduiding van resultaten en gegevens moge verwezen worden naar de figuren 9, 10, 11 en 12, waarop enkele voorbeelden van staten zijn aangegeven.

HOEWEL BEGINPUT CODE NIET GEGEVEN IS PUT WEL ALS ZODANIG ONDERKEND 9

PUT NR,	WAARDE	PUT NR,	WAARDE	PUT NR,	WAARDE
1	0,00	80	0,00	137	0,00
5	0,00	84	0,00		
8	0,00	87	0,00		
21	0,00	96	0,00		
76	0,00	134	0,00		

BEREKEND RWA WATERSTAND BOVEN BEP, OF GEG MAAIVELD, (WAARDE WS-MV IN M.) 29

PUT NR,	WAARDE	PUT NR,	WAARDE	PUT NR,	WAARDE	PUT NR,	WAARDE
54	0,21	93	0,03	125	0,65	130	0,81
73	0,06	98	0,45	126	0,71	131	0,83
76	0,06	99	0,31	127	0,75	132	0,84
78	0,04	100	0,15	128	0,78	133	0,86
79	0,02	124	0,56	129	0,80	137	0,64

138	0,67
139	0,63
140	0,76
141	0,82
150	0,91

BER. WS RWA ERG AFWYKEND VAN GEG, WS. (WAARDE WATERST. VERSCHIL IN M.) 31

PUT NR,	WAARDE	PUT NR,	WAARDE	PUT NR,	WAARDE	PUT NR,	WAARDE
4	0,46	18	-0,56	61	-0,15	130	3,01
18	-0,25	26	-0,11	91	-0,27	150	2,86
12	-0,51	35	-0,86	101	0,85		
14	-0,52	42	-0,69	114	0,89		
19	-0,53	53	-0,37	124	1,56		

Afb. 11 - Voorbeeld van controlemeldingen.

Afb. 12 - Voorbeeld van controlemeldingen.

I-MAAIVELD MEDEBEP. VOOR BUIS-LIGGING (WAARDE IS M,V, VERHANG) % 29

PUTNR, VAN NAAR	WAARDE	PUTNR, VAN NAAR	WAARDE	PUTNR, VAN NAAR	WAARDE	PUTNR, VAN NAAR	WAARDE
30- 31	05	40- 41	08	105- 108	01	137- 138	01
31- 17	08	64- 65	09	108- 107	01	139- 138	01
32- 33	05	65- 66	04	120- 119	01	144- 32	01
38- 37	10	71- 70	05	122- 123	01	150- 3	03
39- 40	06	81- 82	07	123- 110	01		

VERHANG VORIGE BUIS MEDEBEPALEND VOOR BUISLIGGING (WAARDE IS STRENGNR,) 30

PUTNR, VAN NAAR	WAARDE
48- 47	45,00
86- 89	92,00
89- 90	97,00
90- 91	93,00

GEMIDDELDE VULLING KLEINER DAN GEG, MIN (WAARDE IS GEM.VULLING) % 33

PUTNR, VAN NAAR	WAARDE	PUTNR, VAN NAAR	WAARDE	PUTNR, VAN NAAR	WAARDE	PUTNR, VAN NAAR	WAARDE
21- 22	28,50	28- 26	32,90	32- 144	6,70	64- 65	34,10
22- 23	39,80	29- 28	26,70	33- 32	21,30	65- 66	36,40
23- 24	48,30	30- 29	18,20	33- 34	26,00	80- 81	15,50
26- 27	27,90	31- 30	14,20	38- 39	22,70	81- 82	27,00
27- 14	30,20	32- 35	14,50	39- 40	45,70	82- 83	34,30