

Bedrijfsvoering bij waterleidingbedrijven

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

water verontreiniging een hoofdrol. Hier worden o.a. de in vrijwel alle landen reeds bestaande richtlijnen voor slibgebruik in de landbouw bediscussieerd. Telkens blijkt er een groot verschil in benaderingswijze te bestaan.

Uiteindelijk zal deze gekoncentreerde aktie als geheel bouwstenen moeten aandragen voor het uniformeren van richtlijnen bij het eventuele gebruik van slib.

Slotbeschouwing

Naar het zich laat aanzien zal dat voorlopig drie jaar durende Europese onderzoekprogramma zeker een nuttig effect hebben. Als er een aanzet uit zou kunnen voortkomen tot de aanpak van een Europese slibgebruiksrichtlijn voor landbouwkundige toepassing zou al zeer veel bereikt zijn. Momenteel blijken er grote verschillen van inzicht te bestaan over de schadelijkheid van bepaalde componenten in slib.

De Nederlandse benadering van een gekombineerd stelsel van concentratiegrenzen en doseringslimieten gaat verder dan die in de andere betrokken landen. Vanuit Nederland zijn voor deze aktie onderzoekprojecten aangemeld van de Stora, diverse TNO-instituten en van het Instituut Bodemvruchtbaarheid.

In februari werd door het Comité in Cadarache (F) een driedaags symposium georganiseerd voor de vertegenwoordigers betrokken bij de gezamenlijke aktie.

Verwacht wordt dat de gebundelde voordrachten, bijna 50 in totaal, nog voor de zomervakantie bij de EG in Brussel zullen verschijnen.

Een mededeling hierover zal nog volgen.



Inleiding

Bedrijfsvoering is een dusdanig veelomvattend onderwerp, dat in het kader van deze vakantiekursus slechts een paar facetten aangestipt kunnen worden.

Het ligt daarom in mijn bedoeling u methoden aan de hand te doen waarmee u bedrijfsvoeringsproblemen kunt aanpakken. Wij hebben in de afgelopen jaren enige methoden ontwikkeld die enigszins afwijken van de tot nu toe gebruikelijke.

Wij stellen er prijs op u deze methoden voor te leggen en wij hopen van harte dat



IR. K. HOOGSTEEN
NV WMZ

hieruit een konstruktieve discussie zal ontstaan.

Bedrijfsvoering moet zo economisch mogelijk verlopen, vooral met het oog op de in de toekomst stijgende variabele kosten, zoals die van energie en lonen. Wij moeten niet vergeten dat waterleidingbedrijven een dienstverlenende sektor van de samenleving zijn en dat zij daarom moeten trachten de afnemers tegen een zo laag mogelijke kostprijs te voorzien van voldoende water en dit met een toereikende druk.

Wat is bedrijfsvoering van een leidingnet en wat zijn hiervoor de randvoorwaarden

Bedrijfsvoering van een leidingnet is in feite niets anders dan het bijhouden van het huishoudboekje van een transportmiddel om de gebruikers van water te voorzien.

De exploitatielasten moeten daarom zo laag mogelijk worden gehouden.

Wat zijn nu deze lasten in het algemeen?

- vaste lasten, kapitaalslasten;
- onderhoudskosten van het transportstelsel;
- energiekosten.

Afschrijvingen en onderhoud vormen hierbij het grootste deel van de jaarlijkse kosten. De energiekosten spelen in de kosten van het watertransport een geringe rol (afb. 1).

Gezien de thans sterk stijgende energieprijzen, begint deze post echter steeds zwaarder te wegen. Wij zullen daarom moeten gaan wennen aan de gedachte dat watertransport tevens een vorm van energie-overdracht is.

VAR. LASTEN	energie	5,6%
	produktie	12,4%
	transport	8,7%

KAP. LASTEN	distributie	17,9%
	produktie	21,3%
	transport	15,3%
	distributie	18,8%

Afb. 1 - Procentuele opbouw exploitatielasten WMZ 1976.

Daarom zal hier dan voornamelijk worden ingegaan op methoden om inzicht te krijgen in een zo doelmatig functioneren van transportsystemen.

Opzet van een transportsysteem

Om inzicht te krijgen in de werking van een transportsysteem dient dit tot een model te worden herleid.

Het model moet opgebouwd zijn uit de belangrijkste onderdelen van het systeem, zoals buizen, pompen, watertorens en kelders.

Selectief kunnen er buizen worden weggelaten die de transportfunctie in het systeem niet of nauwelijks beïnvloeden. De punten waar buizen van diameter veranderen of waar koppelingen tussen buizen aanwezig zijn worden knooppunten genoemd. Ook daar waar waterverbruiken gesitueerd zijn, worden knooppunten aangebracht.

Een groot aantal leidingen spelen in het systeem geen rol en worden verwaarloosd. In afb. 2 is het transportmodel weergegeven met de belangrijkste verbruikspunten.

Verder wordt uiteraard gebruik gemaakt van de relaties tussen druk en stroming in het net.

Belangrijke factoren bij het opstellen van een model zijn ondermeer:

- het waterverbruik;
- het wrijvingsverlies bij stroming van water door leidingen.

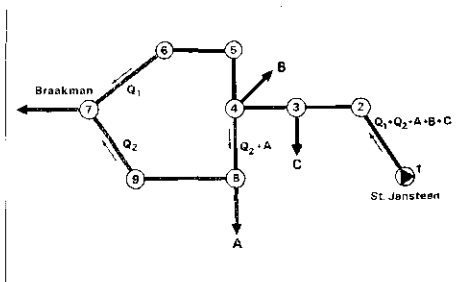
Het waterverbruik

Water wordt in de loop van de dag niet gelijkmatig afgenomen. Het verbruikspatroon is afhankelijk van de verbruikersgroep.

De volgende hoofdgroepen op Walcheren kunnen worden onderscheiden:

- huishoudelijk verbruik;
- rekreatief verbruik;
- overige verbruiken.

Er kunnen nog meer groepen worden



Afb. 6 - Vereenvoudigd transportsysteem St. Jansteen - Braakman.

De enige onbekenden zijn Q_1 en Q_2 die bepaald kunnen worden met de betrekkingen:

$$\Delta H_{4-5-6-7} = \Delta H_{4-8-9-7}$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_{\text{Braakman}}$$

Allerlei gebruikspatronen kunnen met behulp van dit eenvoudige model worden nagebootst.

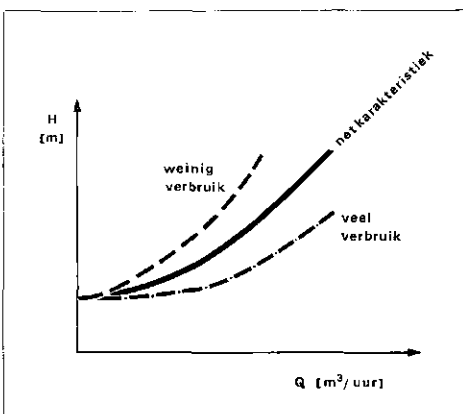
Op deze wijze kan berekend worden hoe het systeem reageert ten aanzien van de verbruiksdynamiek.

Door enkele gevallen door te rekenen, krijgt men een aantal resultaten waarin een verband aanwezig is tussen Q -inname, verbruik, Q -uitgaand en het wrijvingsverlies. Deze resultaten kunnen in een grafiek worden verwerkt en dat is dan de netkarakteristiek van het systeem St. Jansteen - Braakman.

Deze grafiek geeft geen éénduidige relatie aan tussen de startdruk en de uitgaande hoeveelheid St. Jansteen vanwege de wisselende verbruiken op geografisch verschillende plaatsen. Er ontstaat een spreidingsgebied waarbinnen alle resultaten zullen vallen (afb. 7).

Dit is een eenvoudig voorbeeld. Voor meer ingewikkelde transportsystemen met dezelfde structuur kunnen zo ook evenveel vergelijkingen worden opgesteld als er onbekenden zijn. Voor deze systemen kan altijd een netkarakteristiek met de eventuele spreiding worden vastgesteld.

Afb. 7 - Netkarakteristiek St. Jansteen - Braakman.



Empirische benadering

Netkarakteristieken kunnen ook bepaald worden met behulp van waarnemingen in het systeem zelf.

Deze methode is echter sterk afhankelijk van de vorm en de structuur van het betreffende systeem. Bij vermaasde netten kan op empirische wijze een vrij nauwkeurige indruk worden verkregen van netkarakteristiek en spreidingsgebied. Deze methode is echter wel beperkt tot bestaande netten, omdat anders geen waarnemingen kunnen worden gedaan.

Ook is het mogelijk zowel op empirische als de handmethode tegelijk bij een transportsysteem toe te passen als bijv. een deel van het systeem moeilijk met de hand te benaderen is.

Computertechnieken

Naarmate transportsystemen ingewikkelder worden en het aantal mazen toeneemt, wordt handberekening steeds tijdrovender, zo niet onuitvoerbaar. De empirische benadering wordt ook steeds moeilijker, te meer omdat men geen indruk verkrijgt hoe de waterstromen zich intern in het net verdelen. Hier brengt de computer uitkomst. Met zo'n hulpmiddel kan zeer snel (enkele minuten) een groot net worden doorberekend en bepaald worden hoe de waterstromen zich verdelen.

De grote rekensnelheid maakt het mogelijk de computer iteratief een oplossing te laten vinden. Alternatieven kunnen nu snel naast elkaar worden gelegd, bijv. voor netverbeteringen, kalamiteitennabootsingen, leidingnetontwerpen en waarnemingen voor het ontwerpen van een besturing of het testen van bestaande c.q. te ontwerpen besturingen. Er bestaan een aantal programma's waarmee een leidingnet met diverse randvoorwaarden min of meer doorgerekend kan worden. Maar voordat we die programma's nader gaan bekijken, is het misschien nuttig na te gaan waar men in de waterleidingwereld behoefte aan heeft. Om te beginnen is het duidelijk dat men in de meeste gevallen geen behoefte heeft aan waterdrukken in cm nauwkeurig en debieten in liters per uur. Wat we willen weten is of er overall genoeg druk is en of er onder normale en bijzondere omstandigheden nog voldoende water geleverd kan worden.

Hoe moet een programma er uitzien dat een leidingnet met gegeven verbruiken doorrekent?

— De methode moet dusdanig flexibel zijn, dat allerlei bedrijfsomstandigheden op eenvoudige wijze nagebootst kunnen worden.

— Alle bedrijfsmiddelen die voorkomen in een leidingnet moeten als randvoor-

waarden meegegeven kunnen worden. (Onder bedrijfsmiddelen wordt verstaan: pompen, watertorens, afsluiters, kelders).

— De kans op introductie van fouten bij het formeren en muteren van bestanden moet zo klein mogelijk zijn.

— De nauwkeurigheid van de eindresultaten mag niet groter zijn dan de uitgangsggegevens.

— De gevolgde rekenmethodiek en het gebruik van het programma moet zo opgezet zijn, dat dit door waterleidingtechnici zonder verdere bestudering van de methodiek bruikbaar is om praktijkproblemen op te lossen.

— Het programma moet de mogelijkheid hebben een verbruiksprognose in te voeren voor een aantal verbruiskategorieën.

— De mogelijkheid moet aanwezig zijn om in één berekening een periode van een van te voren vastgelegde grootte, onderverdeeld in een bepaald aantal tijdstappen, in één run door te rekenen.

Te denken valt hierbij aan een dag onderverdeeld in 24 uur.

De meeste programma's zijn gebaseerd op één van de twee nu volgende methoden:

- maasvereffeningsmethode;
- knoopvereffeningsmethode.

Maasvereffeningsmethode

Deze methode berust in hoofdzaak op het principe dat Hardy Cross al voor de 2e wereldoorlog had aangegeven, namelijk via debietvereffening in mazen.

In een leidingnet moeten hiertoe de mazen opgespoord worden. Een bezwaar van deze methode is dat elke maasvormige netstructuur meer mazen heeft dan er in feite onbekenden zijn. Het complete aantal vergelijkingen omvat dan ook een aantal 'identieke' vergelijkingen.

Het is mogelijk de representatieve mazen van te voren te bepalen of door middel van een sub-routine te laten selekteren. Als het juiste aantal mazen in aantal en afmetingen bekend is, volgt het iteratieproces waarbij de stromen in de buizen en de daarbij behorende drukken proberenderwijs worden opgelost.

Bij het invoeren in het model van variabele randvoorwaarden zullen deze maasgebonden ingevoerd moeten worden.

Samenvattend kan gesteld worden dat de maasvereffeningsmethode, zoals die momenteel in de meeste programma's verwerkt is, goede rekenkundige resultaten geeft, maar als grote nadelen heeft de geringe flexibiliteit en de vrij grote voorbereidingstijd voordat een resultaat wordt bereikt.

Knoopvereffeningsmethode

Deze methode heeft tot nu toe maar zelden navoring gevonden. Het uitgangspunt is dat in elk knooppunt van een leidingnet de waterbalans sluitend moet zijn. Nu zijn meestal de drukken in knooppunten onbekenden.

In deze methode, die dus geheel niets met mazen te maken heeft, wordt de druk in elk knooppunt per iteratie zodanig gekorrigeerd dat er met de omringende knooppunten een stromingsevenwicht wordt bereikt. Door dit proces een aantal keren voor het gehele net te herhalen, wordt een netevenwicht verkregen.

Bovendien kunnen op eenvoudige wijze flexibele gegevens worden ingebracht zoals een pomp of een serie pompen. Ter verduidelijking het volgende:

een buis is een verbinding tussen twee knooppunten in een leidingnet met de relatie

$$H = f \cdot Q^2$$

waarin:

Q = debiet tussen deze twee knopen;

f = weerstandsfactor;

H = drukverschil tussen deze twee knopen.

Een pomp wordt meestal gekenmerkt door een pompkromme die de relatie aangeeft tussen de opvoerhoogte H van de pomp en het verpompte debiet Q .

De meeste pompkrommen zijn parabolisch van vorm en kunnen dus als volgt beschreven worden:

$$H = A Q^2 + B Q + C$$

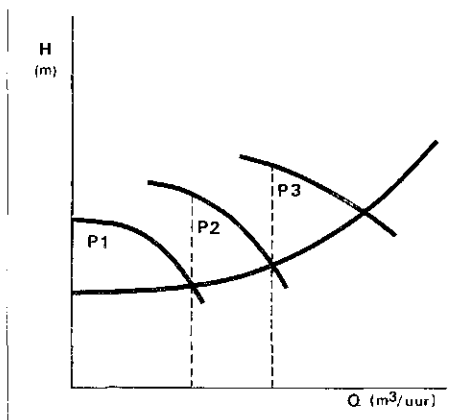
We zien dat deze relatie veel overeenkomst vertoont met die voor de waterstroom door een buis. Een pomp zou dus niet anders behoeven te worden gezien dan als een bijzondere buis met een heel bijzondere relatie tussen H en Q , waarbij de zuig- en perszijde van de pomp worden weergegeven als een zuig- en persknoop. Zo kan een reële pomp in het model worden nagebootst.

In veel pompstations en opjagers wordt gestuurd op druk, debiet of het produkt ervan, $Q \times H$, dus energie.

Bovenstaande benadering maakt het mogelijk een werkelijk besturingsmechanisme van bestaande pompen in te brengen (bijv. besturing op hoeveelheid) en deze te toetsen aan de energie (afb. 8).

Hetzelfde is mogelijk met meerdere pompstations of opjagers in een leidingnet, terwijl ook andere randvoorwaarden op soortgelijke wijze kunnen worden ingebracht.

Vergelijken we nu de maasvereffeningsmethode met de knoopvereffeningsmethode dan zien we dat de vereiste computertijd ongeveer gelijk zal zijn. De knoopvereffe-



Afb. 8 - Voorbeeld van een pompenbesturing op hoeveelheid.

ningsmethode heeft voor de iteraties wat meer tijd nodig, maar de maasvereffeningsmethode heeft weer meer rekentijd nodig voor het ordenen en het selectieprogramma van de mazen.

Tegen elkaar afwegend moet gesteld worden dat voor een groot aantal problemen de knoopvereffeningsmethode de voorkeur zal moeten krijgen, gezien de grotere eenvoud en de flexibiliteit. Eenvoud en veelzijdigheid moeten uiteindelijk de criteria zijn van een goed programma.

Gebruik resultaten

Al de besproken methoden zijn instrumenten om het gedrag en het functioneren van een leidingnet onder dynamische omstandigheden te onderzoeken.

De resultaten van uitgevoerde berekeningen zijn waardevol om inzicht te verkrijgen in de hoeveelheden energie die nodig zijn om het water bij de afnemer te brengen. De noodzakelijke hoeveelheden energie kunnen dienen om de besturingsorganen te ontwerpen en/of te toetsen op hun rentabiliteit.

De berekeningsresultaten bestaan uit drukken in de knooppunten en stromingsgrootheden in de buizen.

Tevens vindt men de uitgaande drukken en hoeveelheden van de pompstations onder verschillende omstandigheden.

Al deze resultaten kunnen verwerkt worden in een per pompstation op te stellen netkarakteristiek welke het verband aangeeft tussen Q , de uitgaande hoeveelheid, en H , de uitgaande druk.

Afhankelijk van de netstructuur en het gedrag van het verbruik heeft deze netkarakteristiek een nauwe of een brede bandbreedte.

Als meerdere pompstations een leidingnet voeden, is het duidelijk dat de pompstations elkaar onderling zullen en kunnen beïnvloeden.

Bij het ontwerpen c.q. toetsen van een

besturing van de waterstromen is natuurlijk nodig een zodanig optimum te vinden in het samenwerken van deze pompstations dat men zo weinig mogelijk energie aan het water toevoegt.

Uiteraard dient dit gebonden te zijn aan capaciteitsvoorwaarden zoals de maximale productie van een pompstation.

Heeft men voor alle betrokken pompstations een dergelijke netkarakteristiek gekonstrueerd, dan moeten, als volgende stap, de optima worden vastgesteld.

Om de problematiek niet te ingewikkeld te maken, volgt hier aan de hand van een algemeen, maar wel vereenvoudigd, voorbeeld een mogelijk te volgen werkwijze (afb. 9).

Uitgangspunten zijn:

- alleen netkarakteristieken worden in beschouwing genomen;
- in het net wordt een minimum druk gehandhaafd van H mwk.

Zoals bekend geldt bij stroming van water door een buis:

$$\text{wrijvingsverlies} = f \cdot Q^2$$

Een net is niets anders dan een samenstelling van buizen. Als netkarakteristiek moet dan ook een dergelijke relatie geschreven kunnen worden.

In feite doen wij dus niets anders dan de vastgestelde netkarakteristiek te benaderen door:

$$H_{\text{pompstation}} = A Q_{\text{pompstation}}^2 + C$$

Laten wij nu terugkeren tot het vereenvoudigd model van een leidingnet.

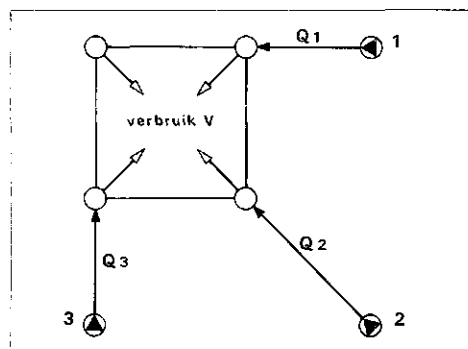
Wij hebben hier een leidingnet dat gevoed wordt door drie pompstations 1, 2 en 3. De afzet van elk pompstation wordt Q_1 genoemd.

Bij beschrijving van dit systeem volgt dan als van zelf dat voor elk uur moet gelden, dat:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = \sqrt{\text{verbruik}} \quad (1)$$

Voor elk pompstation kan de uitgaande druk nu geschreven worden als functie van de parameters:

Afb. 9 - Vereenvoudigd leidingmodel welke gebruikt wordt bij energie-optimalisatie.



- uitgaande hoeveelheden van de pompstations;
- plaatshoogte van het pompstation t.o.v. een referentieniveau;
- minimaal vereiste netdruk.

Voor pompstation (1) heeft deze functie dan de vorm

$$H_1 = A_1 Q_1^2 + A_2 Q_2^2 + A_3 Q_3^2 + H - H_1' \quad (2)$$

Hierin zijn:

- A_1, A_2, A_3 = konstanten uit netkarakteristiek;
- Q_1, \dots, Q_3 = afzetten van de diverse pompstations m^3/h ;
- H = minimum netdruk t.o.v. NAP (m);
- H_1' = plaatshoogte pompstation t.o.v. NAP (m);
- H_1 = pompdruk t.o.v. maaiveld (m).

Voor elk pompstation kan men een dergelijke vergelijking opstellen.

Nu blijft de vraag hoe moet elk pompstation kwantitatief ingezet worden om te voorzien in het verbruik met een zo laag mogelijk totaal energieniveau?

De totaal energie van elk uur kan geschreven worden als:

$$E_{\text{totaal}} = (Q_1 H_1 + Q_2 H_2 + Q_3 H_3) \cdot \beta \text{ (kw)} \quad (3)$$

(β is een omrekeningsfactor naar kw).

Ook kan men de Q van elk pompstation vervangen door een procentuele inzet, bijv. bij pompstation (1):

$$Q_1 = p_1 \cdot V_{\text{totaal}} \quad (\text{voorwaarde: } p_1 + p_2 + p_3 = 1) \quad (4)$$

De vergelijking (3) gaat dan over in:

$$E_{\text{totaal}} = \beta \{p_1 H_1 + p_2 H_2 + p_3 H_3\} V \text{ (kw)} \quad (5)$$

Indien men in (5) voor elk pompstation de druk H_i (zie vergelijking 2) en $Q_i = p_i \cdot V$ substitueert, resteert een vergelijking in $p_1, p_2, p_3, V, H_1', H_2', H_3'$ en H .

Het minimum totaal energieniveau voor dit leidingnet bij de gegeven omstandigheden kan nu bepaald worden door substitutie van bijv.:

$$p_2 = 1 - p_1 - p_3 \text{ en partiële differentie naar } p_1 \text{ en } p_3.$$

Het oplossen van een dergelijk stelsel vergelijkingen is een wiskundig probleem, waarvan op dit moment nog geen werk-bare oplossing bij ons bekend is. Het is echter wel zo, dat een aantal factoren die de oplossing van dit stelsel ingewikkeld maken vaak verwaarloosd kunnen worden.

De vergelijking (2) opgesteld voor één pompstation kan vaak sterk vereenvoudigd worden.

De beïnvloeding van andere pompstations speelt namelijk in sommige gevallen een te verwaarlozen rol.

Vergelijking (2) wordt dan:

$$H_1 = A_1 Q_1^2 + H - H_1' \quad (6)$$

De totaal energie wordt dan:

$$E_{\text{totaal}} = \beta \{A_1 Q_1^3 + A_2 Q_2^3 + A_3 Q_3^3 + V \cdot H - Q_1 H_1' - Q_2 H_2' - Q_3 H_3'\} \quad (8)$$

Vervang Q_i door $p_i \cdot V$

$$E_{\text{totaal}} = \beta \{(A_1 p_1^3 + A_2 p_2^3 + A_3 p_3^3) V^3 + H \cdot V - p_1 V H_1' - p_2 V H_2' - p_3 V H_3'\} \quad (9)$$

Er ontstaat een vergelijking in $p_1, p_2, p_3, V, H, H_1', H_2'$ en H_3' .

Het minimum van de totaal energiefunctie vindt men nu door partiële differentie naar p_1 en p_3 met substitutie van

$$p_2 = 1 - p_1 - p_3 \quad (10)$$

Partiële differentie naar p_1 en substitutie van $p_2 = 1 - p_1 - p_3$ levert:

$$3A_1 p_1^2 V^2 - V(H_1' - H_2') - 3A_2 p_2^2 V^2 = 0 \quad (11)$$

Partiële differentie naar p_3 en substitutie van $p_2 = 1 - p_1 - p_3$ geeft:

$$3A_3 p_3^2 V^2 - V(H_3' - H_2') - 3A_2 p_2^2 V^2 = 0 \quad (12)$$

Vergelijking (11) kan ook omschreven worden als:

$$p_1^2 = \frac{A_2}{A_1} p_2^2 + \frac{H_1' - H_2'}{3A_3 V} \quad (13)$$

Vergelijking (12) wordt:

$$p_3^2 = \frac{A_2}{A_1} p_2^2 + \frac{H_3' - H_2'}{3A_3 V} \quad (14)$$

Door toepassing van de reeksontwikkeling van Taylor en gebruik van de eerste twee termen uit deze reeks:

$$\sqrt{a+b} = \sqrt{a} + \frac{b}{\alpha \sqrt{a}}$$

($\alpha = f(a,b)$, afhankelijk van de grootte van a en b)

en vervolgens p_1 uit vergelijking (13) en p_3 uit vergelijking (14) te substitueren in (10) verkrijgt men een vergelijking alleen in p_2 . De algemene oplossing van p_1 heeft dan de vorm:

$$p_1 = \frac{1}{2 \sum_{n=1}^3 \sqrt{\frac{A_1}{A_n}}} + \frac{1}{2 \sum_{n=1}^3 \sqrt{\frac{A_1}{A_n}}} \cdot \frac{3 \sum_{n=1}^3 \frac{A_1}{A_n} (\sum_{n=1}^3 \frac{H_n' - H_1'}{\alpha \sqrt{A_n}})}{6V \cdot \sqrt{A_1}} \quad (16)$$

$\alpha = f(a, b)$ afhankelijk van de absolute grootte van a en b .

Voor het geval dat alle pompstations op een gelijk niveau liggen, impliceert dit een verregaande vereenvoudiging tot

$$p_1 = \frac{1}{\sum_{n=1}^3 \sqrt{\frac{A_1}{A_n}}} \quad (17)$$

Uit deze benaderingswijze volgen voor de diverse pompstations hun procentuele inzetten t.a.v. verschillende etmaal- of uurverbruiken. Deze gegevens samen met de opvoerhoogte bepalen nu hoe van uur tot uur de schakeling van de pompen in een pompstation en van de pompstations t.o.v. elkaar zou moeten zijn.

Indien één van de pompstations gevoed wordt door de andere twee, kan op een soortgelijke wijze een optimum oplossing verkregen worden.

In de algemene oplossing leidt dit tot een andere faktor voor pompstation twee, per slot van rekening moet dit water tweemaal verpompt worden.

De benaderingswijze, zoals hier geschetst, geeft m.b.v. een statistische verwerking van de berekeningsresultaten inzicht in het functioneren van een leidingnet.

Tevens kan men in deze methode de rendementen van de machines verwerken. Er zal ook een optimalisatie plaats kunnen vinden tussen bijvoorbeeld vaste pompinstelling/toerenregelbare machines.

Ik hoop dat u met deze uiteenzetting te hebben laten zien dat het dynamisch functioneren van een leidingnet in al zijn facetten (bezien ook de toekomst) geen ingewikkeld probleem hoeft te zijn.

Voor wat betreft de statistische verwerkingsmethode die hier geschetst is, zou ik nog op willen merken dat dit één van de mogelijk te volgen methoden is.

Mijn bedoeling om u dit hier te presenteren is geweest u een benaderingswijze mee te geven om de problemen aan te kunnen pakken.

Het is geen pasklare oplossing.

Het is slechts een aanzet om gezamenlijk een goede oplossing van deze problemen te vinden.

Tot slot zou ik vanaf deze plaats graag al mijn collega's en vooral de heren Van der Velde en Van Gremberghe willen bedanken voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze lezing.

