HYDROLOGISCH MEETPLAN WATERSCHAP LITS EN LAUWERS

W. Bolten, A. Dommerholt en L.J.J. Dijkhuis

RAPPORT 18 December 1991

Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen

ISSN 0926-230X

552132

blz.

8. WATERBEHEER 35

8.1 Inleiding 35

8.2 Integraal waterbeheer 35

8.3 Wet op de Waterhuishouding 36

8.3.1 Inleiding 36

8.3.2 Planvorming 36

8.3.3 Beheersinstrumenten 37

8.4 Het waterschap 39

9. GEMALEN IN HET BEHEERSGEBIED 41

9.1 Inleiding 41

9.2 Gebruikte gegevens 41

9.3 Analyse 42

9.4 Conclusie 43

10. HET HUIDIGE MEETNET 49

10.1 Inleiding 49

10.2 Debietmeetstations 49

10.3 Peilmeetstations 49

10.4 Neerslagmeetstations 50

10.5 Grondwaterstandsmetingen 50

10.6 Beoordeling van het huidige meetnet 50

11. EISEN, TE STELLEN AAN HET HYDROLOGISCH MEETNET 53

11.1 Inleiding 53

11.2 Elementen van het informatiesysteem en de daaraan te stellen eisen 53

11.3 Gewenste locaties voor meetpunten 57

12. VOORSTEL TOT OPZET VAN HET PRIMAIRE MEETNET 63

12.1 Inleiding 63

12.2 Voorgestelde locaties in het primaire meetnet 64

12.2.1 Debietmeetpunten (bemalingen) 64

12.2.2 Debietmeetpunten (opmalingen/vrije afstroming) 68

12.2.3 Waterstandsmeetpunten 73

12.2.4 Neerslagmeetpunten 73

12.2.5 Grondwaterstandsmeetpunten 75

blz.

13. INRICHTING MEETNET EN GLOBALE KOSTENINDICATIE 77
13.1 Inleiding 77
13.2 Debietmeetstations 77
13.3 Waterstandsmeetpunten 81
13.4 Neerslagmeetpunten 81
13.5 Grondwaterstandsmeetpunten 82
13.6 Globale kostenindicatie 82
13.6.1 Inleiding 82
13.6.2 Het telemetrie-systeem 84
13.6.3 Inrichtingskosten 88
13.6.4 Exploitatiekosten 88

14. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 89

LIJST VAN FIGUREN 93

LIJST VAN TABELLEN 95

FOTOPAGINA'S 97

ANNEX I STATISTISCHE TECHNIEKEN 101

ANNEX II GRONDWATER 119

ANNEX III NEERSLAG 127

ANNEX IV LEIDRAAD BIJ DE KEUZE VAN EEN AUTOMATISCH MEETSYSTEEM 131

ANNEX V WOORDENLIJST 137

ANNEX VI ZOEKTABEL LITERATUUR 141

ANNEX VII LITERATUURLIJST 143

1. VOORSTEL HYDROLOGISCH MEETPLAN WATERSCHAP LITS EN LAUWERS.

1.1 Inleiding

Voor het waterbeheer in zijn gebied heeft de beheerder behoefte aan betrouwbare informatie over peilen, grondwaterstanden, afvoeren en neerslag. Op basis van deze gegevens worden beslissingen genomen ten aanzien van beheer, beleid en de verantwoording daarvan achteraf.
Veel waterschappen stellen daartoe een waterbeheersplan op. Anderen hebben zo'n plan weliswaar niet op papier staan, maar werken er in de praktijk wel mee. In beide gevallen is een hydrologisch meetplan te beschouwen als een onderdeel van het waterbeheersplan.

Schematisch wordt het plan als volgt opgezet:

		provincie ↓		
gebiedseigenschappen en diverse belangen	→	waterbeheersplan ↑ hydrologisch meetplan	→	beleid, beheer van watersystemen en ver- antwoording achteraf

Het hydrologisch meetplan omvat:

- een netwerk van samenhangende meetstations, waarin waterstanden, aan- en afvoer via respectievelijk inlaten en gemalen, neerslag en grondwaterstanden worden gemeten. Al deze stations samen vormen het hydrologisch meetnet.
- alle technische en administratieve faciliteiten én de gewenste personele bezetting om de informatie te verwerken en doelmatig te gebruiken.

1.2 Doelstelling hydrologisch meetplan

Het doel van een hydrologisch meetplan kan omschreven worden als:

Het voorzien in een behoefte aan hydrologische gegevens

Onder hydrologische gegevens vallen peilen, afvoer, neerslag en grondwaterstanden. Een meetplan ten behoeve van het waterkwantiteitsbeheer dient aan de volgende doelstellingen te voldoen:

a. **beheer**

- leveren van direct beschikbare meetgegevens ten behoeve van het dagelijks waterkwantiteitsbeheer;
- signaleren van het overschrijden van grenswaarden en alarmeren van de beheerder;
- leveren van meetgegevens ten behoeve van verantwoording achteraf en onderbouwing van het gevoerde beleid;
- leveren van meetgegevens ten behoeve van het opstellen van waterkwantiteitsbeheersplannen.

b. **wettelijk kader**

- voldoen aan de meetverplichting zoals zal worden vastgesteld in de Wet op de Waterhuishouding: meten van waterhoeveelheden die het beheersgebied binnenkomen of verlaten en van waterhoeveelheden, die worden geloosd op of onttrokken aan oppervlaktewateren, welke niet tot het beheersgebied behoren;
- leveren van meetgegevens met het oog op de naleving van wateraccoorden, gesloten met derden, en de controle op lozingen en onttrekkingen in het kader van verleende vergunningen.

c. **hydrologisch onderzoek**

- leveren van gegevens voor waterbalans- en neerslagafvoerstudies;
- leveren van gegevens voor evaluatie van effecten van maatregelen, zoals bijvoorbeeld het wijzigen van peilen;
- leveren van gegevens voor het ontwerp van waterbouwkundige werken.

De gehele cyclus van meten, via verwerken tot opslaan van meetgegevens, dient volledig te worden geautomatiseerd.

Door de technologische en maatschappelijke ontwikkelingen in de afgelopen jaren zijn geautomatiseerde meetsystemen algemeen aanvaard.
De grote voordelen ten opzichte van verouderde handmatige systemen zijn:

- duidelijker totaaloverzicht van de waterstaatkundige situatie;

- kostenbesparing op termijn;
- uniformiteit: flexibele uitwisseling van informatie met andere waterbeheerders;
- mogelijkheid tot doelmatiger en sneller reageren op extreme situaties.

1.3 Te meten parameters

Het antwoord op de vraag wat er gemeten moet worden, hangt af van het gestelde hoofddoel: beheer, wettelijk kader of onderzoek. Als de metingen uitsluitend het beheer dienen, dan moeten afvoeren, waterpeilen, neerslag en grondwaterstanden worden gemeten, terwijl de verdamping redelijk geschat moet kunnen worden. Ten behoeve van onderzoek is ook het kennen van andere gegevens nodig, zoals actuele verdamping, kwel en wegzijging, bodemgesteldheid, gewastypen, etc.
De plaats waar moet of kan worden gemeten, wordt vooral bepaald door geografische factoren, hydrologische karakteristieken, (tegengestelde) belangen en reglementen.

Ten aanzien van de neerslag geldt de beperking dat de KNMI regenmeters doorgaans geen snel beschikbare resultaten opleveren en dat het meetinterval te groot is voor beheersdoeleinden.

Afhankelijk van het gestelde hoofddoel en het belang van de gegevens worden debietmeetlokaties ingedeeld in primaire (hoofd-) en secundaire meetstations. De primaire stations worden ingericht voor permanente bemeting. De secundaire stations kunnen, nadat voldoende informatie is ingewonnen, desgewenst worden opgeheven.

Tabel 1. Te meten parameters en hun locatie.

INFORMATIE t.b.v.	PARAMETERS	LOCATIE
peilbeheer	waterstanden debieten	Friese boezem, grensoverschrijdingen, lozingspunten in Rijks- en provinciale wateren, inlaten uit Rijks- en provinciale wateren, stedelijke- en industriegebieden, natuurgebieden.
gebiedseigen water	neerslag	enkele relevante locaties (1 per 5.000 ha.), waar nodig verdichting in het meetnet met pluviografen (1 per 10.000 ha.).
grondwater	grondwaterstanden	kwelgebieden, droogtegevoelige gebieden, onttrekkingen.
overige informatie bijv. kwaliteit t.b.v. integrale meetnetten.		

1.4 Opdracht tot en uitvoering van het onderzoek

Op 26 juni 1990 werd, per brief 903/-1.79, door het bestuur van het Waterschap "Lits en Lauwers" opdracht verleend aan de vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica van de Landbouwuniversiteit te Wageningen tot het opstellen van het hydrologisch meetplan, zoals omschreven in voorgaande paragrafen. In de periode tot de afronding van het advies heeft geregeld overleg plaatsgevonden tussen de betrokken medewerkers van het waterschap en die van de Landbouwuniversiteit. Daarnaast zijn enkele veldbezoeken afgelegd.

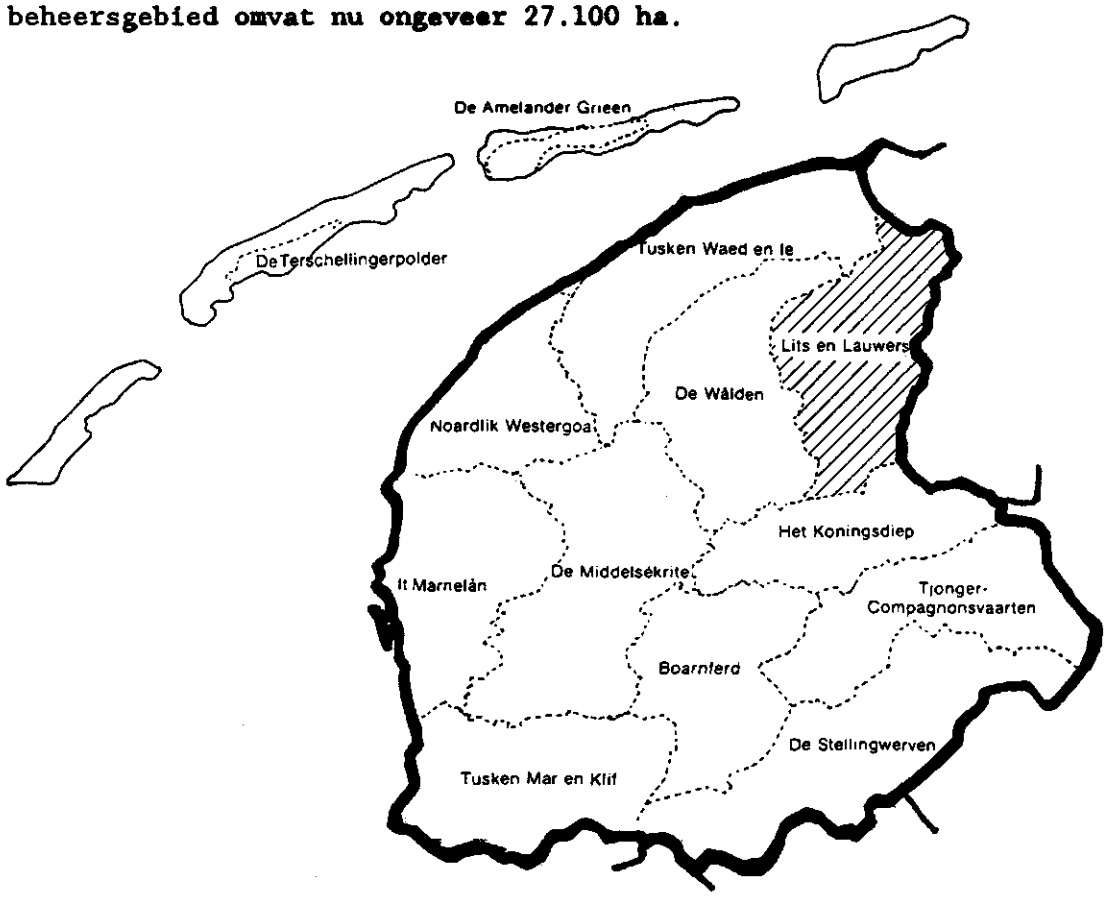
Het onderzoek is uitgevoerd door de volgende medewerkers van de Landbouwuniversiteit:

ing. W.Boiten,	projectleider,
ing. A.Dommerholt,	hydraulicus,
ir. L.J.J.Dijkhuis,	hydroloog (van 15-8-'90 tot 1-12-'90).

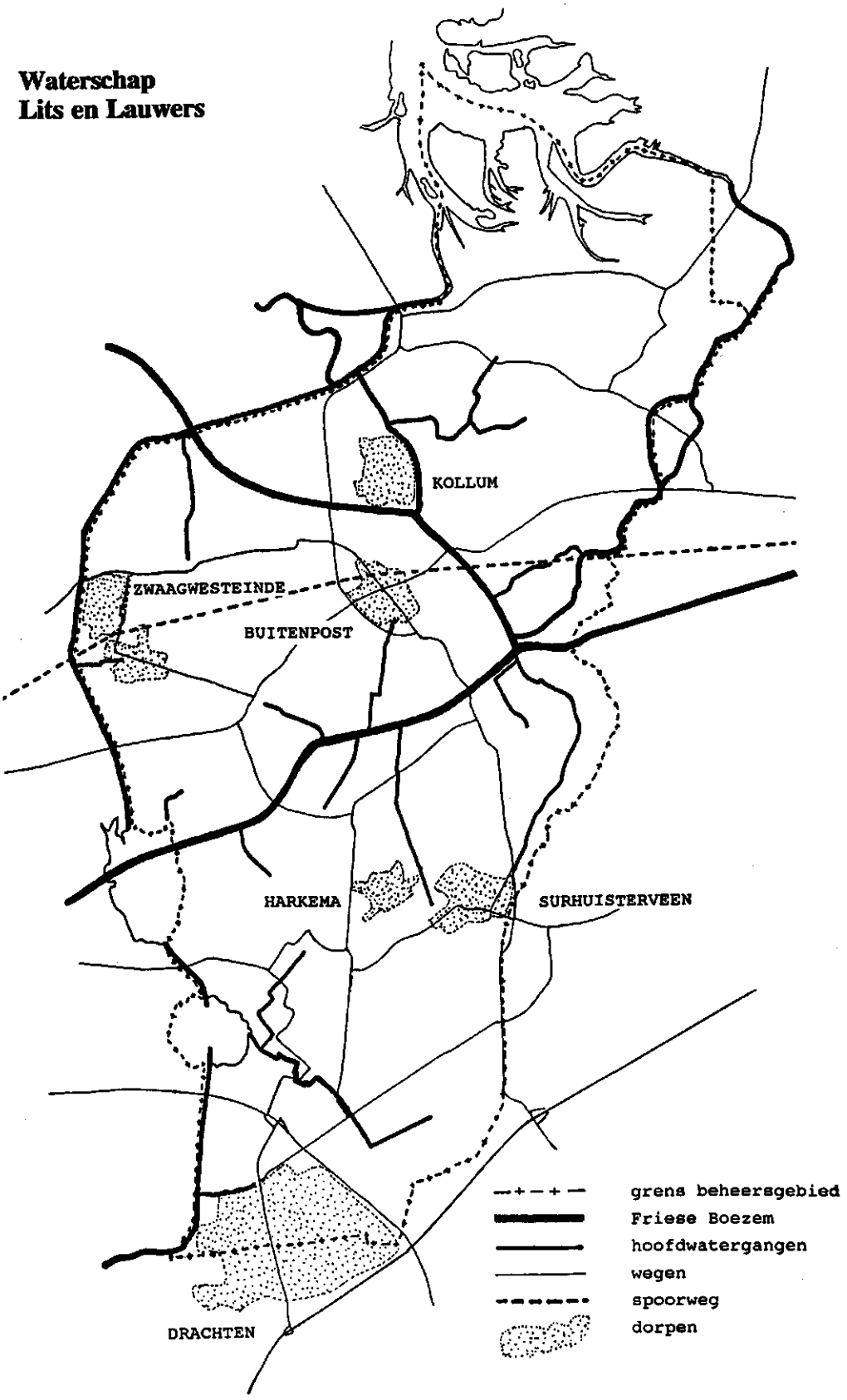
2. HET WATERSCHAP LITS EN LAUWERS

2.1 Ontstaan van het waterschap

Op 7 november 1958 wordt het voorlopig bestuur van het overkoepelend waterschap Achtkarspelen-Zuid in oprichting geïnstalleerd. Het beheersgebied bedraagt dan 9890 ha. In 1961 wordt de oprichting en reglementering van het waterschap Achtkarspelen-Zuid goedgekeurd. Het waterschap heeft als taak het kwantiteitsbeheer.
In 1963 wordt de naam van het waterschap gewijzigd in "Lits en Lauwers". In 1968 wordt het beheersgebied van het waterschap Lits en Lauwers uitgebreid met het beheersgebied van het waterschap Achtkarspelen-Noord. Het beheersgebied omvat dan ongeveer 23.150 ha.
In 1977 wordt het waterschap de Noorderfennen aan het beheersgebied van Lits en Lauwers toegevoegd.
In 1982 tenslotte, na herziening van de grensomschrijving, wordt het beheersgebied van het waterschap zoals dat nu is vastgelegd. Het beheersgebied omvat nu ongeveer 27.100 ha.



Figuur 1. De waterschappen in Friesland.

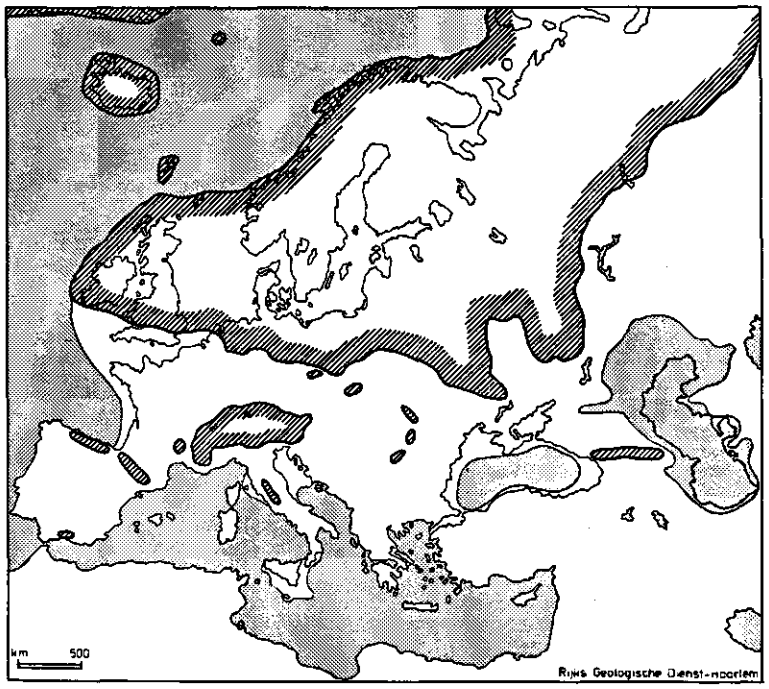


Figuur 2. Beheersgebied waterschap Lits en Lauwers.

2.2 De taak van het waterschap

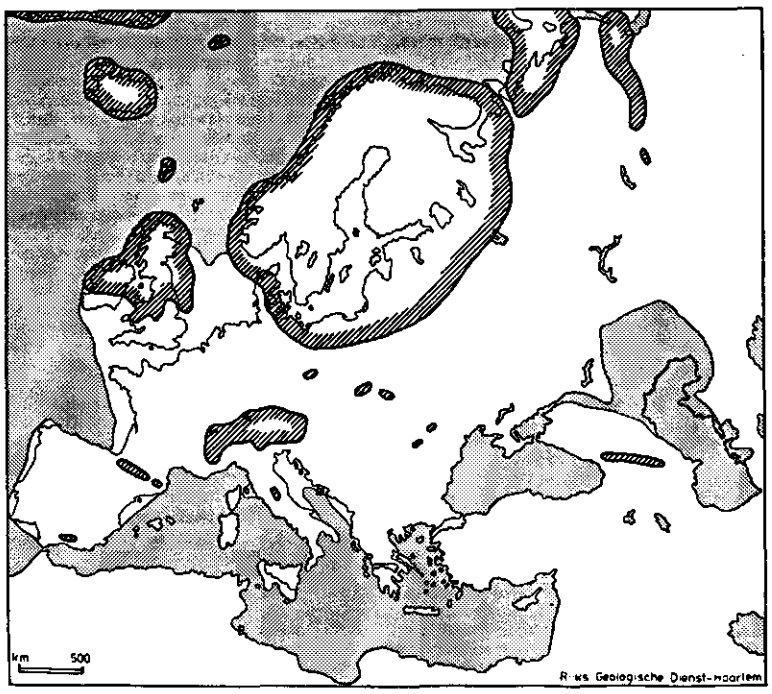
Essentieel in de Wet op de Waterhuishouding is dat zowel Rijk als Provincie beleidsplannen maken, welke betrekking hebben op de kwaliteit en de kwantiteit van oppervlakte- en grondwater. Naast de beleidsplannen dienen beheersplannen opgesteld te worden door de beheerders van de desbetreffende wateren. De provincie verplicht het waterschap tot het opstellen van een waterkwantiteitsbeheersplan.
De formele omschrijving van de taak van het waterschap wordt gegeven in het bijzonder reglement (art. 2):

> ***Het waterschap heeft tot taak de zorg voor de waterhuishouding in het gebied van het waterschap.***



1 2

Fig. 9. Verbreiding in Europa van landijs en gletsjers gedurende het Saalien. - 1 : begrenzing landijs en grote gletsjers; 2 : zee.



1 2

Fig. 10. Verbreiding in Europa van landijs en gletsjers gedurende het Weichselien. - 1 : begrenzing landijs en grote gletsjers; 2 : zee.

Figuur 3. **Verbreiding van landijs en gletsjers gedurende het** Saalien en het Weichselien. (Bron: K.N.A.G. Geografisch Tijd schrift IX (1975) Nr. 3)

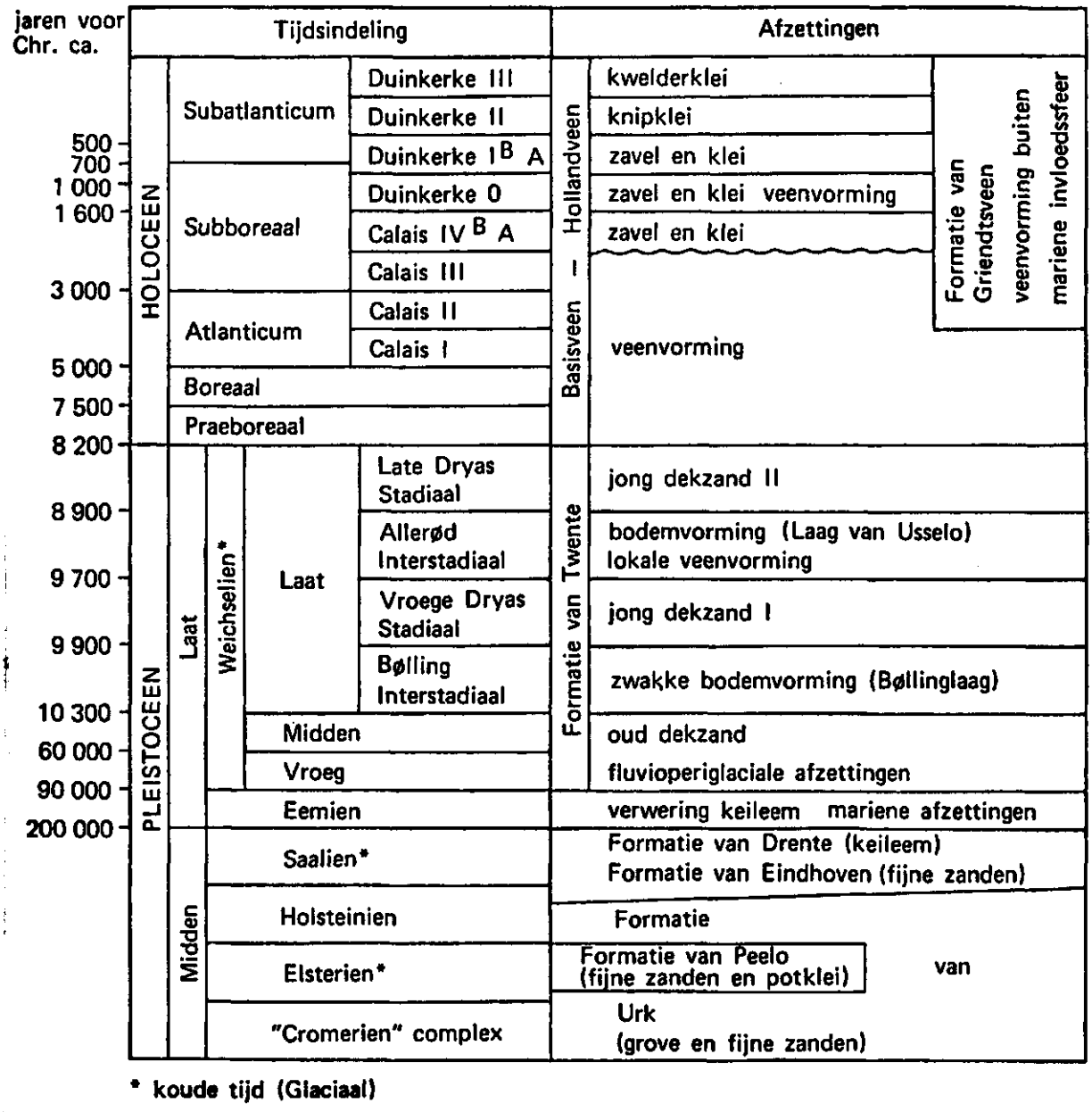
3. GEOLOGIE

3.1 Het Pleistoceen

De Pleistocene afzettingen, die aan of nabij het oppervlak voorkomen, zijn hoofdzakelijk afgezet tijdens de drie laatste ijstijden, het Elsterien, het Saalien en het Weichselien (zie ook fig. 3).
Tijdens het Elsterien werden zanden en zeer zware, vaak zwarte, kleien (potklei), afgezet (Formatie van Peelo). Voor de komst van het landijs in het Saalien werd een dik pakket fijne zanden afgezet (Formatie van Eindhoven). Gedurende een deel van het Saalien was het beheersgebied geheel met ijs bedekt. Onder dit ijs werd een grondmorene afgezet, bestaande uit door het ijs vermalen materiaal, gemengd met grind en stenen, de keileem (Formatie van Drente). Door erosie is veel van de keileem verdwenen.
In de laatste glaciale periode, het Weichselien, bleef het beheersgebied vrij van landijs. In het Vroeg- en Midden Weichselien zijn oudere afzettingen door erosie aangetast. Uit deze periode stammen de fluvioglaciale zanden. Gedurende het Midden- en Laat Weichselien zijn in een koud, maar vochtig klimaat keizand, het oude dekzand en de jonge dekzanden afgezet (Formatie van Twente). Tijdens het Weichselien zijn ook de grote, diepe, nagenoeg ronde kuilen, de dobben in het dekzandgebied ontstaan [88].

Dobben

Een zeer markant element in het zandlandschap van het waterschap vormen de dobben. Het zijn meestal ronde depressies in het veld. Opvallend is het verschil in diepte tussen de dobben. Diepe dobben, die tevens omgrensd worden door een min of meer in tact zijnde keileemwal, dateren uit de Würmijstijd. Ze worden pingo's genoemd.
Pingo's ontstonden op de volgende wijze. Op een permanent bevroren ondergrond begon de ontdooide bovengrond van bovenaf te bevriezen. In de nog niet bevroren tussenlaag vond watertransport ten gevolge van de helling in het gebied plaats. Plaatselijk hoopte het water zich op. Bij bevriezing zette het water uit, hetgeen een opstuwing van de bovenliggende lagen teweeg bracht. Na de Würmijstijd bleef er

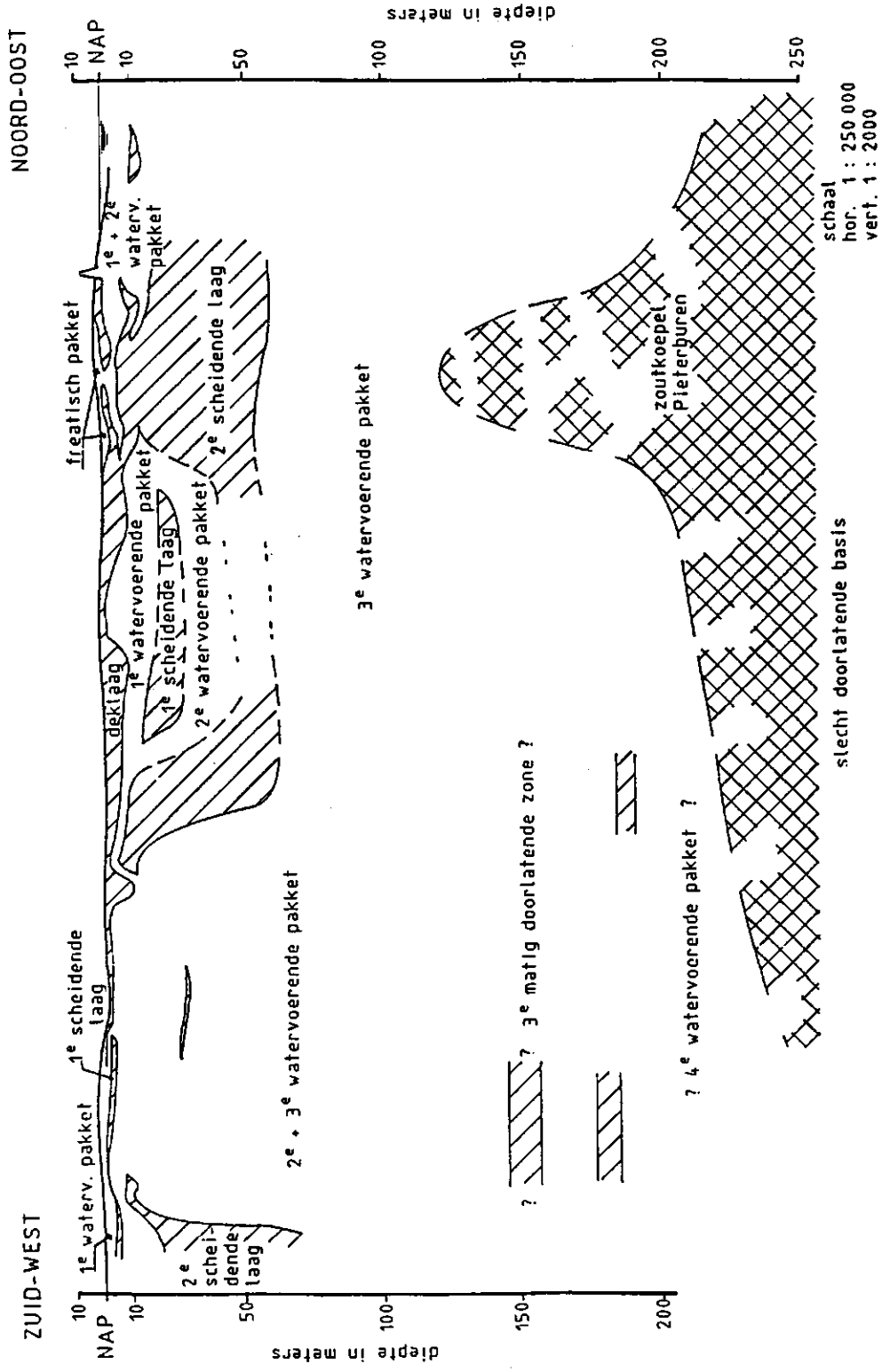


Figuur 4. Pleistocene en Holocene formaties, gerangschikt naar ouderdom.

een diep gat over. In de gevormde pingoresten ontstond een gunstig milieu voor veenvorming.
Er zijn ook dobben ontstaan door uitwaaiing van het bovenliggende zandpakket. Dit type heeft een ondiep gelegen keileembodem en is omringd door een zandrug. De ondiepe dobben vallen, in tegenstelling tot de diepe dobben, spoedig droog [30].

3.2 Het Holoceen

Met de definitieve klimaatsverandering aan het eind van het Pleistoceen begint het Holoceen. In het Boreaal werd het warmer, waardoor de zeespiegel sterk rees. Dit bracht met het vochtiger worden van het klimaat verhoogde grondwaterstanden teweeg. In depressies, dobben en beekdalen vond veenvorming plaats (Basisveen).
In verband met het doorzetten van de klimaatsverbetering en de hiermee gepaard gaande rijzing van de zeespiegel, breidde het veen zich in het Atlanticum uit naar de lage dekzanden (Hollandveen).
Vooral in het Subboreaal is op veel plaatsen een dik pakket veen ontwikkeld. Door de verhoogde stand van de zeespiegel kon de zee in het Subboreaal (Afzettingen van Calais) en het Subatlanticum (Afzettingen van Duinkerke) grote delen van het veen overspoelen. Bovenop op het veen werd een pakket zeeklei afgezet.
In het hoger gelegen zandgebied heeft in het Holoceen ook op grote schaal veenvorming plaatsgevonden. Dit was mogelijk, omdat de Jongere dekzanden de afwatering grotendeels verstopten. Hierdoor steeg de grondwaterspiegel, wat leidde tot veenvorming [88].



Figuur 5. Geschematiseerde geohydrologische opbouw van de ondergrond in een west-oost profiel in Noord-West Groningen.

4 GEOHYDROLOGIE

Binnen een geohydrologisch systeem vormt elk watervoerend pakket als goed doorlatende eenheid een voorkeurszone voor grondwaterstroming. Een opeenvolging van twee of meer watervoerende pakketten omvat derhalve een overeenkomstig aantal aparte stromingssystemen. Uitwisseling van grondwater tussen de watervoerende pakketten onderling wordt bepaald door onder andere de weerstand, die tussenliggende scheidende lagen bieden tegen de stroming van grondwater in verticale richting.

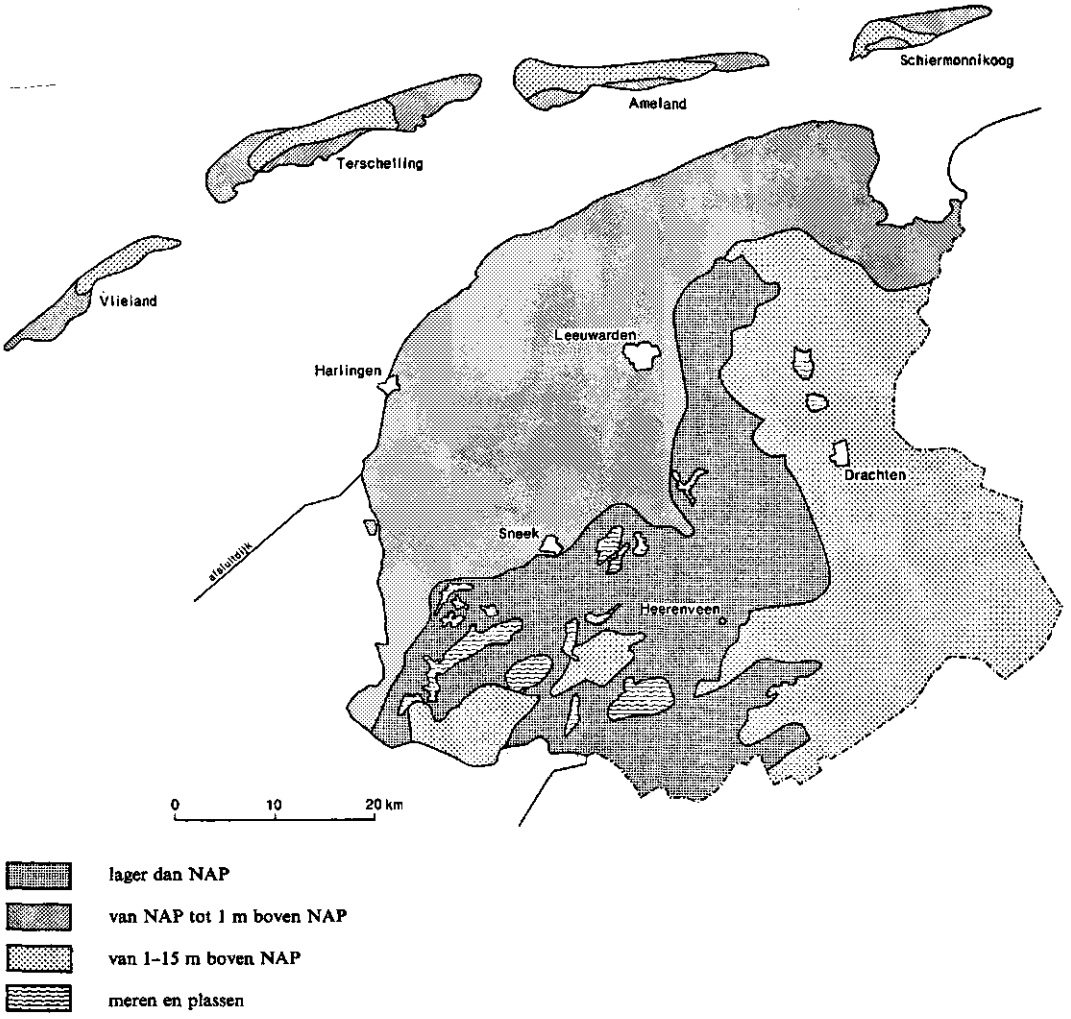
Lokale uitwisseling van grondwater tussen watervoerende pakketten kan plaatsvinden, wanneer zich stijghoogteverschillen voordoen, hetgeen een vorm van voeding inhoudt. Daarnaast komt directe voeding vanuit de neerslag tot stand op plaatsen waar een watervoerend pakket dagzoomt.

Gebaseerd op lithologische en geofysische gegevens kunnen twee watervoerende pakketten en minstens twee slecht doorlatende lagen en een deklaag worden onderscheiden in de ondergrond van het beheersgebied.

De slecht doorlatende basis wordt gevormd door mariene klei-afzettingen behorende tot de Formatie van Maassluis en de Formatie van Oosterhout. Het derde watervoerende pakket wordt aan de bovenzijde veelal begrensd door potklei-afzettingen en kleilagen van de Formatie van Urk. In de ondergrond van het beheersgebied ontbreken deze afzettingen, zodat het derde watervoerende pakket samenvalt met het tweede watervoerende pakket. Het tweede watervoerende pakket wordt aan de bovenzijde begrensd door de eerste scheidende laag, welke is opgebouwd uit slecht doorlatende afzettingen van de Formatie van Drente. Het eerste watervoerende pakket bestaat uit de zandige afzettingen van de Westland Formatie, Formatie van Twente en de Formatie van Drente. Dit watervoerende pakket is zeer inhomogeen van opbouw. De deklaag, die niet op de zandgronden voorkomt, wordt gevormd door klei- en veenafzettingen van de Westland Formatie [21].

5 TOPOGRAFIE

De hoogteligging van het beheersgebied varieert van 2.5m -NAP tot 5m +NAP. De grootste reliëfverschillen worden in het Pleistocene zandgebied aangetroffen. Hier varieert de hoogteligging tussen ca. NAP en 5m +NAP. Terreingedeelten hoger dan 3m +NAP liggen ten westen van Twijzel, ten zuiden van Drogeham en ten zuiden van Surhuisterveen. De zeekleigronden liggen overwegend tussen ca. NAP en 1m +NAP. Op de overgang naar de klei-op-veengronden en de veengronden daalt het maaiveld tot ca. 0.5 m -NAP. Een groot deel van de veengronden en de klei-op-veengronden ligt tussen NAP en 1m -NAP. In de laag gelegen gebieden zijn enkele delen diep uitgeveend of sterk ingeklonken. Deze gebieden liggen tussen 1m -NAP en 2m -NAP. [88].



Figuur 6. Topografie van Friesland. (Bron: "De bodem van Friesland", J. Cnossen, [30])

Fig. 1. Overzichtskaart van de bodem van Friesland (Vereenvoudigd en overgenomen van de „Voorlopige Bodemkaart van Nederland", schaal 1 : 4000.000. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen).

ZEEKLEIGRONDEN

Het oude landschap

- zware kleigronden (knipklei); eventueel met veen in de ondergrond, dieper dan 60 cm.
- lichte klei en zavelgronden
- lichte zavelgronden als ruggen in het terrein

Het jonge landschap

- zware kleigronden
- lichte klei en zavelgronden

VEENGRONDEN

- laag gelegen veengronden, eventueel met een kleidek tot 60 cm dikte, en veenpolders.
- water (meren)

ZANDGRONDEN

- veen-ontginningszandgronden (niet bemalen)
- zandgronden, meestal met kleileem-ondergrond
- ------ riviertjes
- —·—·— provincie grens

Figuur 7. **Overzichtskaart van de bodem van Friesland. (Bron: "De bodem van Friesland", Dr.Ir. J.S. Veenenbos, [96]).**

6 BODEMKUNDE

6.1 Inleiding

Veenenbos (1952) deelde Friesland op in drie grote gebieden;

1. de zandgronden, Friese Wouden;
2. de kleigronden;
3. de veengronden, Lage Midden.

De Friese Wouden werden door Veenenbos [98] opgesplitst in "De Dokkumer Wouden" en "De Zevenwouden". De grens tussen deze twee landschappen is de lijn Drachten-Surhuisterveen [29].
In het beheersgebied van het waterschap Lits en Lauwers komen de volgende gronden voor:

- veengronden;
- zandgronden;
- zeekleigronden;
- oude kleigronden.

Globaal gezien komen de veengronden in het midden, de zandgronden in het midden en de zeekleigronden in het noorden van het beheersgebied voor. Op enkele plaatsen komt oude kleigrond (potklei) voor [88].

6.2 Veengronden

In het beheersgebied komt alleen nog laagveen voor. Het hoogveen is na 1600 op grote schaal afgegraven. Het laagveen bestaat uit veenmosveen en zeggeveen. Veenmosveen wordt nog onderverdeeld in jong veenmosveen (bolsterveen) en oud veenmosveen. Het oude veenmosveen wordt wel zwartveen genoemd en het bolsterveen witveen [30].
Veenmosveen is in een voedselarm (oligotroof) milieu ontstaan, dat uitsluitend op regenwater was aangewezen. De doorlatendheid is slecht. Zeggeveen groeide in een voedselrijker (mesotroof) milieu. De doorlatendheid van zeggeveen is minder slecht als die van veenmosveen. Beide gronden zijn geschikt voor de weidebouw [88]. De veengronden komen voor op de overgang van zand naar klei.

6.3 Zandgronden

In het beheersgebied worden een drietal zanden aangetroffen, het proglaciale zand, het keizand en het oude dekzand. Het proglaciale zand is een fijnzandig zwak lemig zand, dat als een wind (eölische) afzetting gekarakteriseerd kan worden. Bij Drogeham komt het op sommige plaatsen aan de oppervlakte [29]. Het keizand is een zandig residu van de keileem na verwering en verlies van fijnere delen [98]. Het oude dekzand vertoont een gelaagdheid van afwisselend uiterst fijne, sterk lemige en iets grovere zandbanden.
Genoemde Pleistocene zandgronden bestaan uit zeer arm kwartszand. Het gehalte aan gemakkelijk verweerbare minerale bestanddelen in de fractie van 50-100 μ bedraagt minder dan 15%. Het bodemvormend proces dat in de oude pleistocene zandgronden is opgetreden, heet podzolering. Hierdoor zijn podzolen ontstaan. Naast de podzolen worden ook dikke eerdgronden (oude bouwlanden) aangetroffen, veelal ontstaan door geleidelijke ophoging met plaggenmest [30].
Bovenstaande gronden zijn geschikt voor weidebouw. Voor akkerbouw zijn de gronden minder geschikt [88].
De zandgronden worden in het midden van het beheersgebied aangetroffen.

6.4 Zeekleigronden

Zeekleigronden zijn opgebouwd uit materiaal dat is afgezet in een zoutmilieu. Door het verschil in bezinkingssnelheid zijn grote verschillen in zwaarte van de grond ontstaan. Zavelige afzettingen komen voor langs vroegere geulen en kreken. Meer landinwaarts, in een rustiger milieu, ontstonden de zwaardere sedimenten met een vrij hoog tot hoog gehalte aan kleideeltjes (lutum) en weinig of geen zand. In het gebied ten zuiden van het Lauwersmeer is dit goed te zien. Landinwaarts komen achtereenvolgens kleiig zand, sterk zandige klei, lichte klei en zware klei voor. Een deel van de zeekleigronden heeft eigenschappen die afwijken van die van de 'normale' zeeklei. Bedoelde gronden hebben een zogenaamd knipkarakter. De naam "knip" is ontleend aan het Friese spraakgebruik. Van belang bij het knipverschijnsel is vooral dat het bodemmateriaal binnen de structuur-

elementen wordt ontmengd en de componenten (fijn zand, leem en klei) zich afzonderlijk verplaatsen. Er is dus een inwendige verslemping. De zware knipgronden en de zware lagen in de lichtere, knipperige gronden hebben bovendien de eigenschap bij uitdroging sterk te krimpen en bij (her)bevochtiging sterk te zwellen. De knippige gronden worden vrijwel uitsluitend voor grasland gebruikt en komen voor in het noorden van het beheersgebied op de overgang van veen naar klei [88].

6.5 Oude kleigronden

Potklei

Onder potklei wordt verstaan een taaie, uiterst zware klei met 80% of meer lutum. In het beheersgebied komt alleen rondom Surhuisterveen de potklei in de bovenste 1.25 m voor. De bodemprofielen, die boven de potklei zijn ontwikkeld, hebben meestal het karakter van gleygronden, die door de zware ondergrond een moeilijk te reguleren waterhuishouding hebben [88].

De keileem

Keileem is het door het landijs aangevoerde materiaal, ook wel aangeduid met grondmorene. De keileem bevat 17-35% lutum. In het beheersgebied komt alleen ten noorden van Zwaagwesteinde keileem ondiep voor. Het gebiedje ligt beneden NAP. Vermoedelijk is het uitgeveend [88].

7 BELANGEN

7.1 Inleiding

Maatschappelijke opvattingen over de inrichting van het landelijk gebied vinden in toenemende mate hun concretisering in regelgeving (streekplannen en bestemmingsplannen).
In het streekplan Friesland '89 wordt het landelijk gebied ingedeeld naar primaire functies: landbouw, natuur en recreatie. In het beheersgebied komen gebieden met hoofdfunctie landbouw en hoofdfunctie natuur voor. Een belangrijke schakel in het waterbeheer ten behoeve van deze functies vormt de Friese boezem.
De Friese boezem wordt gevormd door een netwerk van met elkaar in open verbinding staande vaarten, meren en plassen, gelegen ten westen van de hoge zandgronden van oost- en zuidoost Friesland.
De boezemwateren, waar het waterschap mee te maken heeft, zijn:

- het Prinses Margrietkanaal;
- de Nieuwe Zwemmer;
- het Bergumermeer;
- de Leyen;
- de Stroobosser trekvaart;
- het Opeinderkanaal;
- de Zijlsterried;
- de Lauwers.

De waterstanden op de boezem worden aangegeven ten opzichte van het Friese Zomerpeil (ZP). ZP is gelijk aan 0.66 m -NAP. Het gemiddelde streefpeil van de Friese boezem is 0.14 m +ZP (0.52 m -NAP). Stijgt het gemiddelde boezempeil boven 0.14 m +ZP, dan kan o.a. worden geloosd via Dokkumer Nieuwe Zijlen. Onder normale omstandigheden wordt er onder vrij verval geloosd op het Lauwersmeer. Het gemiddelde streefpeil op het Lauwersmeer bedraagt 0.93 m -NAP. Wanneer de waterstand op het Lauwersmeer gelijk of hoger wordt dan het boezempeil, als gevolg van opwaaiing op de Waddenzee, dan is de lozing via Dokkumer Nieuwe Zijlen gestremd. Duurt een stremming zo lang dat de berging in de boezem maximaal benut is, dan is de kans groot dat er wateroverlast optreedt in het beheersgebied van het waterschap. Indien gestremde lozing gepaard gaat met zuid-westelijke winden, dan

zal door opwaaiing de kans op wateroverlast toenemen.
In droge perioden kan vanuit het IJsselmeer op drie plaatsen water worden ingelaten op de boezem:

- bij Lemmer, Teroelsterkolkinlaat op de Ee;
- bij Takozijl, inlaat op Prinses Margrietkanaal;
- bij Stavoren, J.L. Hooglandgemaal.

Voor normale omstandigheden is de waterhuishoudkundige infrastructuur van Friesland voor de inlaat en het transport van water voldoende. Ook Groningen is voor haar waterbehoefte mede afhankelijk van de waterdoorvoer door Friesland. Gelet op de eigen Friese behoefte aan water in droge perioden, de gegeven inlaatcapaciteit van IJsselmeerwater en de transportmogelijkheden, valt te voorzien dat niet in alle situaties ten volle kan worden voldaan aan de (toenemende) Groningse vraag.
Indien in bovenstaande situatie geen verandering zal komen, geldt tevens voor een deel van het beheersgebied dat er een gebrek aan water kan ontstaan [86].

7.2 Landschap

Door de snelheid waarmee en de schaal waarop de huidige maatschappelijke ontwikkelingen zich voordoen, zijn de veranderingen in deze eeuw zowel in ruimte als tijd gezien sterk toegenomen. Kleinschalige landschappen veranderen in de richting van meer grootschalige open landschappen, terwijl in de van oorsprong grootschalige open landschappen een veelal onsamenhangende verdichting optreedt.
Het landschapsbeleid is gericht op het behouden van de verscheidenheid aan landschappen. Daarbij ligt de nadruk op het handhaven of tot stand brengen van harmonie tussen de nieuwe ontwikkelingen en bestaande landschappelijke eenheden.
Belangrijke randvoorwaarden hiervoor zijn:

- het tegengaan van nivellering van verschillen, die de landschappen onderling kenmerken;
- het handhaven dan wel bewerkstelligen van een voldoende mate van variatie binnen landschappen.

Aan de instandhouding van de herkenbaarheid van de verschillende landschappen wordt veel waarde gehecht en ontwikkelingen die tot een

verlies of aantasting ervan leiden, worden tegengegaan. Nieuwe ontwikkelingen zullen een passende plaats in het landschap moeten krijgen [40].

7.3 Landbouw

De landbouw neemt vanwege haar betekenis voor de bedrijvigheid en werkgelegenheid een belangrijke positie in. Aan het handhaven en zo mogelijk versterken van deze positie wordt veel waarde toegekend.
Is landbouw de primaire functie, dan zullen omstandigheden geschapen worden voor een zo goed mogelijk functioneren van de landbouw. De daarbij te hanteren normen zullen worden ontleend aan de wensen, die voortkomen uit de agrarische bedrijfsvoering. Hierbij is het beleid gericht op verbetering van de bedrijfsomstandigheden, onder meer door de uitvoering van landinrichtingswerken. In gebieden, die mede gericht zijn op de zorg voor natuur en landschap, zullen de te hanteren normen tevens worden ontleend aan het te voeren natuur- en landschapsbeheer. Het tot ontwikkeling brengen van alternatieve vormen van landbouw dient mogelijk te blijven [40].

7.4 Natuur

De natuur heeft in natuurgebieden de hoofdfunctie, landbouw en recreatie vervullen een belangrijke dan wel ondergeschikte nevenfunctie. De ontwikkelingen ten aanzien van de natuur geven ook in Friesland in het algemeen reden tot zorg. Het doel van het natuurbeleid is : het bevorderen van een zo groot mogelijke rijkdom aan natuurlijke kwaliteiten, alsmede van een goede ecologische samenhang. In beginsel wordt ervan uitgegaan dat op de in deze gebieden voorkomende landbouwgronden agrarische produktie kan plaatsvinden, voor zover dat zonder aantasting van de natuurlijke kwaliteiten mogelijk is. Afhankelijk van de eigenschappen, ligging en omvang van de natuurgebieden hebben deze gebieden in vele gevallen een recreatieve functie.
In het beheersgebied vallen de Leijen, het Bergumermeer, het gebied ten noorden van de kwelderweg in het Lauwersmeergebied en enkele gebiedjes tussen Buitenpost en Drogeham onder natuurgebieden [40].

7.5 Waterwinning

Onder waterwinning wordt verstaan elke vorm van grondwateronttrekking ten behoeve van drink- en industriewatervoorziening, voor beregening en door bronbemaling. Indien een waterwinning een bepaalde omvang te boven gaat is een vergunning van Gedeputeerde Staten nodig. Beslissingen over grondwateronttrekkingen dienen te passen binnen het grondwaterbeheer. Ten behoeve van de bescherming van de grondwaterwingebieden zijn grondwaterbeschermings- en waterwingebieden aangewezen [40].
Ingevolge de Wet Algemene Bepalingen Milieuhygiëne moeten Gedeputeerde Staten degene op wie bepalingen van de provinciale verordening grondwaterbeschermingsgebieden van toepassing zijn en die zich daardoor voor kosten ziet gesteld dan wel schade lijdt, die redelijkerwijs niet of niet geheel te zijnen laste behoren te blijven, op zijn verzoek of ambtshalve een naar billijkheid te bepalen schadevergoeding toekennen (Grondwaterbeschermingsplan Friesland).

7.6 Stedelijke bebouwing

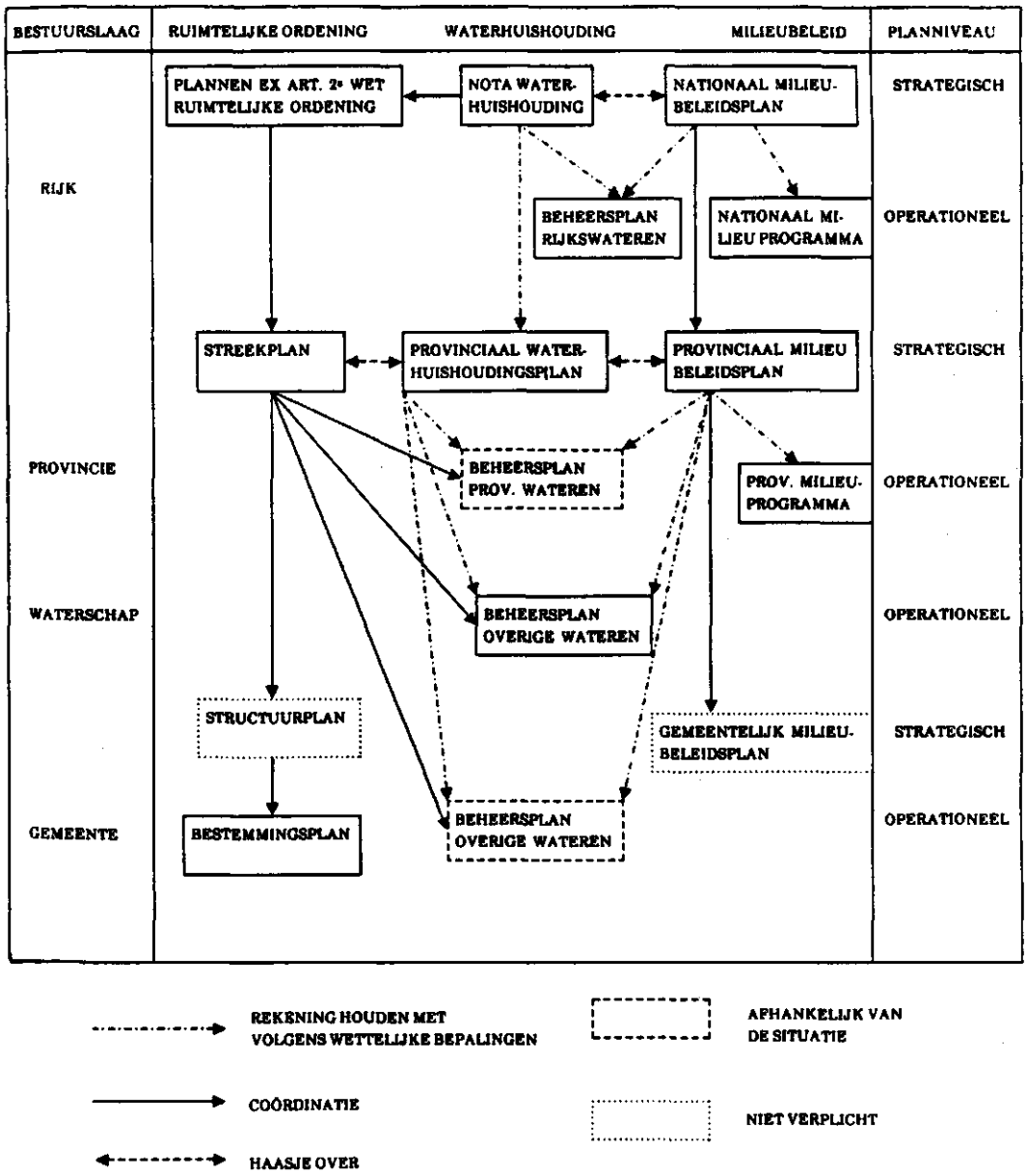
Uitbreiding van steden en dorpen vergroot het oppervlak verhard in het beheersgebied. Door deze uitbreiding zal meer regenwater direct via het regenriool (gescheiden rioolsysteem) of via het effluent van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (gemengd rioolstelsel) worden geloosd en daarmee een grotere belasting voor het afwateringsstelsel zijn. Er zal dus bij eenzelfde hoeveelheid neerslag, en een groter oppervlak verhard, meer water verpompt moeten worden, waardoor het aantal kW-uren toeneemt.
Bij uitbreiding van steden en dorpen wordt vaak een bepaalde drooglegging gehanteerd. Wanneer deze drooglegging van bijv. een nieuwe woonwijk tot gevolg heeft dat het gemaal van zijn optimum afwijkt, zullen er voor dezelfde hoeveelheid te verpompen water meer kW-uren worden verbruikt.

7.7 Defensie

In het Lauwersmeergebied is een militair oefenterrein geprojecteerd in de Kollummerwaard met een oppervlakte van ongeveer 207 ha. Aan het ont- en afwateringsstelsel van het oefenterrein worden hoge eisen gesteld. Ten eerste omdat het terrein onder vrijwel alle weersomstandigheden bruikbaar moet zijn, ten tweede omdat veel geld wordt geïnvesteerd in in te graven apparatuur en bekabeling [114].
Op dit moment vindt een heroverweging plaats ten aanzien van de ontwateringsdiepte. In eerste instantie zou de ontwateringsdiepte voor het gehele oefenterrein op 2m -maaiveld gebracht worden. Vermoedelijk zullen delen van het oefenterrein een minder diepe ontwatering krijgen [76].

7.8 Recreatie en toerisme

Het streven is gericht op een beheerste ontwikkeling in harmonie met de belangen van de bevolking en de voorwaarden ontleend aan de zorg voor milieu, natuur en landschap, waarbij de toekomstige recreatieve mogelijkheden van de eigen inwoners van Friesland dienen te worden gewaarborgd of verbeterd. De wateren behorende tot de Friese boezem vervullen uiteraard een belangrijke functie voor de watersport, oeverrecreatie en hengelsport.



Figuur 8. Relatie waterbeheer met andere beleidsterreinen.
(Bron: "Samenhang en samenspel in het waterbeheer,...", P. Glasbergen et al [43]).

8 WATERBEHEER

8.1 Inleiding

Het waterbeheer in Nederland is aan het veranderen. De belangrijkste verandering is dat het water als object van overheidszorg veel meer aspecten is gaan vertonen en meer belangen is gaan betreffen, dan in het verleden het geval is geweest. Genoemde verandering heeft belangrijke consequenties voor het beleid en beheer, in die zin dat het een verbreding en intensivering van het waterbeheer zal inhouden. In de nota "Omgaan met water" wordt deze verandering oriënterend besproken. Gewezen wordt op de noodzaak van een meer integraal waterbeheer, gebaseerd op de watersysteembenadering als perspectief voor het waterbeheer in de toekomst [45].
In de Derde Nota Waterhuishouding wordt het geïntegreerde beleid voor verschillende aspecten concreet uitgewerkt. De Nota beschrijft het landelijke integrale waterbeheer voor de periode 1990-1995 met een doorkijk naar de verdere toekomst.

8.2 Integraal waterbeheer

De Derde Nota Waterhuishouding brengt de afzonderlijke planvorming op het gebied van de zorg voor waterkwantiteit, waterkwaliteit en het grondwater voor het eerst in één plan. Dit betekent dat meer dan voorheen de relatie tussen kwantiteits- en kwaliteitsaspecten van het oppervlaktewater en het grondwater (de interne functionele samenhangen) aandacht krijgen. Daarnaast vraagt de relatie tussen het waterbeheer en andere beleidsterreinen, zoals milieubeheer, ruimtelijke ordening en natuurbeheer (de externe functionele samenhangen), in toenemende mate aandacht bij het waterbeheer. Om rekening te houden met zowel de interne als de externe functionele samenhangen is integraal waterbeheer noodzakelijk.
In de Derde Nota Waterhuishouding wordt integraal waterbeheer omschreven als :

> ***Samenhangend beleid en beheer dat de verschillende overheidsorganen met strategische taken en beheerstaken op het gebied van het waterbeheer voeren in het perspectief van de watersysteembenadering.***

Zoals uit het bovenstaande blijkt, is de watersysteembenadering een belangrijk uitgangspunt voor integraal waterbeheer. Het systeemdenken is geen doel op zich, maar het is een methodologie, welke gebruikt wordt om de samenhang in verschijnselen beter te kunnen begrijpen. Een tweetal uitgangspunten speelt in het systeemdenken een belangrijke rol:

- de werkelijkheid wordt beschouwd vanuit samenhangende gehelen;
- de omgeving wordt als essentieel gegeven beschouwd, waarbij systemen in wisselwerking met hun omgeving worden gezien.

Een waterhuishoudkundig systeem is een samenhangend geheel van grondwatervoorkomens en oppervlaktewateren. Oppervlaktewateren vormen het samenhangend geheel van water, waterbodem, oevers, technische infrastructuur en de biologische component. De taak van de waterbeheerder is vooral waterhuishoudkundig van aard en omvat niet de totale zorg voor het watersysteem [45].

8.3 Wet op de Waterhuishouding

8.3.1 Inleiding

De Wet op de Waterhuishouding beoogt middelen te verschaffen die het mogelijk maken de beleidsvorming op het terrein van de waterhuishouding als geheel te beschouwen en de nodige coördinatie van het beleid en beheer op de verschillende deelterreinen van de waterhuishouding te realiseren.
In de wet is aangesloten bij de bestaande taken- en bevoegdhedenstructuur op het gebied van de waterhuishouding [53].

8.3.2 Planvorming

De Derde Nota Waterhuishouding heeft betrekking op de totale waterhuishouding, is strategisch van aard en geeft hoofdlijnen van het in het land uit te voeren beleid en beheer door de verschillende verantwoordelijke lichamen (rijk, provincie, waterschap en gemeente).
Het Rijk bepaalt het strategische beleid voor de nationale wateren en reikt de nodige instrumenten aan om het beleid in de regio te

verfijnen en uit te voeren. Dit rijksbeleid wordt vervolgens door de provincie uitgewerkt tot het strategisch regionaal beleid, inclusief functietoekenning aan wateren en bestuurlijke organisatie, vertaald in het provinciale waterhuishoudingsplan en de provinciale verordening waterhuishouding. Op basis van deze verordening moeten de waterschappen een integraal beheersplan maken en uitvoeren [86a,86b,109]. Dit beheersplan dient tenminste éénmaal in de vier jaren herzien te worden en onder andere de volgende punten te bevatten:

- een globale beschrijving van de bestaande toestand van de (stelsels van) oppervlaktewateren waarover het beheer zich uitstrekt;
- een evaluatie van het in de voorgaande planperiode gevoerde beleid;
- een uitwerking van de in het waterhuishoudingsplan vastgelegde functies;
- een plan van aanpak voor de ontwikkeling van een op het beheer afgestemd meetnet.

8.3.3 Beheersinstrumenten

De Wet op de Waterhuishouding voorziet in een aantal beheersinstrumenten, opdat het in de verschillende plannen neergelegde waterhuishoudkundig beleid door de waterbeheerders adequaat kan worden uitgevoerd.

Registratie

Degene die water afvoert naar, aanvoert uit, loost op of onttrekt aan oppervlaktewateren waarover hij niet het beheer voert, is in daartoe aan te wijzen gevallen verplicht de wijze van afvoer, aanvoer, lozing of onttrekking te melden en eventueel de betreffende waterhoeveelheden te meten, daarvan aantekening te houden en van de verkregen gegevens opgave te doen [80,86a].

Peilbesluit

Een kwantiteitsbeheerder moet in daartoe aan te wijzen gevallen voor onder zijn beheer staande oppervlaktewateren één of meer peilbesluiten vaststellen. De in dat besluit opgenomen waterstanden (=peilen) moeten in de daarbij aangegeven perioden zoveel mogelijk worden gehandhaafd. Ten aanzien van oppervlaktewateren, welke niet onder het beheer van het Rijk vallen, stellen provinciale staten bij verordening nadere regelen met betrekking tot het peilbesluit [86b]. Deze regelen bevatten onder andere het volgende:

- bij een peilbesluit behoren een toelichting en een peilenkaart, waarop worden aangegeven:
  a. de peilgebieden;
  b. de grenzen van de peilgebieden;
  c. de peilen in meters ten opzichte van NAP (of FZP).
- bij de voorbereiding van het peilbesluit verricht het dagelijks bestuur in principe onderzoek naar de hydrologische gevolgen van een voorgenomen peilwijziging;
- Gedeputeerde Staten kunnen nadere richtlijnen geven omtrent hetgeen verder bij het te verrichten onderzoek dient te worden betrokken.

Wateraccoord

Een kwantiteitsbeheerder, die water afvoert naar of aanvoert uit oppervlaktewateren in beheer bij een andere kwantiteitsbeheerder, alsmede die andere beheerder zijn in daartoe aan te wijzen gevallen verplicht gezamenlijk een wateraccoord vast te stellen. Indien een kwantiteitsbeheerder niet tevens kwaliteitsbeheerder is, neemt ook de kwaliteitsbeheerder aan het wateraccoord deel. Een wateraccoord bevat bepalingen omtrent de wijze waarop de beheerders de af- en aanvoer van water ten opzichte van elkaar in het belang van de waterhuishouding regelen [80]. Een wateraccoord is een instrument, dat op alle waterhuishoudkundige aspecten betrekking kan hebben. Te denken valt aan een te handhaven onderling peil, door te voeren hoeveelheden water, doorspoelingsmaatregelen en de relatie tussen oppervlaktewater en grondwater [53].

Vergunningen

Als geen sprake is van af- en aanvoer van water door kwantiteitsbeheerders, opent de wet voor alle overige gevallen van afvoer, aanvoer, lozing en onttrekking de mogelijkheid tot invoering van een vergunningenstelsel. Door de voorwaarden in de vergunning af te stemmen op het voorgestane beheer kan voorkomen worden dat ontoelaatbare of moeilijk herstelbare handelingen worden verricht [53].

8.4 Het waterschap

Het waterschap stelt voor het oppervlaktewaterbeheer een beheersplan op, waarin dit zijn beheerstaken beschrijft. In het beheersplan zal een belangenafweging plaatsvinden in samenhang met de doelstellingen van het waterschap. Hierbij zullen de hoofdlijnen van het beleid, zoals is aangegeven in het provinciaal waterhuishoudingsplan in acht worden genomen. Het op deze wijze verantwoorde beleid zal vertaald moeten worden naar een beheerstrategie op basis waarvan de waterhuishoudkundige situatie kan worden gestuurd.

Het dagelijks beheer

De waterbeheerder wil snel in kunnen spelen op veranderingen in de waterhuishoudkundige situatie. Hiervoor is het noodzakelijk dat het waterschap over een goede infrastructuur beschikt, die goed wordt onderhouden.
Voor het dagelijks beheer zijn actuele parameters uit het beheersgebied van belang. Met behulp van de verzamelde gegevens en de beheersstrategieën wordt bekeken hoe de situatie in het beheersgebied op een bepaald moment is. In geval van afwijking dient het beheer zodanig aangepast te worden dat de uitgangssituatie opnieuw wordt bereikt. Hierbij moet gedacht worden aan het instellen van kunstwerken en in- en uitslagpeilen.

Evaluatie van het beheer

Om na te gaan of het dagelijks beheer na een periode is bereikt, is het zinvol om een jaarlijkse evaluatie uit te voeren. Hierbij kunnen de volgende aspecten aan de orde komen:

- bepaling van baten of resultaten van het beheer;
- een nadere beschouwing van het verschil tussen streefwaarden en werkelijk opgetreden waarden, zoals die gemeten zijn.

Voor een evaluatie is het noodzakelijk, dat de waterhuishoudkundige situatie van de afgelopen periode is vastgelegd. Daarnaast zal de uitgangssituatie van de afgelopen periode duidelijk moeten zijn. Door te evalueren is het mogelijk om naar bestuurlijk niveau toe aan te geven wat de uitwerking is geweest van eerder genomen beleidsbeslissingen én of nieuwe afwegingen noodzakelijk zijn [4].

9 GEMALEN IN HET BEHEERSGEBIED

9.1 Inleiding

In het beheersgebied van het waterschap wordt de waterafvoer geregeld met behulp van gemalen. Sinds het begin van de jaren zeventig wordt van veel gemalen het aantal kW-uren en het aantal pompuren per jaar geregistreerd.
De verzamelde gegevens zijn door het waterschap nader beschouwd en het vermoeden bestaat dat in de loop der jaren het verbruik aan kW--uren is toegenomen bij uitslaan van dezelfde hoeveelheid water. Zo niet, dan is er door andere oorzaken sprake van een positieve trend van kW-uren in de tijd. In dit hoofdstuk wordt met behulp van statistische technieken geanalyseerd in hoeverre dit vermoeden juist is. Er is gekozen voor eenvoudige statistische technieken. Dit omdat enerzijds de aanwezige gegevens het niet toelaten geavanceerde statistische technieken toe te passen, anderzijds valt een uitvoerige analyse buiten het kader van de opdracht.

9.2 Gebruikte gegevens

Gemalen

In tabel 2 staan de gemalen, die zijn geanalyseerd op een positieve trend in de tijd. Voor de analyse van de gemalen zijn de kW-uren per jaar gebruikt. Dit omdat er niet voor alle gemalen pompuren per jaar voorhanden zijn. Op zich maakt het niet uit, waarmee wordt gewerkt, omdat er een vaste relatie tussen kW-uren en pompuren bestaat.

Neerslag

In het beheersgebied van het waterschap staan twee KNMI-dagneerslagmeters, in Kollum en in Drachten. Het gemiddelde van deze dagneerslagmeters, in mm per jaar, wordt representatief geacht voor het gehele beheersgebied.

Tabel 2. Geanalyseerde gemalen

Gemaal	Bemalen opp.(ha)	Type	Cap. m^3/min	Cap. m^3/min/ha
Baukewijk	140	2	8	0.057
Buitenpost	270	3	40	0.148
Eestrum	275	3	30	0.109
De Folgeren	25	2	5.5	0.220
De Hammen	110	3	12	0.109
Hamstermieden	190	2	16	0.084
Hamsterpein	175	2	15	0.086
IJzermieden	215	3	17	0.079
Kletten	15	4	3.2	0.213
De Lits	605	1	56	0.093
Lutjewoude	410	3	35	0.085
Oude Jirden	180	3	20	0.111
Oudwoude	265	1	20	0.076
Oude Vaart	1665	1	2x60	0.072
Tochmaland	340	4	30	0.088

1 - open schroefpomp
2 - gesloten schroefpomp
3 - vijzel
4 - centrifugaalpomp

de capaciteit in m^3/min/ha varieert globaal van 0.06 tot 0.22

9.3 Analyse

Zoals in de inleiding reeds is vermeld, is bij de analyse gebruik gemaakt van eenvoudige statistische technieken (voor verklaring zie annex I of woordenlijst), namelijk:

- voortschrijdend gemiddelde;
- Ripple-diagram;
- residu-reeks Ripple-diagram;
- double-mass plot;
- residu-reeks double-mass plot;

- scatterdiagram;
- lineaire regressie;
- multi-lineaire regressie.

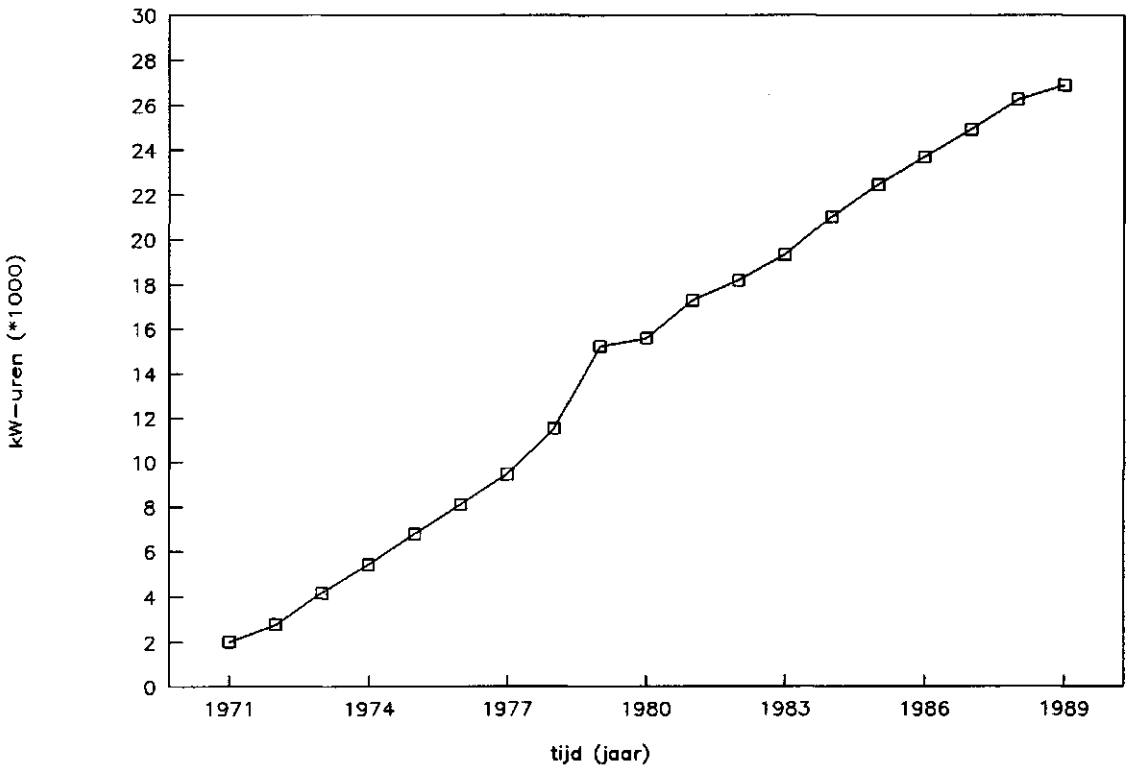
De technieken staan in volgorde van analyse en zijn uitgevoerd aan de hand van kW-uren en de neerslag. Het zijn statistische technieken, die met behulp van een computer snel en nauwkeurig kunnen worden uitgevoerd.
Aan de hand van het Ripple-diagram (fig. 9 en 10) was duidelijk dat de gemalen "Kletstervaart" en "De Folgeren" een ander beeld gaven dan de andere gemalen uit tabel 2. Navraag bij het waterschap leverde het volgende op:

- "De Folgeren": in eerste instantie stond hier een gemaal met een capaciteit van 2.5 m^3/s. Dit gemaal is vervolgens vervangen door een gemaal met een capaciteit van 5.5 m^3/s. Bovendien is de opvoerhoogte veranderd;
- "Kletstervaart": in eerste instantie had het gemaal een capaciteit van 7 m^3/s, later is dit gemaal vervangen door een gemaal met een capaciteit van 2.5 m^3/s.

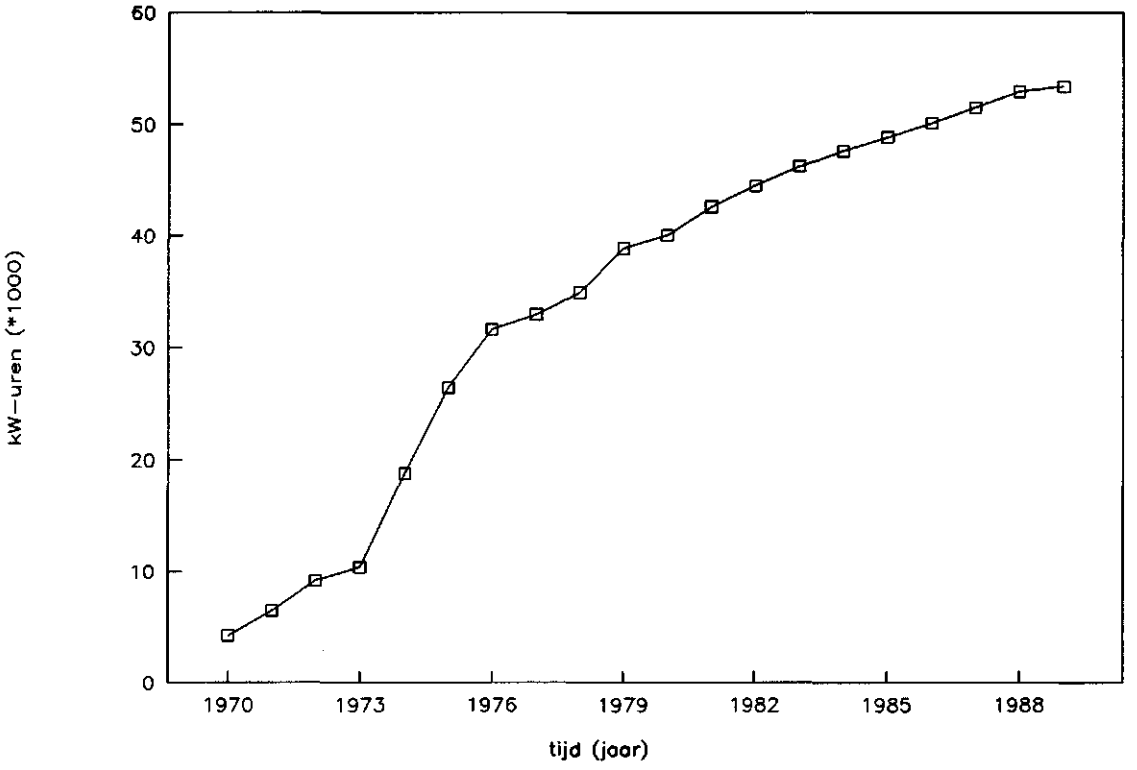
Beide gemalen zijn verder niet geanalyseerd op een eventuele trend in de tijd, omdat de reeks te kort werd.
De resultaten van de statistische technieken zijn voor de andere gemalen, genoemd in tabel 2, vergelijkbaar. Het ene gemaal kan duidelijker dan het andere zijn, maar de uitkomsten wijzen allen in de richting van een positieve trend voor wat betreft het verbruik van kW-uren door de gemalen.
Ook de neerslag is geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat er in de neerslag sprake is van een positieve trend. Deze positieve trend is al eerder opgemerkt, buiten het beheersgebied van het waterschap, door Warmerdam [103] en DBW-RIZA [35].

9.4 Conclusie

Met behulp van de statistische technieken is bewezen dat er een positieve trend betreffende het verbruik van kW-uren door de gemalen is. Over de periode 1971 t/m 1988 is het verbruik van kW-uren per jaar voor de gemalen uit tabel 2 gemiddeld met meer dan 75% toegenomen.



Figuur 9. Ripple-diagram gemaal De Folgeren.



Figuur 10. Ripple-diagram gemaal Kletstervaart.

De toename in de gemiddelde gebiedsjaarneerslag is over dezelfde periode ongeveer 15%. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat 1971 en 1976 zeer droge jaren waren en 1988 zeer nat, zodat deze getallen met de nodige voorzichtigheid dienen te worden gehanteerd. Nu blijft echter de vraag waardoor een trend veroorzaakt wordt. Trends kunnen veroorzaakt worden door:

1. menselijk handelen;
2. mechanische oorzaken;
3. natuurlijke oorzaken.

Ad. 1. Menselijk handelen:

Hieronder vallen alle activiteiten door mensen uitgevoerd, die van invloed zijn op, en een verandering teweeg brengen in de hydrologische gesteldheid van een gebied, zoals:

- peilverlaging: bij peilverlaging zal de opvoerhoogte toenemen, waardoor het rendement van de pomp afneemt. Met andere woorden de pomp moet nu langer draaien om dezelfde hoeveelheid water te verpompen;
- verandering van landgebruik: dit kan zijn een ander bouwplan of uitbreiding van het verhard oppervlak. Met name de uitbreiding van het verhard oppervlak kan van invloed zijn op de hoeveelheid af te voeren water. Wordt het effluent van een rioolwaterzuivering geloosd op waterschapswateren dan betekent dit dat het aanbod van de te verpompen hoeveelheid water toeneemt en dus het verbruik van kW-uren;
- drainage: indien in het gebied liggende drainage in de loop der tijden minder is gaan functioneren, betekent dit dat de afvoer over een groter tijdsinterval wordt uitgesmeerd (de afvoerkromme vlakt af). Gevolg hiervan is dat dezelfde hoeveelheid water over een groter tijdsinterval wordt afgevoerd.

Ad. 2. Mechanische oorzaken:

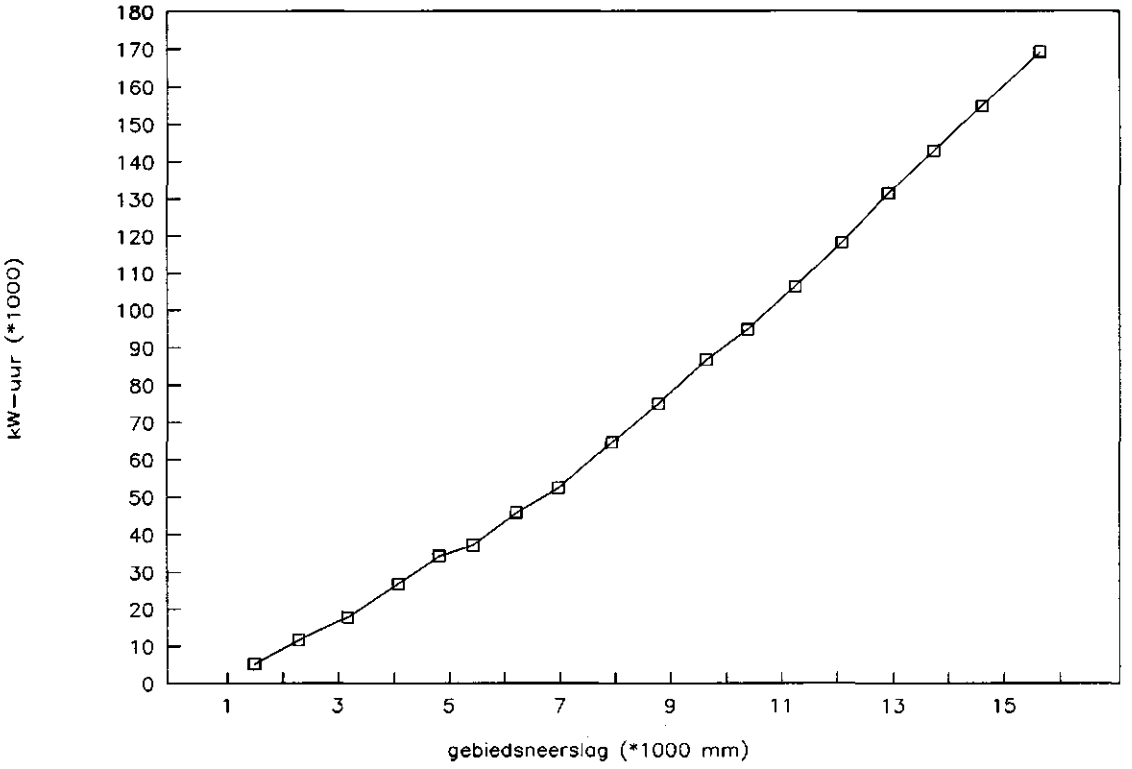
Hieronder vallen alle oorzaken welke van mechanische aard zijn en direct van toepassing zijn op de betreffende pomp, zoals:

- slijtage in het pomphuis: de ruimte tussen schoepen en mantel van het pomphuis wordt groter, waardoor lekkage optreedt;
- afname van het toerental (overige randvoorwaarden ongewijzigd),

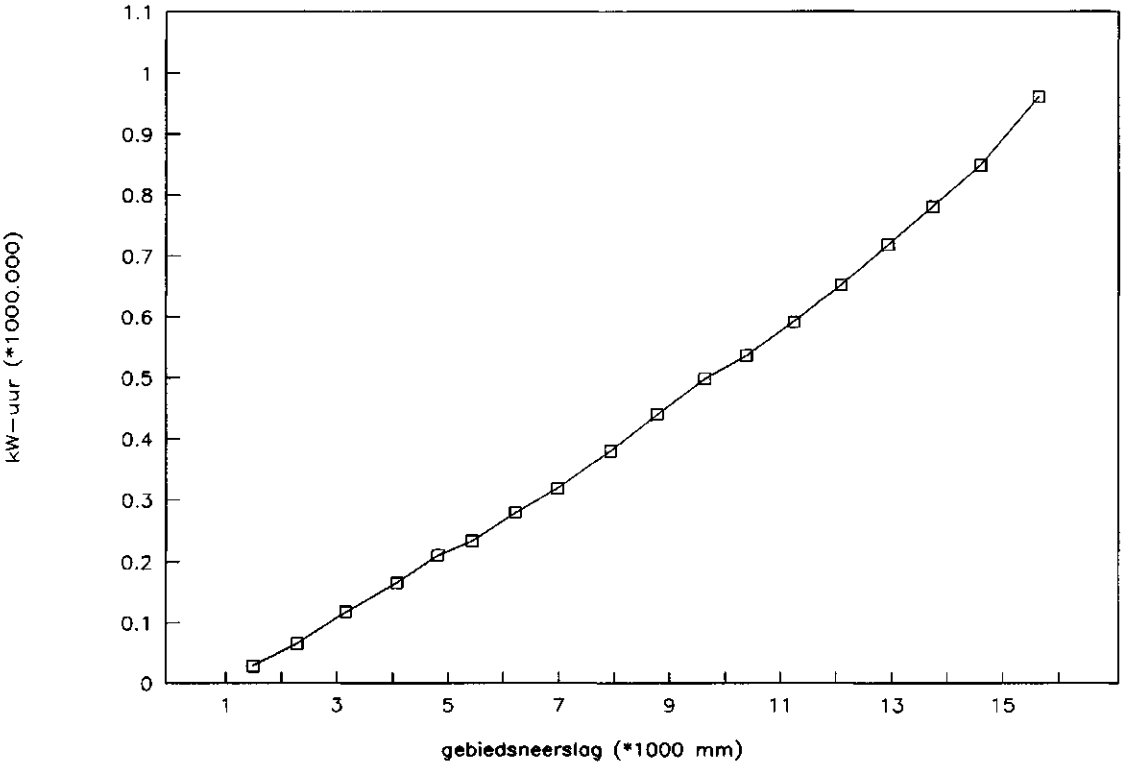
waardoor de capaciteit van de pomp afneemt;
- verzakking van het pomphuis.

Ad. 3. Natuurlijke oorzaken:
Hieronder vallen de oorzaken, welke niet beïnvloedbaar zijn door de mens, zoals:
- toename gemiddelde neerslag;
- afname gemiddelde neerslag.

Uit de double-mass analyse tussen gemaal en neerslag (zie als voorbeeld figuren 11 en 12) blijkt dat er nog sprake is van een tweede trend, die verder niet verklaard wordt, omdat dit buiten het kader van de opdracht valt.
Aan de hand van lineaire regressie en multi-lineaire regressie is geprobeerd te verklaren of de trend in het verbruik van kW-uren door de neerslag, door de tijd of door een combinatie van neerslag en tijd verklaard kan worden. De uitkomsten van de analyse wijzen in de richting van een positieve trend, die voor een groot deel verklaard wordt door de neerslag en voor een kleiner deel door de tijd. Van de neerslag kan met zekerheid gezegd worden dat deze een positieve invloed heeft op het verbruik van het aantal kW-uren, omdat in de neerslag ook een positieve trend aanwezig is. De factor tijd is moeilijker te kwantificeren. Er zou sprake kunnen zijn van slijtage. Dit is echter een vermoeden en zal aan de hand van nieuwe ijkingen van gemalen getoetst moeten worden. Er zijn echter meer mogelijkheden, die onder de factor tijd vallen, zoals verzakking en toename van effluent-lozingen op waterschapswateren. Alvorens tot ijking over te gaan, zullen factoren, die door de tijd beïnvloedbaar zijn, nader onderzocht moeten worden.



Figuur 11. Double-mass, gebiedsneerslag en kW-uren gemaal Oude Vaart



Figuur 12. Double-mass, gebiedsneerslag en kW-uren gemaal IJzermieden

10 HET HUIDIGE MEETNET

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het huidige meetnet geïnventariseerd. Aan de orde komen debietmeetstations, peilmeetstations, neerslagmeetstations en grondwaterstandsmeetpunten. De inventarisatie zal gebeuren aan de hand van de volgende vragen:

- welke parameters worden gemeten;
- waar wordt gemeten;
- hoe wordt gemeten;
- met welke frequentie wordt gemeten;
- hoe lang zijn de meetreeksen;
- waar en hoe worden de gegevens verwerkt.

Aan het eind van dit hoofdstuk wordt een waardering van het huidige meetnet gegeven.

10.2 Debietmeetstations

Een debietmeetstation is een meetinrichting waar via een Q-h-relatie debieten bepaald kunnen worden. Afhankelijk van het meetpunt moet het volgende gemeten worden:

- bovenstroomse waterstand;
- benedenstroomse waterstand;
- klep- of stuwstand;
- looptijd van de pomp.

Op basis van het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat er bij het waterschap geen debietmeetstations in beheer zijn. Ook de provincie heeft geen debietmeetstations in beheer.
De locaties Rottevalle en Roodeschuur kunnen na enkele aanpassingen als meetoverlaat worden ingericht.

10.3 Peilmeetstations

Een peilmeetstation is een meetinrichting, waar waterstanden al dan niet automatisch geregistreerd worden. In het beheersgebied staat bij alle gemalen een peilschaal in de aanvoerwatergang en één in de

afvoerwatergang. Deze peilschalen worden in de meeste gevallen één maal per week afgelezen. De aflezing gebeurt in meters plus of min N.A.P.
De provincie meet waterstanden via peilschalen en telefonische melders op de Friese boezem.
Voor het primaire meetnet zijn de peilschalen van belang (voor zover ze daartoe behoren), tot ze vervangen worden door continu registrerende apparatuur. Indien automatische apparatuur is geïnstalleerd, blijft de peilschaal als referentiepunt dienst doen voor de nieuwe apparatuur.

10.4 Neerslagmeetstations

Informatie over neerslag is voor het beheer van primair belang.
Het waterschap heeft zelf geen pluviometers in het beheersgebied opgesteld. Ook de provincie heeft geen pluviometers in beheer. In het beheersgebied staan twee KNMI-pluviometers, één in Kollum en één in Drachten.

10.5 Grondwaterstandsmeetpunten

Waarnemingen van grondwaterstanden, voor zover deze deel uitmaken van het provinciaal meetnet, worden in het beheersgebied voornamelijk door de Provincie Friesland uitgevoerd. Het bestandsbeheer van de verzamelde gegevens berust bij de Dienst Grondwaterverkenning (DGV-TNO). Momenteel is de dienst bezig het freatisch grondwatermeetnet in Nederland te optimaliseren.
Het waterschap heeft geen grondwaterstandsbuizen in beheer.

10.6 Beoordeling van het huidige meetnet

In de vorige paragrafen is geïnventariseerd wat en door wie gemeten wordt in het beheersgebied. Het geheel vormt geen meetnet. Wel zal een aantal locaties deel uit kunnen maken van een meetnet in wording. In hoofdstuk 12 wordt aangegeven hoe onderlinge afstemming van het meetnet wordt verkregen.

Tabel 3. Meetpunten in beheer bij diverse instanties in het beheersgebied

	Waterschap	Provincie	KNMI
Debietmeetstations	0	0	
Peilmeetstations	0	6	
Grondwaterstandsbuizen	0	51 [1]	
Regenmeters	0	0	2

[1] Het betreft hier alleen de landbouwbuizen klasse 1 en 2 (zie ook paragraaf 12.2.5, pag. 75). Daarnaast is de Provincie bezig een provinciaal grondwatermeetnet voor het diepere grondwater in te richten, dat elf locaties omvat, gedeeltelijk bestaand, gedeeltelijk nieuw in te richten.

11. EISEN, TE STELLEN AAN HET HYDROLOGISCH MEETNET

11.1 Inleiding

Een meetnet wordt gedefinieerd als een stelsel van samenhangende meetstations, gericht op de inwinning van hydrologische gegevens. De hydrologische gegevens verschaffen de beheerder informatie en middelen:

- ten behoeve van dagelijks operationeel beheer;
- ter voldoening aan wettelijke verplichtingen;
- als basis voor hydrologisch onderzoek.

Bij het primaire meetnet (bestaande uit permanente meetstations) gaat het om het gedrag van de hoofdsystemen. Hieronder wordt verstaan:

- het verloop van de waterstanden;
- hoeveelheid water die vanuit de boezem het beheersgebied is ingelaten;
- hoeveelheid water die uit het beheersgebied is uitgeslagen op de boezem;
- hoeveelheid neerslag die is gevallen;
- hoeveelheid water die via grensoverschrijdingen het gebied in- of uitstroomt.

Genoemde parameters zullen over een nader te bepalen tijdvak moeten worden beschouwd.

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe een primair meetnet voor het Waterschap 'Lits en Lauwers' er uit kan zien.

11.2 Elementen van het informatiesysteem en de daaraan te stellen eisen

Bij het opzetten van een meetnet worden eisen gesteld aan de verschillende elementen van het meetplan. Deze eisen worden in belangrijke mate bepaald door de doelstellingen van het meten: beheer, wettelijk kader of hydrologisch onderzoek (par. 1.2).

De belangrijkste elementen worden hierna besproken.

Inwinning van gegevens (het opnemen of meten van parameters)

Dagelijks beheer omvat de volgende acties:
- controle op ingelaten, onttrokken en geloosde hoeveelheden;
- verantwoording van gevoerd beleid;

De grootheden, die noodzakelijk zijn voor het dagelijks beheer, zijn:
- waterstanden (peilen);
- debieten;
- neerslag.

Voor het inwinnen van deze gegevens bestaan verschillende meetmethodes. De nauwkeurigheid waarmee grootheden moeten worden gemeten volgt uit de doelstelling en het gebruik van de gegevens. Zo zullen aan het meten van waterstanden, voor debietberekeningen, hogere eisen worden gesteld dan aan het meten van waterstanden bestemd voor peilregeling. Elke grootheid kan volgens diverse meetprincipes worden gemeten. Een juiste keuze van het meetprincipe hangt o.a. af van de gewenste nauwkeurigheid, de wenselijkheid om de sensor te kunnen calibreren (ijken), van de gewenste betrouwbaarheid van de methode ook op langere termijn, de wijze van verwerken en de kosten. Het meetprincipe is niet alleen van belang, elk meetinstrument verlangt een juiste meetomgeving. Aan de wijze van opstellen moeten eisen worden gesteld, zoals:
- fundering;
- fixatie van het nulpunt;
- vandalisme;
- klimatologische omstandigheden (temperatuur en vocht).

Registratie van gegevens

Met registratie wordt bedoeld de eerste vastlegging van ingewonnen gegevens op een informatiedrager.
Wat betreft informatiedragers kan onderscheid worden gemaakt tussen:
- niet machinaal uitleesbare informatiedragers;
- machinaal uitleesbare informatiedragers met incidentele toegankelijkheid;
- direct toegankelijke informatiedragers.

Elke informatiedrager moet voldoen aan de volgende basisvoorwaarden:
- de informatie moet eenduidig kunnen worden vastgelegd in reproduceerbare waarden;
- de informatiedrager moet de informatie gedurende langere tijd kunnen vasthouden, zonder dat er kwaliteitsverlies optreedt;
- de informatie moet kunnen worden gereproduceerd zonder hierdoor te worden verminkt.

De keuze van een toe te passen informatiedrager hangt af van:
- het gewicht dat wordt toegekend aan de basisvoorwaarden;
- reproduceerbaarheid van de gemeten waarden (b.v. op elk willekeurig tijdstip);
- het aantal te registreren parameters per meetlokatie;
- de flexibiliteit om de frequentie van meten aan te passen aan nieuwe doelstellingen.

Informatie

Bij het inrichten van het primaire meetnet zal allereerst worden gevraagd welke informatie nodig is voor het uitvoeren van het dagelijks waterbeheer. In veel gevallen is het dan van belang dat meetgegevens direct beschikbaar zijn. Momentane (actuele) waarden moeten dus kunnen worden opgevraagd:
- ter plaatse;
- op een willekeurige locatie met behulp van bijv. een semafoon;
- op een vaste locatie met behulp van een beeldscherm.

Signalering

Overschrijdingen van grenswaarden moeten direct aan de beheerder worden gemeld. De overschrijdingen moeten direct geverifieerd kunnen worden door ze op te vragen, zoals genoemd onder "informatie".

Regeling

Op een aantal locaties kan er behoefte zijn om waterstanden dan wel debieten te regelen. Er moet worden vastgesteld, waar en waarvoor er geregeld moet worden en of de sturing al dan niet vanuit kantoor moet plaatsvinden.

Bewerking van gegevens

Hydrologische meetgevens zijn in het algemeen niet zonder meer bruikbaar voor alle doeleinden. Fouten moeten worden opgespoord en gecorrigeerd. Debieten moeten worden berekend uit draaiuren, waterstanden en klep- of schuifstanden. Deze handelingen worden aangeduid met "bewerking" en "verwerking" van gegevens. Onder bewerking wordt verstaan de behandeling van de gegevens gericht op het opbouwen van een bruikbaar bestand. De oorspronkelijke gegevens blijven hierbij in stand. Het verder hanteren van de gegevens ten behoeve van de diverse gebruiksdoeleinden wordt aangeduid met verwerking. De definitieve gegevens moeten aan de volgende eisen voldoen:

- met de gegevens moet het werkelijke verloop van het proces kunnen worden gereconstrueerd;
- het aantal gegevens moet tot een minimum worden beperkt;
- gegevens voor het dagelijks beheer zijn direct opvraagbaar;
- de wijze van opslag moet zo zijn dat de verwerking en de uitwisseling van gegevens vlot gebeurt.

Opslag van gegevens

Opslag van gegevens betreft het plaatsen van de gegevens in een tijdelijk of definitief (computer)bestand ten behoeve van verwerking. In principe is het voldoende, wanneer alleen de bewerkte basisgegevens worden opgeslagen en bewaard. Met deze gegevens kunnen namelijk de volledige meetreeksen worden gereconstrueerd. Het is belangrijk de meetgegevens blijvend te bewaren, want hoe langer de meetreeksen des te waardevoller ze zijn. Opslaan van verwerkte gegevens in bijv. hangmappen is nuttig, met name wanneer het gaat om gegevens die regelmatig worden gebruikt voor het dagelijks beheer.

Verwerking en presentatie van gegevens

Met verwerking van gegevens wordt bedoeld: uitvoeren van berekeningen op bewerkte gegevens.
Wanneer de resultaten van de berekeningen worden geïnterpreteerd door medewerkers ontstaat informatie. De informatie kan voor diverse doeleinden worden gebruikt zoals:

- dagelijks beheer;
- verantwoording operationeel beheer;
- onderbouwen operationeel beheer;
- hydrologisch onderzoek.

Bij automatische meetsystemen wordt de bewerking van gegevens opgesplitst in een eerste en een tweede bewerking. De eerste bewerking wordt uitgevoerd door de computer, bijv. het berekenen van debieten aan de hand van peilen of draaiuren. Deze gegevens kunnen voor direct dagelijks waterbeheer worden gebruikt.
De tweede bewerking wordt door een medewerker uitgevoerd, waarbij de computer een belangrijk hulpmiddel is. Tijdens deze bewerking zal worden gelet op metingen die vreemd zijn of lijken voor het betreffende meetpunt, ook wel validatie van gegevens genoemd. De tweede bewerking kan als laatste controle worden gezien voordat de gegevens definitief worden opgeslagen.
Met verwerking van gegevens wordt bedoeld het uitvoeren van berekeningen met bewerkte gegevens. De gegevens worden daarbij omgezet in concrete informatie. Door verwerking kan informatie worden verkregen over wateraanvoer, waterafvoer, waterbehoefte, waterbezwaar enz.

11.3 Gewenste lokaties voor meetpunten

Het primaire meetplan is gericht op de hoofdmeetpunten in het beheersgebied. Tot de hoofdmeetpunten worden gerekend:

- debietmeetpunten: locaties in waterlopen waar de waterafvoer wordt gemeten;
- waterstandsmeetpunten: locaties in waterlopen waar de waterstand wordt gemeten;
- neerslagmeetpunten: locaties in een beheersgebied waar de neerslag wordt gemeten;

- grondwaterstandsmeetpunten: locaties in een beheersgebied waar de grondwaterstand wordt opgenomen.

Voor alle meetpunten - debieten, waterstanden, neerslag en grondwaterstanden - geldt dat ze zullen worden gedifferentiëerd naar grootte en naar mate van betekenis voor het waterbeheer. Een criterium om een meetpunt al of niet op te nemen in het primaire meetnet is ook de kosten-batenverhouding. Aangezien het niet eenvoudig is om de baten van een meetpunt te schatten, speelt ervaring een belangrijke rol. (Met baten van een meetpunt wordt de bijdrage van het meetpunt aan een goed waterbeheer verstaan).
De frequentie van het meten van debieten, waterstanden en neerslag hangt in belangrijke mate af van de reactiesnelheid van het deelgebied en van het doel, waarvoor de gegevens nodig zijn (dagelijks beheer, onderzoek).

Debietmeetpunten

Voor het meten van debieten in open waterlopen kan gebruik worden gemaakt van één van de volgende vier gangbare methodes:

1. de open-profielmeting. Op een met zorg gekozen locatie wordt de relatie tussen de waterdiepte en het debiet vastgesteld voor een zo groot mogelijke range van debieten. Hiervoor moet gedurende een aantal jaren de afvoer worden gemeten met bijv. een stroomsnelheidsmeter en de daarbij behorende waterstand worden bepaald. Dit is het ijken van het meetstation.
   Aan de locatie moeten de volgende eisen worden gesteld:
   - gesitueerd in een recht traject van de waterloop;
   - de waterloop dient een regelmatig dwarsprofiel te hebben over een bepaalde lengte;
   - geen beinvloeding bovenstrooms door bijv. kunstwerken;
   - geen beinvloeding benedenstrooms door bijv. opstuwing (regelbare kunstwerken of samenvloeiing met andere waterloop met ander afvoerregime);
   - geen sedimentatie of erosie (dus stabiele bodemligging);
   - geen grote verschillen in plantengroei in de waterloop gedurende het jaar (dus constante ruwheidsfactor).

2. met behulp van (meet)stuwen en schuiven. Bij vaste kunstwerken wordt de overstorthoogte h_1 bovenstrooms van het kunstwerk en indien nodig de benedenstroomse hoogte h_2 gemeten. Bij regelbare kunstwerken moet bovendien een klep- of schuifstand kunnen worden vastgelegd. Het debiet kan worden berekend met behulp van de Q-h relatie, die is gebaseerd op gegevens uit de literatuur of is bepaald aan de hand van een ijking;
3. met behulp van gemalen. Het debiet wordt bepaald aan de hand van draaiuren van één of meerdere pompen of vijzels, de opvoerhoogte en de afvoer-opvoerhoogte relatie (Q-h relatie) van het gemaal. Indien de waterstand voor en achter het gemaal wordt gemeten, zullen zich tussen de meetpunten en de pomp in de meeste gevallen obstakels (zoals krooshekken en terugslagkleppen) bevinden, die een zekere weerstand hebben. De Q-h relatie van de pomp is dan niet gelijk aan de Q-h relatie van het gemaal. In de meeste gevallen zal ijking noodzakelijk zijn.
4. de akoestische debietmeting. Deze moderne methode wordt met name toegepast op plaatsen waar één van de voorgaande methoden niet in aanmerking komt, bijv. wanneer het niet mogelijk is een kunstwerk te bouwen en beïnvloeding van de waterstand plaatsvindt door de situatie benedenstrooms, en op locaties waar het water nu eens in de ene, dan weer in de andere richting stroomt.

Informatie over waterbeweging door watergangen kan om de volgende motieven gewenst zijn:

- dagelijks operationeel beheer met betrekking tot waterstand en afvoer;
- de lozing van water op de boezem;
- de inlaat van water uit de boezem;
- eventuele specifieke en nog niet genoemde redenen.

Voor de gemalen ligt de nadruk op het meten van de hoeveelheden geloosd water op de boezem, terwijl voor de opmalingen de nadruk ligt op het meten van de hoeveelheden opgepompt water vanuit de boezem. Buiten het groeiseizoen ligt, ook bij de opmalingen, de nadruk op de hoeveelheden geloosd water op de boezem via een verstelbare stuw.

Ter plaatse van de debietmeetpunten wordt de waterstand continu

geregistreerd, waarbij de meetfrequentie kan variëren, afhankelijk van de te verwachten fluctuaties in het debiet. Bij gemalen zullen twee waterstanden continu worden geregistreerd, namelijk de waterstand in de aan- of afvoerwatergang en de waterstand op de boezem. Bovendien zullen de tijdstippen van inkomen en afslaan van het gemaal moeten worden geregistreerd. Met behulp van de Q-h relatie van het gemaal is het nu mogelijk de hoeveelheid uitgeslagen of opgepompt water te berekenen, mits deze relatie met voldoende betrouwbaarheid bekend is.
Wordt het water geloosd via een verstelbare stuw, dan zal de waterstand in de aanvoerwatergang moeten worden gemeten. Indien de verstelbare stuw kan verdrinken, moet ook de waterstand in de afvoerwatergang worden gemeten. Via de Q-h relatie, de waterstand(en) en de stuwstand kan de hoeveelheid geloosd water op de boezem worden berekend. Een verstelbare stuw is verdronken, indien de waterstand in de afvoerwatergang de waterstand in de aanvoerwatergang beïnvloedt.

Waterstandsmeetpunten

Informatie over het verloop van de waterstand in een watergang kan op de volgende locaties gewenst zijn:
- alle plaatsen waar debieten worden gemeten, bij gemalen zowel beneden- als bovenstroomse waterstanden;
- plaatsen in landbouwgebieden waar landbouwers en/of veehouders met enige regelmaat klachten uiten over te hoge of te lage (grond)waterstanden. Deze gegevens kunnen ook dienen als bewijs achteraf;
- plaatsen waar uiteenlopende belangen een rol spelen;
- voor eventuele specifieke en nog niet genoemde redenen.

Neerslagmeetpunten

Informatie over neerslag kan gewenst zijn:
- voor het dagelijks beheer; met behulp van een pluviograaf (continue registratie) kan op elk willekeurig moment de neerslag worden afgelezen;

- om eventuele specifieke en nog niet genoemde redenen.

Veel aandacht dient te worden geschonken aan de opstellingseisen van neerslagmeters, zoals aangegeven in de "WMO guide to hydrometeorological practices" [113].

Tenslotte dient te worden opgemerkt dat de dichtheid van een neerslagmeetnet nooit optimaal is. Een neerslagmeting is een puntmeting, terwijl het neerslagproces een ruimtelijk proces is. Met behulp van (ruimtelijke) interpolatietechnieken, kan de neerslag tussen neerslagmeetpunten worden geschat. In de toekomst kan met behulp van een neerslagradar informatie worden verkregen omtrent de omvang, de neerslagintensiteit en de duur van de bui.

Grondwaterstandsmeetpunten

Hoewel er reeds een relatief dicht meetnet van buizen in het gebied aanwezig is, kan er behoefte zijn om nieuw te plaatsen buizen te gebruiken voor het primaire meetnet van het waterschap om:

- het grondwaterstandsverloop in droogtegevoelige gebieden bij te houden;
- de hoeveelheid kwel in een gebied af te schatten;
- eventuele specifieke en niet genoemde redenen.

Grondwaterstandsbuizen kunnen ook in een secundair meetnet worden geplaatst. Een secundair meetnet is een tijdelijk meetnet ten behoeve van onderzoek.

In het beheersgebied komt op een aantal plaatsen kwel voor. Hoe groot de kwelstroom is en tot waar de kwel reikt, is niet precies bekend. Een eenvoudige manier om te bepalen tot waar de kwel reikt, is het plaatsen van een aantal grondwaterstandsbuizen in het verlengde van de kwelstroom. Aan de hand van gemeten stijghoogten kan worden bepaald tot waar de kwel reikt. Er is geen sprake meer van een kwelstroom indien het verschil in stijghoogte tussen twee buizen gelijk is aan nul. Om een goed beeld van het verloop van stijghoogtes te krijgen, zullen de grondwaterstandsbuizen op verschillende afstanden van elkaar moeten worden geplaatst, b.v. op 1m, 2m, 5m, 10m, 20m, 50m, 100m, 200m en 500m vanaf de plaats waar het kwelwater het deelgebied binnenstroomt.

Indien de behoefte bestaat de kwelstroom te kwantificeren, zullen aanvullende gegevens nodig zijn over:

- de doorlatendheid van de bodem;
- de dikte van de laag waarin kwel voorkomt;
- de weerstand van de onderliggende half-doorlatende laag.

Aan de hand van het verschil in stijghoogte en de bovengenoemde gegevens kan een schatting van de kwel worden gemaakt [6].

Naast kwel komt er ook wegzijging op enkele plaatsen in het beheersgebied voor. Om de richting van de wegzijging te bepalen, kan dezelfde methode worden gebruikt als omschreven bij kwel. Kwantificering van wegzijging is minder eenvoudig dan voor kwel. Een mogelijkheid is om de gebruikte formule bij de kwantificering van de kwel te spiegelen. Dit houdt in dat de kwel negatief wordt geïnterpreteerd. Negatieve kwel is gelijk aan wegzijging. Het gaat voor dit rapport te ver om uitgebreid in te gaan op de schatting van wegzijging.

12. VOORSTEL TOT OPZET VAN HET PRIMAIRE MEETNET

12.1 Inleiding

Zoals in de brief van 7 februari 1990 -kenmerk 92/74 WB/aa- reeds is vermeld, zal een opzet voor een eenvoudig primair meetnet worden gemaakt.
Gezien het feit dat het hier een eenvoudig meetnet betreft, dat er zich een aanzienlijk aantal gemalen regelmatig verspreid langs de boezem bevindt, en dat het niet in de bedoeling ligt om zeer kostbare en ingrijpende werken uit te voeren ten behoeve van het meetnet, wordt in dit hoofdstuk bij de keuze van de locaties direct rekening gehouden met de bestaande situatie. Deze methode doet evenwel geen enkele afbreuk aan het uiteindelijke resultaat.
De volgende criteria zijn gehanteerd bij de keuze van de in het primaire meetnet opgenomen locaties:

- ***debietmeetpunten***:
  - de grootte van het deelgebied;
  - is het deelgebied representatief voor andere delen in het beheersgebied;
  - zijn de meeste bodemtypes vertegenwoordigd;
  - zijn, waar het gemalen betreft, zowel bemalingen als opmalingen vertegenwoordigd.

- ***waterstandsmeetpunten***:
  - welke locaties moeten worden opgenomen om een goed beeld van de waterstand op de boezem te verkrijgen.

- ***neerslagmeetpunten***:
  - is het bestaande KNMI-meetnet voldoende dicht;
  - zijn neerslaggegevens dagelijks of per nader te bepalen tijdseenheid ter beschikking van het waterschap.

- *grondwaterstandsmeetpunten*:
  - welke locaties moeten worden gekozen om een beeld te krijgen van de relatie tussen neerslag, be- of opmaling en grondwaterstand;
  - is er sprake van kwel of wegzijging.

In het voorstel voor het primaire meetnet zijn acht debietmeetstations, drie waterstandsmeetpunten en drie neerslagmeetpunten opgenomen, welke hierna nader zullen worden besproken.
Er dient te worden opgemerkt, dat geen debietmeetpunten worden voorgesteld in de vrije-afstromingsgebieden in het noordelijke gedeelte van het beheersgebied. De reden hiervoor is, dat gezien het zeer kleine verhang in de waterlopen in combinatie met in de meeste gevallen lage stroomsnelheden, geen methodes beschikbaar zijn om redelijk nauwkeurige afvoermetingen te verrichten.

12.2 Voorgestelde locaties in het primaire meetnet

12.2.1 Debietmeetpunten (bemalingen)

In het primaire meetnet worden vijf bemalingen voorgesteld als debietmeetpunt (figuur 13). De Q-h relaties van deze gemalen ontbreken ten dele of zijn onbetrouwbaar. Ze moeten dus in een aantal gevallen alsnog worden vastgesteld door ijking ter plaatse.

De Lits (open schroefpomp)

Het gebied dat door het gemaal De Lits wordt bemalen is 605 ha. groot. Het water wordt uitgeslagen op de Lits, een onderdeel van de Friese boezem. Het betreft hier het enige bemalingsgebied van redelijke omvang in het zuidelijke gedeelte van het beheersgebied.
Voor het gemaal De Lits is het van belang, dat die parameters worden gemeten en geregistreerd waarmee het volume uitgeslagen water kan worden berekend. De volgende parameters zullen derhalve moeten worden gemeten:
- de waterstand in de aanvoerwatergang;
- de waterstand in de afvoerwatergang;

- het tijdstip van inkomen van de pomp;
- het tijdstip van afslaan van de pomp.

Aan de hand van de opvoerhoogte, de looptijd en de Q-h relatie van het gemaal kan het volume uitgeslagen water worden berekend.

Oude Vaart (open schroefpomp)

Het gebied dat door het gemaal Oude Vaart (Ald Feart) wordt bemalen is 1665 ha. groot. Het water wordt uitgeslagen op het Prinses Margrietkanaal, een onderdeel van de Friese boezem. Het is het grootste bemalingsgebied binnen het waterschap.

Voor het gemaal Oude Vaart is het van belang dat die parameters worden gemeten en geregistreerd waarmee de hoeveelheid uitgeslagen water kan worden berekend. De volgende parameters dienen derhalve te worden gemeten:

- waterstand in de aanvoerwatergang;
- waterstand in de afvoerwatergang;
- tijdstip van inkomen van de pomp(en);
- tijdstip van afslaan van de pomp(en);
- welke pomp(en) is (zijn) in bedrijf.

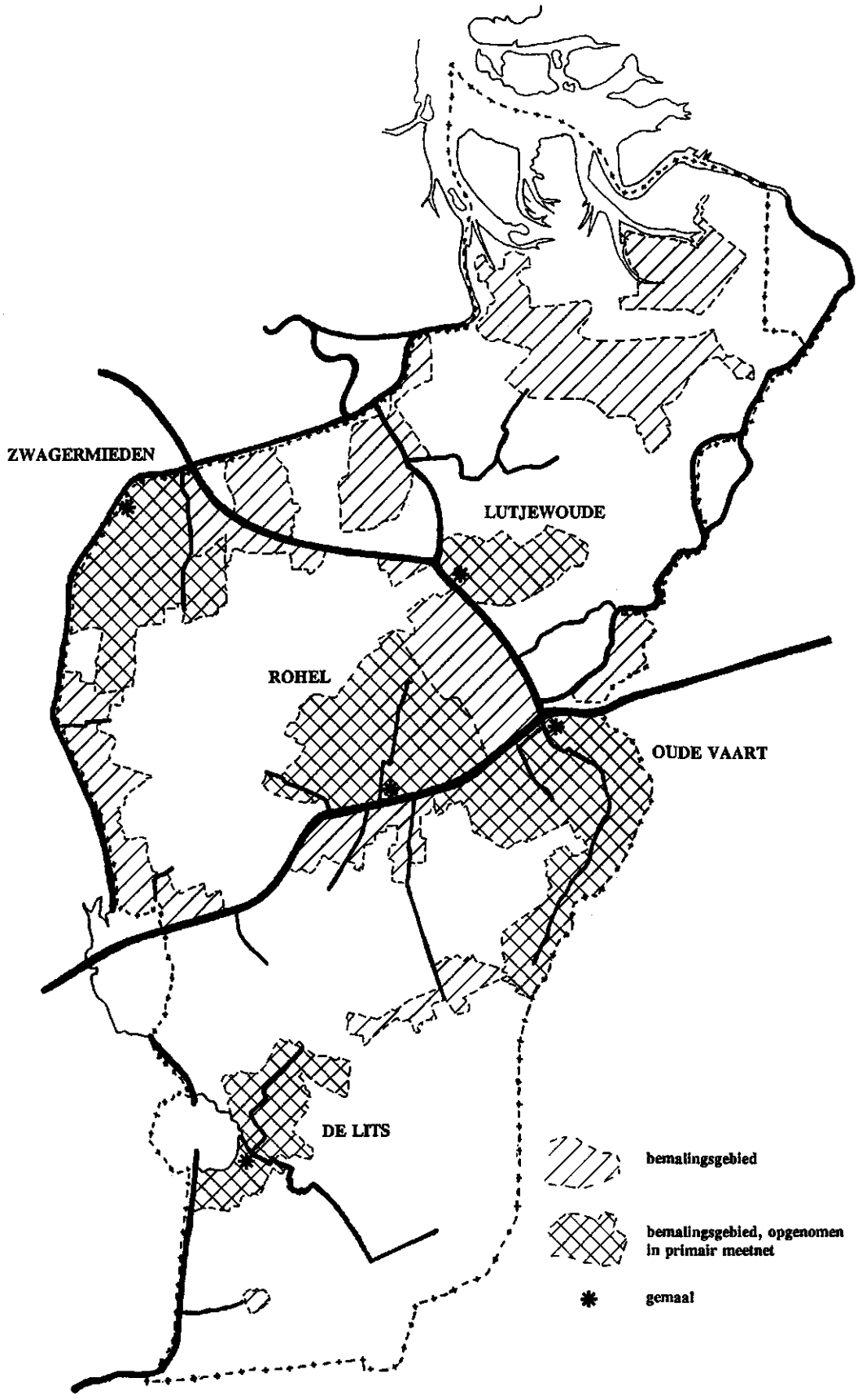
Aan de hand van de opvoerhoogte, de looptijd en de juiste Q-h relatie van het gemaal kan de hoeveelheid uitgeslagen water worden berekend.

Rohel (vijzelpomp)

Het gebied, dat door het gemaal Rohel (Reahel) wordt bemalen, is 1100 ha. groot. Het water wordt uitgeslagen op het Prinses Margrietkanaal, een onderdeel van de Friese boezem. Het is één van de grotere bemalingsgebieden in het centrum van het waterschap met de grootste vijzelcapaciteit.

Het voordeel van een vijzelpomp is dat deze een vaste capaciteit heeft, mits het vulpunt beneden de waterspiegel ligt en de waterstand in de afvoerwatergang niet te hoog is [65]. Derhalve zullen om de hoeveelheid uitgeslagen water op de boezem te bepalen de volgende parameters moeten worden gemeten:

- de waterstand in de aanvoerwatergang;



Figuur 13. Overzicht bemalingsgebieden opgenomen in het primaire meetnet.

- de waterstand in de afvoerwatergang (door interpolatie te bepalen uit de gemeten waterstanden bij gemaal Oude Vaart en bij het Bergumermeer);
- tijdstip van inkomen van de vijzel;
- tijdstip van afslaan van de vijzel.

Aan de hand van de waterstanden, de looptijd en de Q-h relatie van het gemaal kan de hoeveelheid uitgeslagen water worden berekend.

Lutjewoude (vijzelpomp)

Het gebied, dat door het gemaal Lutjewoude (Lytsewald) wordt bemalen, is 410 ha. groot. Het water wordt uitgeslagen op de Stroobosser Trekvaart, een onderdeel van de Friese boezem. Het bemalingsgebied kan als representatief worden beschouwd voor het noord-oostelijke deel van het beheersgebied.
Het bemalingsgebied tussen Kollumerpomp en Munnekezijl is minder geschikt, omdat dat gebied door twee gemalen wordt bemalen.
Aantrekkelijk is ook dat zich in het bemalingsgebied Lutjewoude geen overstorten bevinden.
Voor het gemaal Lutjewoude is het van belang, dat die parameters worden gemeten en geregistreerd waarmee het volume uitgeslagen water kan worden berekend. De volgende parameters zullen moeten worden gemeten:
- de waterstand in de aanvoerwatergang;
- de waterstand in de afvoerwatergang;
- het tijdstip van inkomen van de pomp;
- het tijdstip van afslaan van de pomp.

Aan de hand van de opvoerhoogte, de looptijd van de pomp en de Q-h relatie van het gemaal kan het volume uitgeslagen water worden berekend.

Zwagermieden (verticale centrifugaalpomp)

Het gebied, dat door het gemaal Zwagermieden (Sweagermieden) wordt bemalen, is 1130 ha. groot. Het overtollige water wordt uitgeslagen op De Zwemmer, een onderdeel van de Friese boezem. Na Oude Vaart is dit het grootste bemalingsgebied binnen het waterschap en represen-

tatief voor het westelijke tot noord-westelijke gedeelte van het beheersgebied.
Voor het gemaal Zwagermieden geldt ook dat het van belang is, dat de hoeveelheden uitgeslagen water op de boezem worden berekend. Hiervoor dienen de volgende parameters te worden gemeten:

- de waterstand in de aanvoerwatergang;
- de waterstand in de afvoerwatergang;
- tijdstip van inkomen van de pomp;
- tijdstip van afslaan van de pomp.

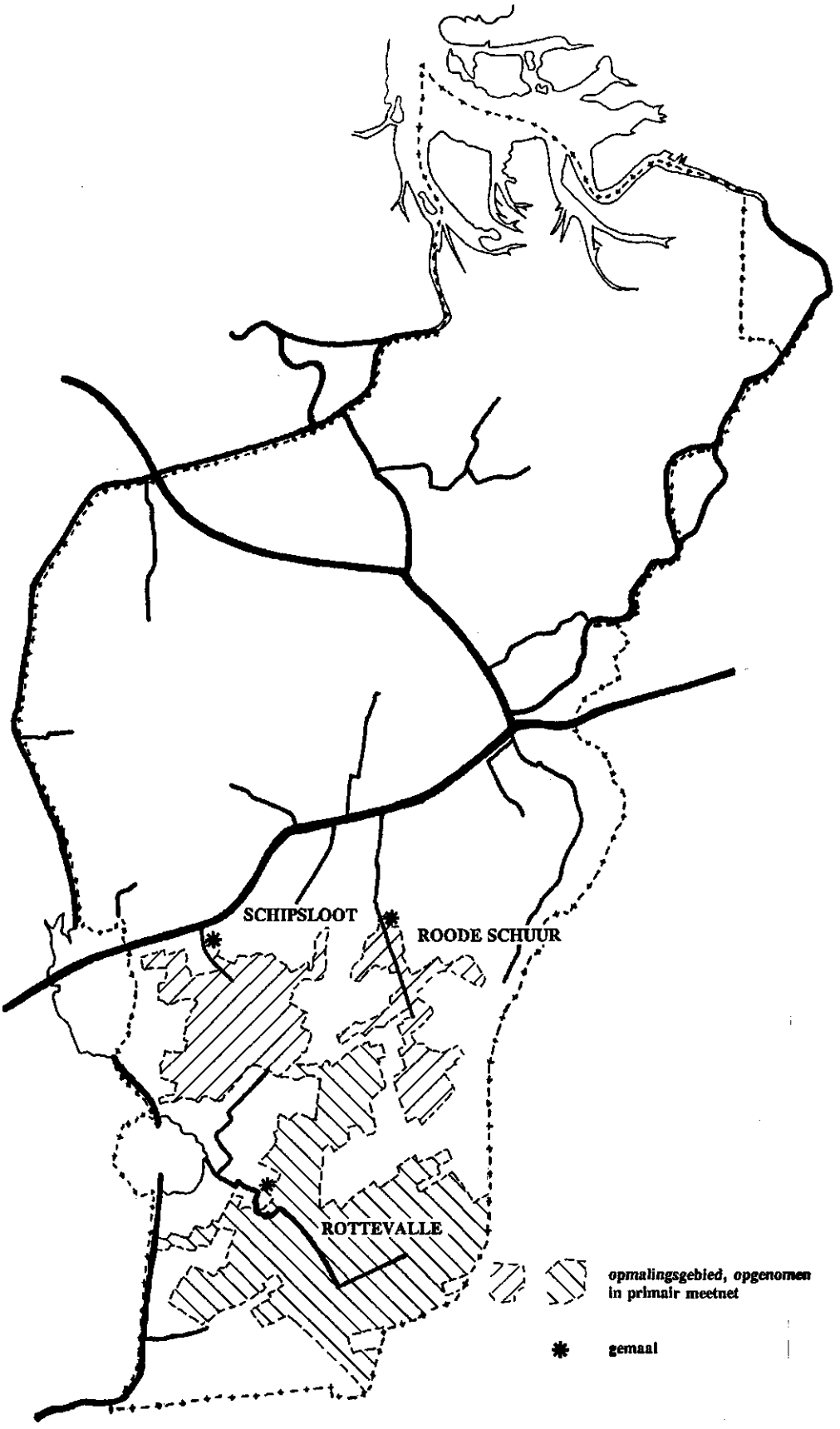
Aan de hand van de opvoerhoogte, de looptijd en de Q-h relatie van het gemaal is het mogelijk de hoeveelheid uitgeslagen water te berekenen.

12.2.2 Debietmeetpunten (opmalingen/vrije afstroming)

De drie opmalingen, die in het primaire meetnet kunnen worden opgenomen (figuur 14), zijn tevens voorzien van een verstelbare stuw. In tijden van een watertekort wordt met behulp van een pomp het water vanuit de Friese boezem opgepompt. Ook van deze gemalen moeten de Q-h relaties nog worden vastgesteld. Gedurende natte perioden en het winterhalfjaar functioneren de opmalingen niet en vindt via de verstelbare stuw vrije afstroming plaats naar de Friese boezem. De Q-h relaties van deze stuwen - waarvan sommige nog een eenvoudige aanpassing behoeven - ontbreken momenteel. Ze kunnen in de meeste gevallen vanuit de literatuur worden opgesteld.
De grootte van de gebieden, waar de opmalingen water voor aanvoeren, zijn bruto oppervlaktes. Dit houdt in dat in de genoemde oppervlaktes wegen, waterlopen en deelgebieden, die niet van extra water worden voorzien, zijn inbegrepen.

Roodeschuur (schroefpomp)

De opmaling Roodeschuur (Reaskuorre) voorziet in geval van een watertekort een gebied ter grootte van 930 ha. van water. Het water wordt via de Surhuisterveensevaart verdeeld over het achterliggende gebied. Om de hoeveelheid opgepompt water uit de boezem te kunnen bepalen moeten de volgende parameters worden gemeten:



Figuur 14. Overzicht opmalingsgebieden opgenomen in het primaire meetnet.

- de waterstand in de aanvoerwatergang;
- de waterstand in de afvoerwatergang;
- tijdstip van inkomen van de pomp
- tijdstip van afslaan van de pomp.

Met behulp van de opvoerhoogte, de looptijd en de Q-h relatie van het gemaal is het mogelijk de hoeveelheid opgepompt water te berekenen.

In natte tijden en in het winterhalfjaar wordt het overtollige water via een verstelbare stuw geloosd op de boezem. Om de afvoer per tijdseenheid te kunnen bepalen, zullen de volgende parameters moeten worden gemeten en geregistreerd:

- waterstand in de aanvoerwatergang;
- de stuwstand;
- bij verdrinking van de stuw ook de waterstand in de afvoerwatergang;

Met behulp van de gemeten waterstand(en) en de Q-h relatie van de verstelbare stuw kan de hoeveelheid op de Friese boezem geloosd water worden berekend.

Rottevalle (gesloten schroefpomp)

De opmaling Rottevalle (Rottefalle) voorziet in geval van een watertekort een gebied ter grootte van 2922 ha. van water. Het water wordt vanuit de De Lits opgepompt en wordt via achterliggende watergangen verdeeld over het gebied.

Om de hoeveelheid opgepompt water uit de boezem te kunnen bepalen, moeten de volgende parameters worden gemeten:

- de waterstand in de aanvoerwatergang;
- de waterstand in de afvoerwatergang;
- tijdstip van inkomen van de pomp(en);
- tijdstip van afslaan van de pomp(en);
- welke pomp(en) is (zijn) in bedrijf.

Met behulp van de opvoerhoogte, de looptijd van de pompen en de Q-h relatie van het gemaal kan de hoeveelheid opgepompt water worden berekend.

In natte tijden en in het winterhalfjaar wordt het overtollige water via een verstelbare stuw geloosd op de boezem. Om de afvoer per

tijdseenheid te kunnen bepalen zullen de volgende parameters moeten worden gemeten en geregistreerd:

- waterstand in de aanvoerwatergang;
- de stuwstand;
- bij verdrinking van de stuw ook de waterstand in de afvoerwatergang (dit kan hier echter uitgesloten worden geacht);

Met behulp van de gemeten waterstand(en) en de Q-h relatie van de verstelbare stuw kan de hoeveelheid op de Friese boezem geloosd water worden berekend.

Schipsloot (gesloten schroefpomp)

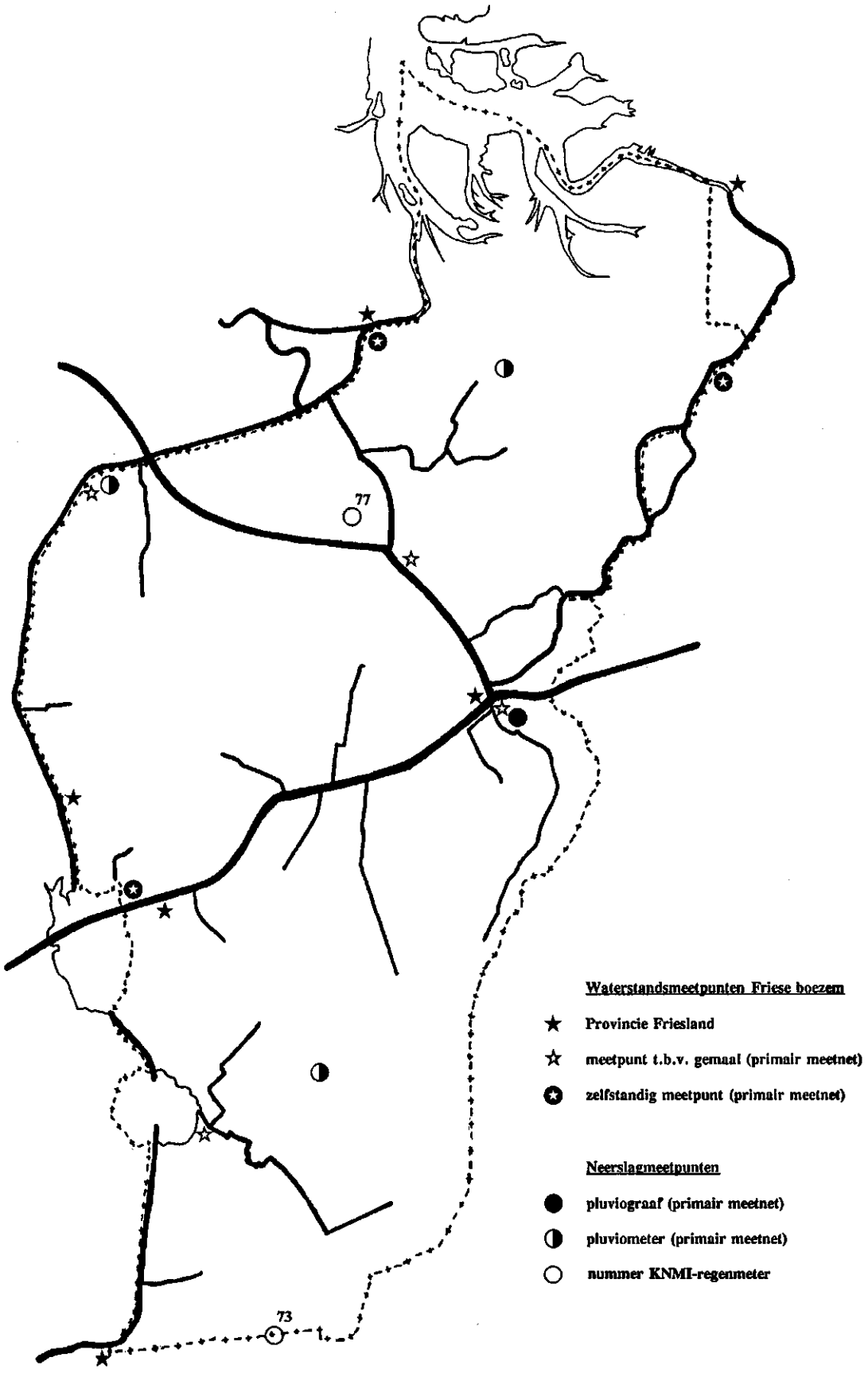
De opmaling Schipsloot (Skipsleat) voorziet in geval van een watertekort een gebied ter grootte van 1196 ha van water. Het water wordt vanuit het Prinses Margrietkanaal opgevoerd en via achterliggende watergangen verdeeld over het gebied.
Om de hoeveelheid opgepompt water uit de boezem te kunnen berekenen, moeten de volgende parameters worden gemeten:

- de waterstand in de aanvoerwatergang;
- de waterstand in de afvoerwatergang;
- tijdstip van inkomen van de pomp;
- tijdstip van afslaan van de pomp.

Met behulp van de opvoerhoogte, de looptijd en de Q-h relatie van het gemaal kan de hoeveelheid opgepompt water worden berekend.
In natte tijden en in het winterhalfjaar wordt het overtollige water via een verstelbare stuw geloosd op de boezem. Om de afvoer per tijdseenheid te kunnen bepalen zullen de volgende parameters moeten worden gemeten en geregistreerd:

- waterstand in de aanvoerwatergang;
- de stuwstand;
- bij verdrinking van de stuw ook de waterstand in de afvoerwatergang (dit kan hier echter uitgesloten worden geacht);

Met behulp van de gemeten waterstand(en) en de Q-h relatie van de verstelbare stuw kan de hoeveelheid op de Friese boezem geloosd water worden berekend.



Figuur 15. Overzicht waterstandsmeetpunten en neerslagmeetpunten opgenomen in het primaire meetnet.

12.2.3 Waterstandsmeetpunten

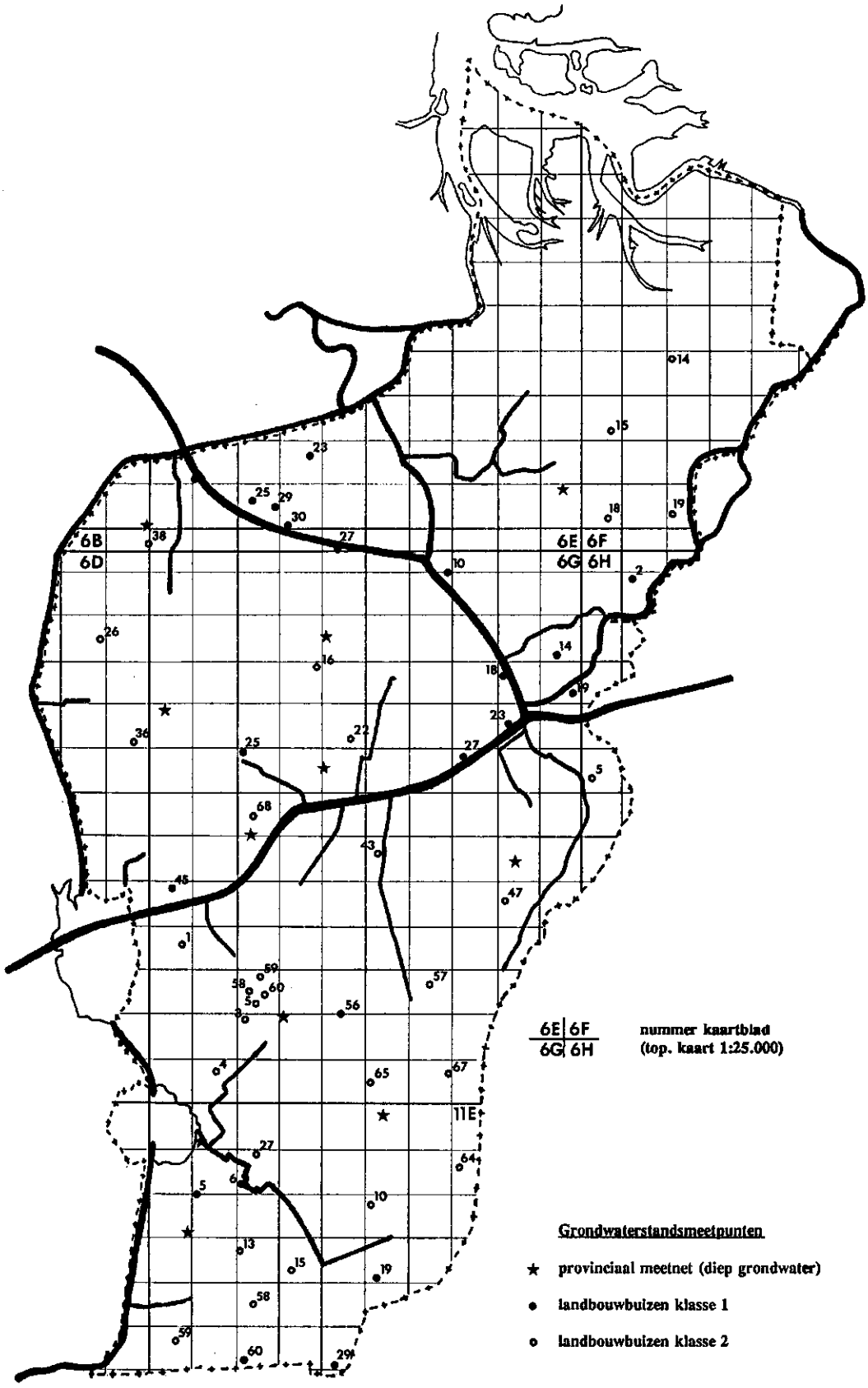
In aanvulling op de peilmeetpunten op de Friese boezem, die reeds bij de gemalen en opmalingen zijn besproken, zullen nog een drietal waterstandsmeetpunten in het primaire meetnet worden opgenomen (figuur 15). Dit om het waterstandsverloop op de boezem nauwkeurig te kunnen volgen. De locaties voor de waterstandsmeetpunten zijn Dokkumer Nieuwe Zijlen, aan de oostkant van het Bergumermeer, daar waar het Bergumermeer overgaat in het Prinses Margrietkanaal, en in de Lauwers.

De provincie beheert een waterstandsmeetpunt (Bergumerdam) aan de westkant van het Bergumermeer. Het genoemde peilmeetstation kan niet in alle situaties als peilmeetstation worden gebruikt, omdat bij een westenwind sprake is van opwaaiing en bij oostenwind sprake is van afwaaiing aan de oostkant van het meer. De op- en afwaaiing neemt toe met de windsnelheid, de lengte van het wateroppervlak in de windrichting (strijklengte) en met afnemende waterdiepte. Dit houdt in dat de waterstand enorm kan fluctueren als gevolg van genoemde factoren. De windsnelheid is de belangrijkste factor. Het peilmeetstation van de Provincie kan derhalve niet door het waterschap gebruikt worden om de waterstand aan de oostkant van het meer te bepalen.

12.2.4 Neerslagmeetpunten

Voor een accuraat dagelijks waterbeheer is het van belang dat informatie over de neerslag direct opvraagbaar is. Gezien de grootte van het beheersgebied is één pluviograaf voldoende. Een pluviograaf levert continu informatie over de neerslag, waarbij het verloop van buien met stappen van bijv. 0,2 of 0,5 mm wordt geregistreerd. De pluviograaf wordt optimaal benut, indien deze wordt geplaatst in een bemalingsgebied, waarvan wordt bijgehouden hoeveel water wordt uitgeslagen.

Naast de pluviograaf zal nog een drietal dagneerslagmeters (pluviometers) in het beheersgebied moeten worden geplaatst (figuur 15). Eén pluviometer wordt in het vrije afstromingsgebied gesitueerd, de tweede in het noord-oostelijke kleigebied en de derde in de noord-



Figuur 16. Overzicht van de in het beheersgebied aanwezige en de door de Provincie nog te plaatsen grondwaterstandsbuizen.

west hoek, hetgeen een verdichting inhoudt van het bestaande KNMI-neerslagmeetnet.

12.2.5 Grondwaterstandsmeetpunten

De Provincie Friesland is momenteel bezig een provinciaal grondwatermeetnet in te richten, waarbij ook de kwaliteit van het grondwater zal worden onderzocht. Het betreft hier vooral metingen in het eerste en tweede watervoerende pakket, dus het diepere grondwater.
Daarnaast zijn onlangs alle zogenaamde landbouwbuizen (freatisch grondwater) op hun waarde beoordeeld door DGV-TNO. Het betrof hier zuiver een administratieve beoordeling. De aanwezige landbouwbuizen zijn opgedeeld in drie kwaliteitsklassen:

- klasse 1: buizen die zondermeer gehandhaafd zullen blijven en in de toekomst eenmaal per 14 dagen bemeten gaan worden;
- klasse 2: buizen die minder waardevol zijn, maar die als daar bijvoorbeeld bij een waterschap behoefte aan bestaat, opgewaardeerd kunnen worden tot klasse 1;
- klasse 3: buizen die komen te vervallen.

In figuur 16 zijn de van belang zijnde grondwaterstandsbuizen aangegeven.

Voor het waterschap is het mogelijk een keuze te maken uit de aanwezige landbouwbuizen en met de Provincie te regelen wie het opnemen van de waterstanden voor zijn rekening neemt.
Daarnaast is het met geringe kosten mogelijk om op enkele interessante locaties nieuwe buizen te plaatsen. Overleg hierover met DGV-TNO is gewenst.

13 INRICHTING MEETNET EN GLOBALE KOSTENINDICATIE

13.1 Inleiding

In het voorgestelde primaire meetnet is voor een aantal locaties aangegeven waar debieten, waterpeilen en neerslag moeten worden gemeten (hoofdstuk 12). Bij het waterschap bestaat de wens om van het merendeel van deze meetpunten on-line informatie te verkrijgen. Hiervoor is het nodig om een hoofdstation ten kantore van het waterschap te installeren en onderstations bij de meetpunten. Het hoofdstation moet voldoende capaciteit bezitten voor eventuele toekomstige uitbreidingen. Naast het vastleggen van meetwaarden kan een dergelijk systeem ook worden benut voor bijv. alarmering en verdere automatisering van gemalen. Voor alle gemalen geldt dat deze reeds zijn aangesloten, of eenvoudig kunnen worden aangesloten, op het openbare telefoonnet.
Voor pluviometers is wekelijkse informatie reeds voldoende.
In dit hoofdstuk wordt voor alle meetpunten van het voorgestelde primaire meetnet, voor zover mogelijk, in tabelvorm aangegeven:

- of het bij de debietmeetpunten om een bemaling, opmaling of vrije afstroming gaat;
- welke parameters dienen te worden gemeten ;
- op welke plaatsen dit dient te geschieden;
- welke bijzondere aanpassingen dienen te worden uitgevoerd ;
- of ijking wel of niet noodzakelijk/wenselijk is;
- wat de globale kostenraming is voor het inrichten van het meetpunt.

Het gaat hierbij om debietmeetstations, peilmeetpunten, neerslagstations en grondwaterstandsmeetpunten.

13.2 Debietmeetstations

Voor de acht debietmeetstations van het voorgestelde meetnet wordt hierna aangegeven welke inspanning nodig is om betrouwbare informatie over debieten te kunnen inwinnen.
Voor het meten van debieten met gemalen moet speciale aandacht worden geschonken aan de volgende zaken:

- waar worden de waterstanden gemeten. In verband met de al eerder genoemde aanwezigheid van krooshekken, terugslagkleppen enz. voor en achter de pomp/vijzel zelf, zullen de gemeten waterhoogtes sterk kunnen variëren met de plaats waar deze worden gemeten;
- voor zover Q-h relaties bekend zijn van de pompen/vijzels, is het zeer belangrijk te weten wat de fabrikant als h-waarde definieert. Dit ook in relatie tot het vorige punt;
- de waterstanden boven- en in mindere mate benedenstrooms van een gemaal zullen tijdens een bemalingsperiode nooit een evenwichtsdiepte bereiken, maar continu veranderen. Een korte intervaltijd tussen twee registraties (bijv. 10 min.) is daarom noodzakelijk. Het zal echter goed zijn om te onderzoeken wat de optimale intervaltijd is om het debiet met de gewenste nauwkeurigheid te kunnen berekenen. Hiervoor is echter eerst kennis van de Q-h relatie van het gemaal gewenst.

Tabel 4. Overzicht van de in het primaire meetnet op te nemen debietmeetstations

Locatie	Bemaling/ Opmaling/ Vrije afstr.	Te meten parameters 1)	Bijzondere aanpassingen	IJking gewenst/ noodz.
Lits	bemaling	a,b,p		4)
Oude Vaart	bemaling	a,b,p(2x)		gewenst
Rohel	bemaling	a,p(2x)		5)
Lutjewoude	bemaling	a,b,p		
Zwagermieden	bemaling	a,b,p		noodz.
Roodeschuur	opmaling	a,b,p		noodz.
Roodeschuur	vrije afstr.	a,b,s	2)	
Rottevalle	opmaling	a,b,p(2x)		noodz.
Rottevalle	vrije afstr.	a,b,s	3)	
Schipsloot	opmaling	a,b,p		noodz.
Schipsloot	vrije afstr.	a,b,s	2)	

1) a = waterhoogte in het laaggelegen pand
b = waterhoogte in het hooggelegen pand
p = draaiuren pomp/vijzel
s = stuw-/schuifstand

2) door de vorm van de kruin van de verstelbare stuw enigszins aan te passen, zal het waarschijnlijk niet nodig zijn een ijking uit te voeren, maar kan de afvoerformule uit de literatuur worden vastgesteld. Bovendien zal een voorziening moeten worden aangebracht, waarmee het mogelijk wordt de kruinhoogte te registreren.

3) door enkele aanpassingen aan de kruin van de verstelbare stuw (o.a. te breed om kleine afvoeren met een redelijke nauwkeurigheid te meten), zal het waarschijnlijk niet nodig zijn een ijking uit te voeren, maar kan de afvoerformule uit de literatuur worden vastgesteld. Ook hier zal een voorziening moeten worden aangebracht om de kruinhoogte te registreren.

4) dit gemaal zal binnenkort (waarschijnlijk 1992) worden voorzien van een nieuwe vijzelpomp, zodat ijking waarschijnlijk niet nodig zal zijn.

5) aangezien zich voor het gemaal een krooshek met reinigingsinstallatie bevindt en achter het gemaal een zware terugslagklep, is het de vraag of de waterstand aan de aanvoerkant van de vijzel beneden het "vulpunt" kan dalen en of aan de boezemzijde het "tegenmaalpunt" niet wordt overschreden. De uitkomst van een onderzoek hiernaar zal uitwijzen of ijking noodzakelijk is.

Tabel 5. Nadere plaatsaanduiding van de te meten parameters en de hiervoor benodigde instrumentatie.

meetstation	parameters	nadere plaatsaanduiding	instrumentatie
Lits	a b p	voor krooshek bij uitmonding in de Lits	1 onderstation 2 waterstands-meters
Oude Vaart	a b p(2x) neerslag	voor krooshek in kom tussen gemaal en Pr. Margrietkanaal. omgeving gemaal (zie ook ANNEX III)	1 onderstation 2 waterstands-meters 1 pluviograaf
Rohel	a p(2x)	voor krooshek twee capaciteiten	1 onderstation 1 waterstands-meter
Lutjewoude	a b p	voor krooshek bij uitmonding in Stroobosser Trekvaart	1 onderstation 2 waterstands-meters
Zwagerm.	a b p	na krooshek bij uitmonding in Zwemmer	1 onderstation 2 waterstands-meters
Roodeschuur	a b p s	2 á 3 m. bovenstr. stuw in schutkolk op schuifconstructie	1 onderstation 2 waterstands-meters 1 opnemer voor de stuwstand
Rottevalle	a b p (2x) s	enkele m.'s bovenstr. stuw benedenstr. stuw op schuifconstructie	1 onderstation 2 waterstands-meters 1 opnemer voor de stuwstand
Schipsloot	a b p s	enkele m.'s bovenstr. stuw benedenstr. stuw op schuifconstructie	1 onderstation 2 waterstands-meters 1 opnemer voor de stuwstand

a = waterhoogte in het laaggelegen pand

b = waterhoogte in het hooggelegen pand

p = draaiuren pomp/vijzel

s = stuw-/schuifstand

13.3 Waterstandsmeetpunten

In aanvulling op de peilmeetpunten op de Friese boezem, die reeds bij de gemalen en opmalingen zijn besproken, zullen nog een drietal waterstandsmeetpunten in het primaire meetnet worden opgenomen. Dit om het waterstandsverloop op de boezem nauwkeurig te kunnen volgen. Deze locaties zijn:

- het Dokkumerdiep bij Dokkumer Nieuwe Zijlen;
- het Prinses Margrietkanaal aan de oostkant van het Bergumermeer (of bij gemaal Eestrum);
- de Lauwers bij Munnekezijl (of Lauwerzijl).

13.4 Neerslagmeetpunten

De voorgestelde pluviograaf zal enigszins centraal in het beheersgebied moeten worden opgesteld. Bovendien is het zinvol deze te plaatsen in een gebied, waarvan ook andere gegevens (zoals afvoer) worden geregistreerd. In aanmerking komen dan de bemalingsgebieden Oude Vaart en Rohel. De beste mogelijkheden voor een goede opstelling bevinden zich bij gemaal Oude Vaart. Het is mogelijk de pluviograaf aan te sluiten op het onderstation dat geplaatst gaat worden in het genoemde gemaal. Bij plaatsing zal een locatie in de onmiddellijke omgeving van het gemaal moeten worden gekozen, die voldoet aan de opstellingseisen (WMO-eisen), die gesteld worden aan een regenmeteropstelling.

Voor de te installeren pluviometers geldt ook dat deze logistiek gezien het beste in de onmiddellijke omgeving van een gemaal kunnen worden geplaatst.

De volgende locaties komen in aanmerking:

1. centraal in de opmalingsgebieden Roodeschuur, Rottevalle en Schipsloot (bijv. omgeving gemaal Halbewijk);
2. in het noordoostelijke gedeelte van het beheersgebied bij Kollumerpomp (of Warfstermolen);
3. bij gemaal Zwagermieden (indien gewenst kan deze in de toekomst worden vervangen door een pluviograaf, die eenvoudig op het onderstation kan worden aangesloten).

13.5 Grondwaterstandsmeetpunten

In deze paragraaf worden geen locaties aangegeven voor grondwaterstandsmeetpunten, aangezien deze over het algemeen geen deel uitmaken van een primair meetnet en ook geen on-line informatie verschaffen. Voor een goed inzicht in een hydrologisch proces is deze informatie echter zeer waardevol. Het is dan ook zeker aan te raden een aantal grondwaterstandsbuizen te plaatsen, of gebruik te maken van aanwezige grondwaterstandsbuizen, om onderzoek te doen in bepaalde interessante deelgebieden.
Samenwerking met andere instanties, zoals besproken in paragraaf 12.2.5 is aan te raden.

13.6 Globale kostenindicatie

13.6.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt aangegeven hoe de inrichtingskosten en de exploitatiekosten zijn samengesteld. Zoveel mogelijk worden de kosten in guldens uitgedrukt. Voor een aantal posten is dit niet gedaan, bijvoorbeeld waar het waterschap werkzaamheden in eigen beheer kan uitvoeren of waar de kosten eenvoudiger en nauwkeuriger door het waterschap zelf kunnen worden ingevuld.

a. *Inrichtingskosten*
Het betreft hier de éénmalige kosten van investeringen en externe adviezen:
- aanschaf van een telemetriesysteem, bestaande uit elf onderstations en één hoofdstation, alsmede de aanschaf van de meetopnemers voor de onderstations en de installatie van alle apparatuur;
- advisering door externe adviseurs zoals: het opstellen van de Q-h relaties van een aantal gemalen, en het hydraulisch ontwerp/aanpassing van drie meetoverlaten;
- aanschaf van een stroomsnelheidsmeter voor het uitvoeren van debietmetingen ten behoeve van het ijken en herijken van de Q-h relaties van de gemalen.

De volgende posten zijn als één bedrag zeer globaal begroot opgenomen in de kostenberekening:

- bouwkundige voorzieningen zoals de constructie en plaatsing van 18 vlotterbuizen en de aanpassing van drie meetoverlaten;
- kabelaansluitingen (telefoon en netspanning) op de onderstations, voor zover deze niet reeds aanwezig zijn;
- aanschaf van optionele software, bijvoorbeeld voor de debietberekening;
- huisvesting van personeel, het hoofdstation en het archief.

b. *Exploitatiekosten*

Het betreft hier de jaarlijks terugkerende kosten, waartoe de volgende posten worden gerekend:

- afschrijving van meetopnemers en het telemetriesysteem, met inachtneming van de volgende periodes: meetopnemers twaalf jaren en het telemetriesysteem zes jaren;
- autokosten verbonden aan veldmetingen (ijkingen Q-h-relaties gemalen) en inspectie/onderhoud: *f* 700,-/jaar voor debietmeetstations en *f* 400,-/jaar voor peilmeetstations;
- onderhoudskosten, gesteld op 5 % van de nieuwwaarde van alle apparatuur (telemetriesysteem, opnemers en stroomsnelheidsmeter);

De volgende posten zijn niet opgenomen in de kostenberekening:

- personele bezetting: vanaf het moment waarop het telemetriesysteem wordt opgestart, is er een arbeidsplaats nodig van 0,5 hydroloog/cultuurtechnicus voor het operationeel maken van het systeem en de interpretatie van de meetgegevens;
- de meerkosten aan telefoon en electriciteit;
- opleiding/bijscholing van personeel.

Er wordt met nadruk op gewezen dat de geraamde kosten en tijdsinspanningen, gebruikt voor de samenstelling van genoemde kosten en vermeld in de volgende paragrafen, zeer globaal van aard zijn. Ervaringscijfers met geautomatiseerde meetsystemen zijn schaars, soms verhullend en vaak uiteenlopend.

Bij de geschatte tijdsinspanning voor inspectie van meetstations en interpretatie van meetgegevens is gebruik gemaakt van schattingen

door de Unie van Waterschappen en SAMWAT.
Een goede kostenbewaking zal zeer waardevolle informatie verschaffen voor toekomstige meerjarenbegrotingen.

13.6.2 Het telemetriesysteem

Dit systeem - bestaande uit elf onderstations en één hoofdstation - wordt weliswaar aangeschaft in het kader van het hydrologisch meetnet, het spreekt echter vanzelf dat ook de automatische bediening van de tot het meetnet behorende gemalen wordt opgenomen in het systeem. Dit houdt in dat op de elf voorgestelde onderstations de in tabel 6. weergegeven metingen en meldingen worden uitgevoerd.

Tabel 6. Overzicht van de te registreren meldingen en metingen bij de verschillende onderstations.

onderstation	inwinnen meetgegevens					gemaal bediening	
	metingen				meldingen urenteller	metingen krooshek	meldingen peilen
	boezempeil	polderpeil	schuifstand	neerslag			
De Lits	x	x			o	x x	o o o
Oude Vaart	x	x		x	o o	x x	o o o
Rohel		x			o o	x x	o o o
Lutjewoude	x	x			o		o o o
Zwagermieden	x	x			o		o o o
Roode Schuur	x	x	x		o		o o
Rottevalle	x	x	x		o o		o o
Schipsloot	x	x	x		o		o o
Dokkumer Nieuwe Z.	x						
Bergumermeer	x						
Munnekezijl	x						

o aantal meldingen

x aantal metingen

Alle onderstations communiceren via het openbare telefoonnet met het hoofdstation. Daarnaast zullen de onderstations de binnenkomende gegevens lokaal moeten kunnen opslaan (normaal 24 uren, in speciale gevallen een aantal dagen).

De algemene opbouw van een specifiek telemetriesysteem voor het waterschap Lits en Lauwers is als volgt:

- vijf onderstations bij bemalingen;
- drie onderstations bij opmalingen;
- drie onderstations uitsluitend voor het boezempeil;
- een hoofdstation op het kantoor ;
- een systeemprinter: vastleggen van metingen en meldingen;
- een beheerpakket: overzichts-, verwerkings- en bedieningsfuncties;
- een handpost: lokaal ontvangen van gegevens uit hoofdstation;
- een systeemmonitor: lokaal ingeven of veranderen van grenswaarden (set-points).

Bovengenoemde systeemopbouw zal goed voldoen aan de specifieke behoeften van het waterschap Lits en Lauwers. Daarnaast zijn er andere telemetriesystemen op de markt, waarvan de opbouw wellicht goed voldoet aan de wensen van andere waterbeheerders. In het algemeen geldt dat al deze systemen afgestemd kunnen worden op de specifieke vragen van de waterbeheerder. In grote lijnen verschillen de systemen niet of nauwelijks in kwaliteit en prijs.
Het hiervoor geschetste telemetriesysteem voldoet ruimschoots aan de vragen van het waterschap Lits en Lauwers en biedt zeer veel ruimte voor eventuele toekomstige uitbreidingen. Daarnaast is het een voordeel dat ook enkele naburige waterschappen met dit systeem gaan werken.
De momenteel aanwezige Personal Computer is geschikt voor communicatie met het hoofdstation.

De kosten van aanschaf en installatie van de opnemers en het telemetriesysteem zijn als volgt samengesteld (de bedragen per stuk zijn richtprijzen in guldens af fabriek, exclusief B.T.W.):

	stukprijs	aantal	totaalprijs	
telemetriesysteem				
- onderstations bij gemalen	10.500	8	84.000	
- onderstations boezempeil	3.500	3	10.500	
- hoofdstation	32.500	1	32.500	
- systeemprinter	3.000	1	3.000	
- beheerpakket	15.500	1	15.500	
- handpost	3.000	1	3.000	
- systeemmonitor	2.500	1	2.500	
			---	
totaal telemetriesysteem			151.000	151.000
opnemers				
- waterstandopnemers	2.000	18	36.000	
- potentiometers	1.000	3	3.000	
- neerslagmeters	5.000	1	5.000	
			---	
totaal opnemers			44.000	44.000
				---
totaal telemetriesysteem + opnemers				195.000
installatiekosten				41.300
18,5 % B.T.W.				43.700

Totale kosten				280.000

13.6.3 Inrichtingskosten

Het totaal aan inrichtingskosten - waarvan de posten reeds in paragraaf 13.6.1 zijn genoemd - is als volgt samengesteld (uitgedrukt in guldens inclusief B.T.W.):

- aanschaf en installatie opnemers en telemetriesysteem		280.000
- advisering met betrekking tot de debietmeetstations		55.000
- aanschaf van een stroomsnelheidsmeter		15.000
- bouwkundige voorzieningen (vlotterbuizen)	P.M.	100.000
- kabel aansluitingen	P.M.	
- aanschaf optionele software	P.M.	
- huisvesting personeel en hoofdstation	P.M.	
(de vier P.M. posten zijn globaal begroot)	Totaal	450.000

13.6.4 Exploitatiekosten

Het totaal aan exploitatiekosten - de posten zijn reeds in paragraaf 13.6.1 genoemd - is samengesteld uit:

a) <u>afschrijvingen</u>

- afschrijving telemetriesysteem: 1/6 x 217.000	36.200
- afschrijving opnemers: 1/12 x 63.000	5.200
- afschrijving stroomsnelheidsmeter en de voorzieningen onder de vier P.M. posten van par. 13.6.3: 1/7 x 115.000	16.400
Totaal afschrijvingen primair meetnet:	57.800

b) <u>overige exploitatiekosten</u>

- autokosten	6.800
- onderhoud apparatuur: 5 % van 295.000	14.800
- personeel: 0,5 hydroloog (HBO-niveau)	P.M.
- meerkosten telefoon + electriciteit	P.M.
- opleiding/bijscholing personeel	P.M.
Totaal overige exploitatiekosten:	21.600 + P.M.

14. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- In dit rapport is een aanzet gegeven tot de inrichting van een primair meetnet, in het kader van een hydrologisch meetplan voor het waterschap Lits en Lauwers.
  Het doel van het meetnet is het voorzien in de behoefte aan hydrologische gegevens ten behoeve van:
  - het dagelijks beheer;
  - wettelijke verplichtingen;
  - hydrologisch onderzoek.

  Het meetnet is samengesteld uit een aantal meetstations, waarin gegevens worden ingewonnen over neerslag, waterstanden en afvoeren. De onderlinge samenhang van de meetstations in het meetnet is een onmisbaar element voor een adequaat waterbeheer.

- Het rapport bestaat uit de volgende hoofdstukken:
  1. Voorstel hydrologisch meetplan waterschap Lits en Lauwers (doelstelling hydrologisch meetplan, te meten parameters, opdrachtverlening).
  2. Het waterschap Lits en Lauwers (ontstaan en taak).
  3. Geologie.
  4. Geohydrologie.
  5. Topografie.
  6. Bodemkunde.
  7. Belangen.
  8. Waterbeheer (integraal waterbeheer, Wet op de Waterhuishouding, het waterschap).
  9. Gemalen in het beheersgebied (analyse van gemalen in het beheersgebied met betrekking tot een mogelijke trend in het verbruik van kW-uren van de gemalen).
  10. Het huidige meetnet (beschrijving van reeds aanwezige meetstations in beheer bij het waterschap, de provincie en het KNMI).
  11. Eisen, te stellen aan het hydrologisch meetnet (informatiesysteem, gewenste locaties).
  12. Voorstel tot opzet van het primaire meetnet (voorgestelde locaties voor debietmeetpunten, waterstandsmeetpunten en

neerslagmeetpunten).

13. Inrichting meetnet en globale kostenindicatie.
14. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen.

- Bij het waterschap bestaat het vermoeden dat de gemalen in het beheersgebied in de loop der jaren meer energie zijn gaan verbruiken bij het uitslaan van dezelfde hoeveelheid water (hoofdstuk 9 en Annex I).
  Conclusies:
  - uit de analyse van de gemalen blijkt dat er sprake is van een toename in het energieverbruik van de gemalen (positieve trend);
  - de trend wordt voor een belangrijk deel verklaard door de neerslag. In de neerslag is namelijk ook sprake van een positieve trend;
  - de positieve trend wordt voor een kleiner deel verklaard door de tijd (de tijd is een verzameling van langzaam verlopende veranderingen in de tijd);
  - de gegevens, zoals deze door het waterschap zijn verstrekt, zijn onvoldoende om vergaande conclusies te trekken. Indien de behoefte bestaat om de opgemerkte trend nader te onderzoeken, zullen in ieder geval weektotalen van het verbruik in kW-uren ter beschikking moeten zijn.

- Tot het huidige meetnet worden gerekend de meetstations in beheer bij het waterschap, de provincie en het KNMI (hoofdstuk 10).
  Conclusie: het aantal huidige meetstations is zeer gering, waardoor te weinig informatie uit het beheersgebied binnenkomt. Van de aanwezige gemalen kan een aantal worden ingericht als debietmeetpunt, en als zodanig deel uitmaken van een meetnet in wording.

- Een meetnet is gedefinieerd als een stelsel van samenhangende meetstations, gericht op het inwinnen van hydrologische gegevens (hoofdstuk 11). Deze gegevens verschaffen de beheerder informatie en middelen, die nodig zijn voor een verantwoord waterbeheer. De bruikbaarheid van deze gegevens wordt in belangrijke mate bepaald

door de wijze van inwinning en de bewerking, verwerking en presentatie van de ingewonnen basisgegevens.
Bij dit primaire meetnet (bestaande uit permanente stations) gaat het om de op de Friese boezem uitgeslagen en daaraan onttrokken hoeveelheden. Ook het gedrag van bepaalde hoofdsystemen kan door middel van het meetnet nader onderzocht worden.

- In hoofdstuk 12 worden de voor het primaire meetnet voorgestelde locaties besproken. Het betreft de volgende meetpunten:
  - 5 debietmeetpunten (bemaling), par. 12.2.1 en figuur 13;
  - 3 debietmeetpunten (opmaling/vrije afstroming), par. 12.2.2 en figuur 14;
  - 3 waterstandsmeetpunten, par. 12.2.3 en figuur 15;
  - 4 neerslagmeetpunten, par. 12.2.4 en figuur 15.

  Van de in het beheersgebied aanwezige grondwaterstandsmeetpunten is in par. 12.2.5 en figuur 16 een overzicht gegeven. In overleg met de provincie en DGV/TNO kan gebruik worden gemaakt van de aanwezigheid van deze buizen of eventueel kunnen nieuwe buizen worden geplaatst voor een bepaald hydrologisch onderzoek. Deze meetpunten zullen echter geen deel uitmaken van het primaire meetnet.

- In hoofdstuk 13 is, voor zover mogelijk en nodig, voor de gekozen locaties nader aangegeven welke parameters dienen te worden gemeten en welke instrumentatie hiervoor benodigd is.
  In par. 13.6 wordt een globale kostenindicatie gegeven, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen:
  - éénmalige inrichtingskosten;
  - jaarlijkse exploitatiekosten.

De inrichtingskosten bedragen:

- aanschaf en installatie opnemers en telemetriesysteem	ƒ 280.000
- advisering debietmeetstations	ƒ 55.000
- aanschaf stroomsnelheidsmeter	ƒ 15.000

	ƒ 350.000
- bouwkundige voorzieningen, kabelaansluitingen, software, huisvesting hoofdstation (zeer globaal begroot!)	ƒ 100.000

Totaal:	ƒ 450.000

De belangrijkste exploitatiekosten bedragen:

- afschrijving telemetriesysteem, opnemers en overige voorzieningen (de gemiddelde afschrijvingsduur bedraagt zeven jaren)	ƒ 57.800
- overige exploitatiekosten, zoals autokosten en onderhoud	ƒ 21.600
- extra personele inzet (hydroloog (HBO), 0,5 mensjaar)	P.M.

- In dit rapport is alleen de inrichting van een primair meetnet besproken. Bij de bespreking van het telemetriesysteem is echter uitgegaan van een hoofdstation dat voldoende capaciteit bezit voor eventuele toekomstige uitbreidingen, of eenvoudig kan worden uitgebreid. Het ligt namelijk voor de hand dat in de toekomst ook andere gemalen uit het beheersgebied op dit systeem aangesloten zullen worden, waardoor het primaire hydrologische meetnet aan waarde zal winnen door de dan toegevoegde extra informatie.

LIJST VAN FIGUREN

		blz.
Figuur 1.	De waterschappen in Friesland	13
Figuur 2.	Beheersgebied waterschap Lits en Lauwers	14
Figuur 3.	Verbreiding van landijs en gletsjers gedurende het Saalien en het Weichselien	16
Figuur 4.	Pleistocene en Holocene formaties, gerangschikt naar ouderdom	18
Figuur 5.	Geschematiseerde geohydrologische opbouw van de ondergrond in een west-oost profiel in Noord-West Groningen	20
Figuur 6.	Topografie van Friesland	23
Figuur 7.	Overzichtskaart van de bodem van Friesland	24
Figuur 8.	Relatie waterbeheer met andere beleidsterreinen	34
Figuur 9.	Ripple-diagram gemaal De Folgeren	44
Figuur 10.	Ripple-diagram gemaal Kletstervaart	44
Figuur 11.	Double-mass, gebiedsneerslag en kW-uren, gemaal Oude Vaart	47
Figuur 12.	Double-mass, gebiedsneerslag en kW-uren, gemaal IJzermieden	47
Figuur 13.	Overzicht bemalingsgebieden opgenomen in het primaire meetnet	66
Figuur 14.	Overzicht opmalingsgebieden opgenomen in het primaire meetnet	69
Figuur 15.	Overzicht waterstandsmeetpunten en neerslagmeetpunten opgenomen in het primaire meetnet	72
Figuur 16.	Overzicht van de in het beheersgebied aanwezige en de door de Provincie nog te plaatsen grondwaterstandsbuizen	74

		blz.
Figuur I- 1.	Gemaal Oude Vaart, kW-uren per jaar	102
Figuur I- 2.	Gemaal Oude Vaart, voortschrijdend gemiddelde, kW-uren	103
Figuur I- 3.	Voortschrijdend gemiddelde, gebiedsneerslag	103
Figuur I- 4.	Gemaal Oude Vaart, Ripple-diagram, kW-uren	104
Figuur I- 5.	Gemaal Oude Vaart, residu-reeks Ripple-diagram, kW-uren	104
Figuur I- 6.	Ripple-diagram, gebiedsneerslag	106
Figuur I- 7.	Residu-reeks Ripple-diagram, gebiedsneerslag	106
Figuur I- 8.	Double-mass, gemalen IJzermieden en Oude Vaart, kW-uren	108
Figuur I- 9.	Residu-reeks double-mass, gemalen IJzermieden en Oude Vaart, kW-uren	108
Figuur I-10.	Scatter-diagram, gemaal Oude Vaart, kW-uren en gebiedsneerslag	109
Figuur I-11.	Double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na lineaire regressie met de gebiedsneerslag, gemaal Oude Vaart	112
Figuur I-12.	Residu-reeks double-mass, gemeten en berekende kW-uren na lineaire regressie met de gebiedsneerslag, gemaal Oude Vaart	112
Figuur I-13.	Double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na lineaire regressie met de tijd, gemaal Oude Vaart	113
Figuur I-14.	Residu-reeks double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na lineaire regressie met de tijd, gemaal Oude Vaart	113
Figuur I-15.	Double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na multi-lineaire regressie met de gebiedsneerslag en de tijd, gemaal Oude Vaart	114
Figuur I-16.	Residu-reeks double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na multi-lineaire regressie met de gebiedsneerslag en de tijd, gemaal Oude Vaart	114

LIJST VAN TABELLEN

		blz.
Tabel 1.	Te meten parameters en hun locatie	10
Tabel 2.	Geanalyseerde gemalen	42
Tabel 3.	Meetpunten in beheer bij diverse instanties in het beheersgebied	51
Tabel 4.	Overzicht van de in het primaire meetnet op te nemen debietmeetstations	78
Tabel 5.	Nadere plaatsaanduiding van de te meten parameters en de hiervoor benodigde instrumentatie	80
Tabel 6.	Overzicht van de te registreren meldingen en metingen bij de verschillende onderstations	85
Tabel I-1.	Regressie tussen kW-uren/jaar en de gebiedsneerslag/jaar	110
Tabel I-2.	Regressie tussen kW-uren/jaar en de tijd in jaren	110
Tabel I-3.	Multi-lineaire regressie tussen kW-uren/jaar en de tijd in jaren	116
Tabel I-4.	Gemalen, gebruikt voor analyse, kW-uren	117
Tabel I-5.	Neerslag KNMI-stations en de gebiedsneerslag	118

Eén van de vele karakteristieke pingo's

Waterstandsmeetpunt van de Provincie Friesland op de Friese boezem bij Dokkumer Nieuwe Zijlen

Vijzelgemaal Rohel

Bedieningspaneel in vijzelgemaal Rohel

Opmaling Schipsloot

Vrije afstroming bij opmaling Rottevalle

Vrije afstroming bij opmaling Roode Schuur

ANNEX I STATISTISCHE TECHNIEKEN

In hoofdstuk 9 zijn de resultaten van de statistische analyse van de waterafvoer via gemalen reeds besproken. In deze annex wordt ingegaan op de achtergrond van de gebruikte statistische technieken (voor gebruikte data zie tabellen I-4 en I-5).

Werkwijze

Bij de analyse van de kW-uren van de gemalen in het beheersgebied is de volgende werkwijze toegepast:

- De data zijn eerst beschouwd met behulp van het voortschrijdend gemiddelde. Dit loopt op en dat is een eerste aanwijzing voor een positieve trend.
- Is het oplopen van het voortschrijdend gemiddelde toeval of systematisch? Aan de hand van het Ripple-diagram kan hierover een uitspraak worden gedaan. De grafieken hebben allen een concave of convexe vorm, hetgeen duidt op een systematische component.
- Indien er sprake is van systematiek, geldt dit dan voor alle gemalen? De double-mass analyse is een methode om dit na te gaan. De grafieken lopen niet concaaf of convex, dit houdt in dat de systematische component bij alle gemalen aanwezig is.
- Als er sprake is van systematiek, waardoor wordt deze dan veroorzaakt? Via lineaire regressie wordt getracht de systematiek te verklaren door het aantal kW-uren in eerste instantie afhankelijk te zien van de gebiedsneerslag en vervolgens van de tijd.
- Na de lineaire regressie wordt nagegaan of de systematische component is verwijderd, door een double-mass plot te maken. Nu wordt met de gemeten en de berekende waarden gewerkt, waarbij de gemeten waarden op de horizontale as worden uitgezet. Uit de analyse blijkt dat er nog steeds sprake is van een systematische component.
- Door middel van multi-lineaire regressie wordt opnieuw gekeken of de systematische component te verwijderen is. Het verbruik van kW-uren wordt nu afhankelijk gesteld van de gebiedsneerslag en de tijd.
- Opnieuw wordt de double-mass analyse uitgevoerd met het gemeten en berekende verbruik van kW-uren. De grafieken vormen een s-kromme, dat wil zeggen dat de systematische component verwijderd is.

Voortschrijdend gemiddelde

Een aantal hydrologische variabelen vertoont een dagelijkse- of seizoenvariatie (bijv. afvoeren en grondwaterstanden). Wanneer daar een trend bij optreedt kan een beeld als in figuur I-1 ontstaan. Deze figuur toont tevens dat er toevallige uitschieters zijn opgetreden. De toevallige uitschieters kunnen de trend of seizoensvariatie minder duidelijk naar voren laten komen in een figuur. Het elimineren van deze uitschieters kan met behulp van het zogenaamde 'voortschrijdend gemiddelde'. Wanneer een reeks waarden van x beschikbaar is, kunnen voor een 5-jaar voortschrijdend gemiddelde de volgende gemiddelden worden berekend:

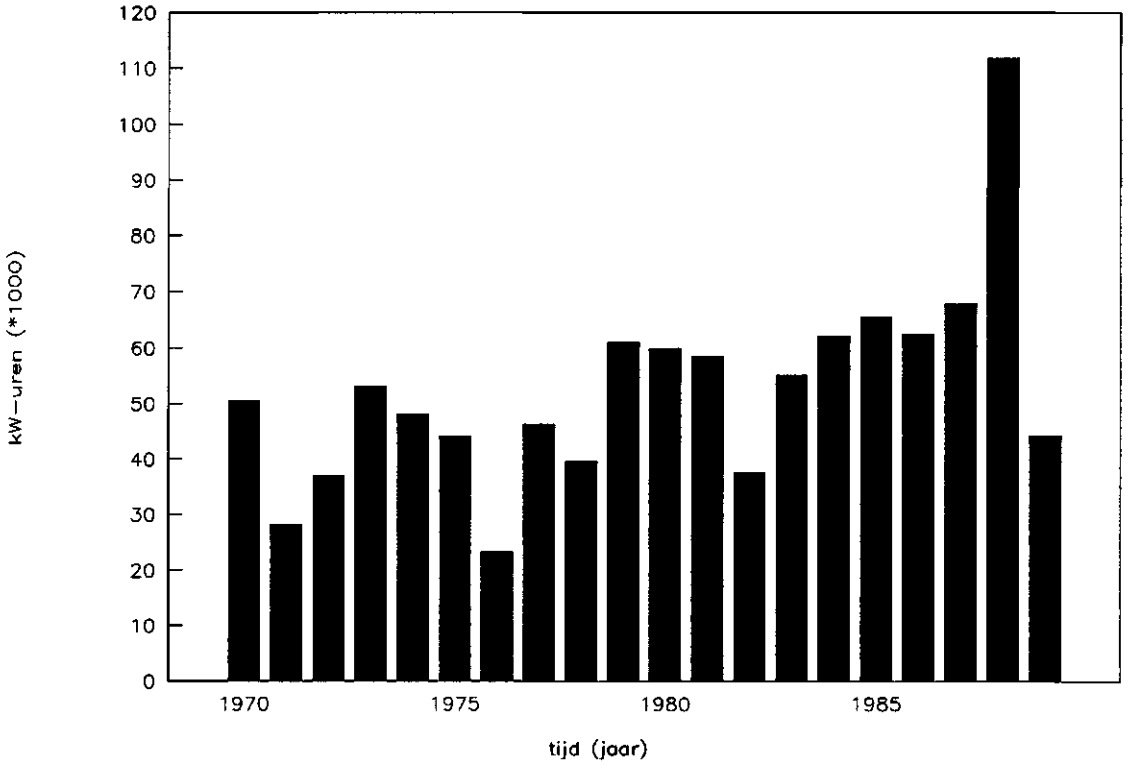
$$Y_3 = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5)/5 \qquad (1)$$

$$Y_4 = (X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)/5 \qquad (1')$$

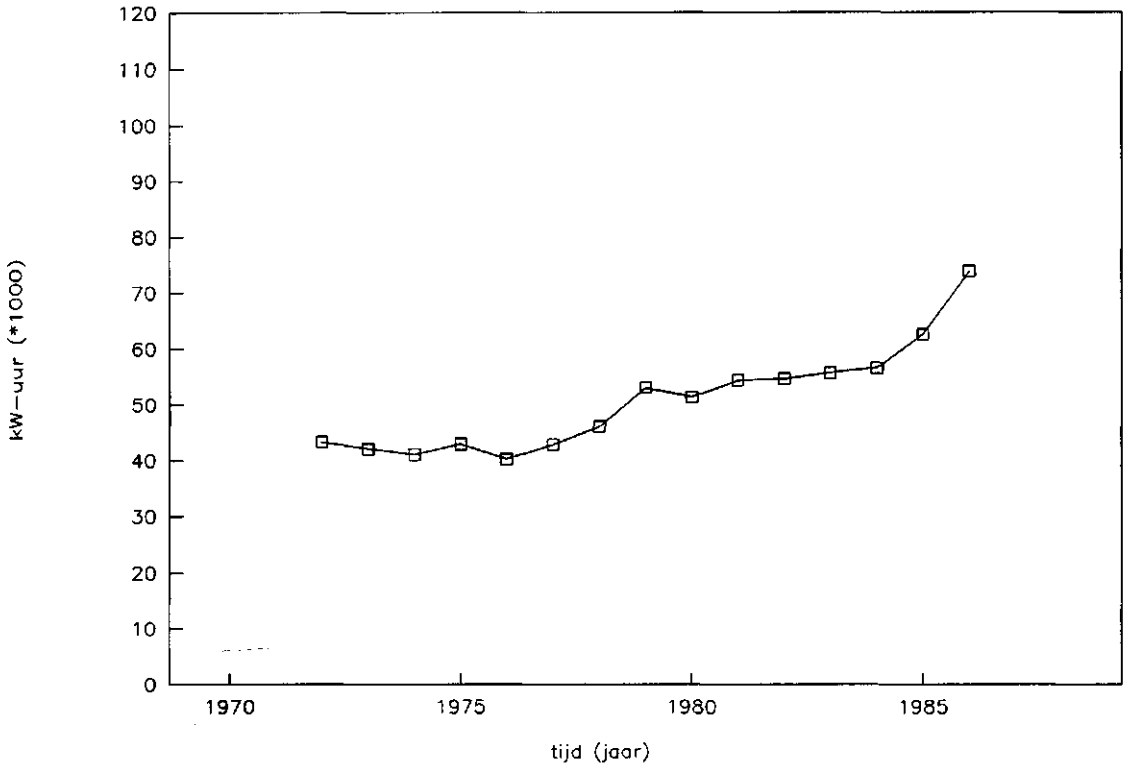
$$Y_i = (X_{i-2} + X_{i-1} + X_i + X_{i+1} + X_{i+2})/5 \qquad (1")$$

De reeks Y_i is het voortschrijdend gemiddelde, in dit geval voor perioden van vijf jaar (figuren I-2 en I-3).

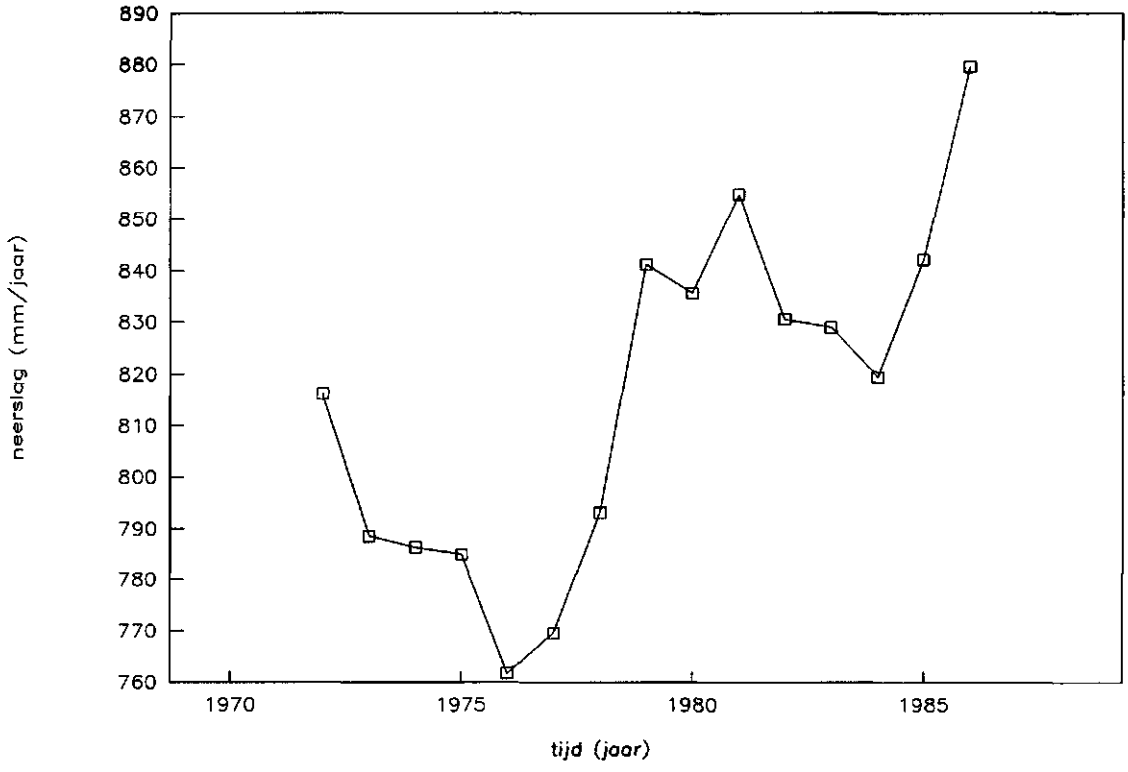
De ervaring leert dat vijf à tien jaar een geschikte periode is om uitschieters te dempen, terwijl droge en natte periodes zichtbaar blijven.



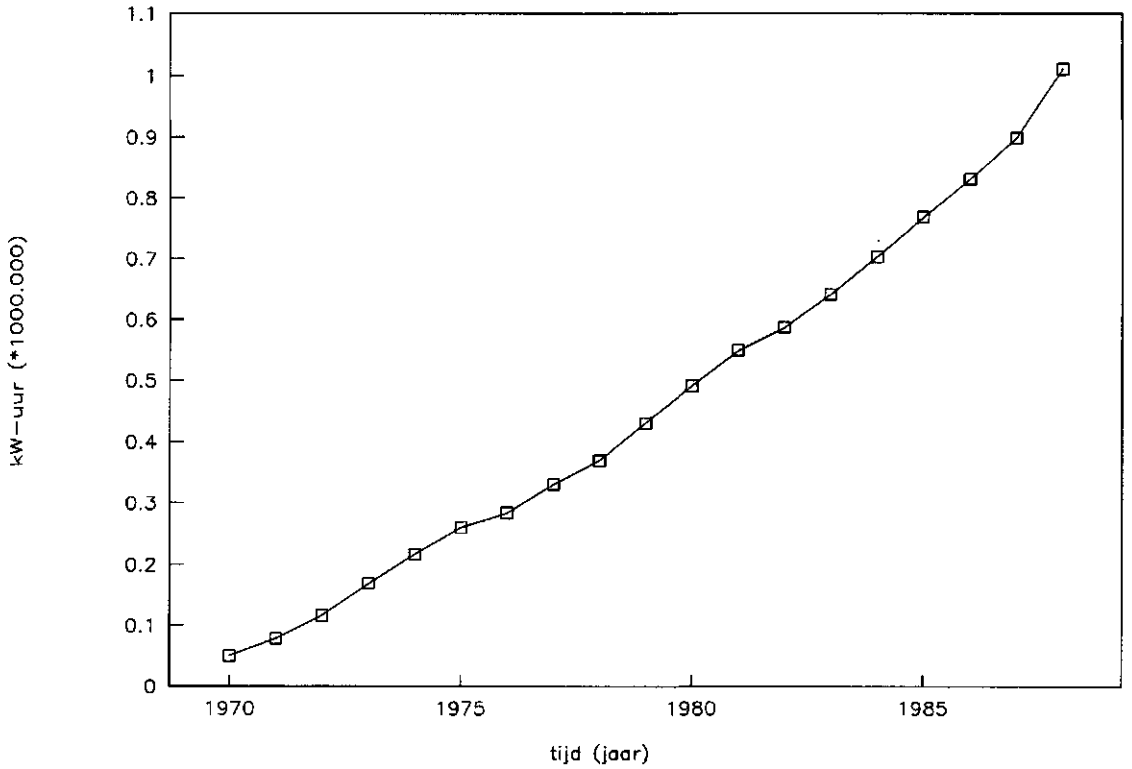
Figuur I-1. Gemaal Oude Vaart, kW-uren per jaar.



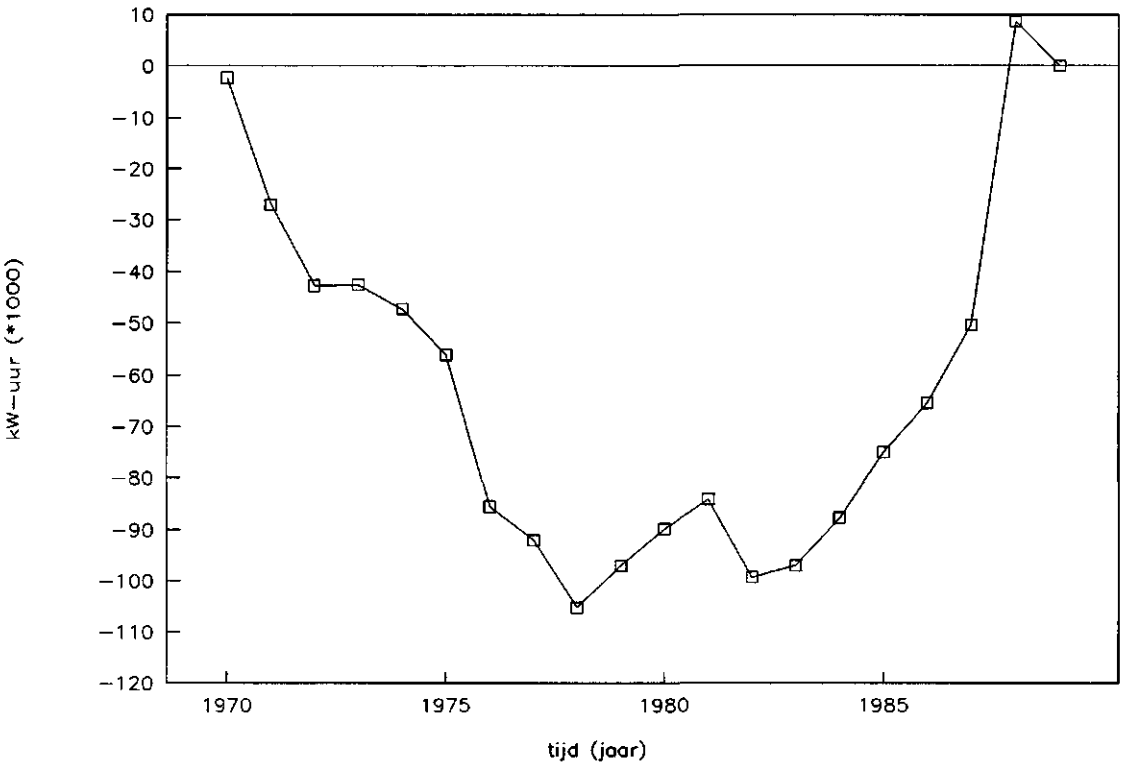
Figuur I-2. Gemaal Oude Vaart, voortschrijdend gemiddelde, kW-uren.



Figuur I-3. Voortschrijdend gemiddelde, gebiedsneerslag.



Figuur I-4. Gemaal Oude Vaart, Ripple-diagram, kW-uren.



Figuur I-5. Gemaal Oude Vaart, residu-reeks Ripple-diagram, kW-uren.

Ripple-diagram

Een tijdreeks is homogeen als de meetwaarden niet door natuurlijke veranderingen of menselijk ingrijpen zijn beïnvloed. De veranderingen in de waarde van de variabele kunnen snel zijn, bijvoorbeeld bij calamiteiten, of langzaam, bijvoorbeeld bij een toename van de gemiddelde neerslag. In de reeks komt dit tot uiting in een trend. Een methode om inhomogeniteiten in een reeks op te sporen is de zogenaamde som-curve of het Ripple-diagram. Hierbij worden de cumulatieve waarden (S, (3)) op de verticale as uitgezet en de tijd wordt op de horizontale as uitgezet. Een verandering in de helling van de curve kan op een trendverandering of inhomogeniteit duiden.
Een methode om een trendverandering of inhomogeniteit duidelijk zichtbaar te maken kan via de zogenaamde residu-plot. Hierbij wordt op de verticale as het verschil uitgezet tussen de cumulatieve waarde van de reeks minus het produkt van de i-de term maal het gemiddelde van de reeks (4). Op de horizontale as wordt de tijd uitgezet.
In formule:

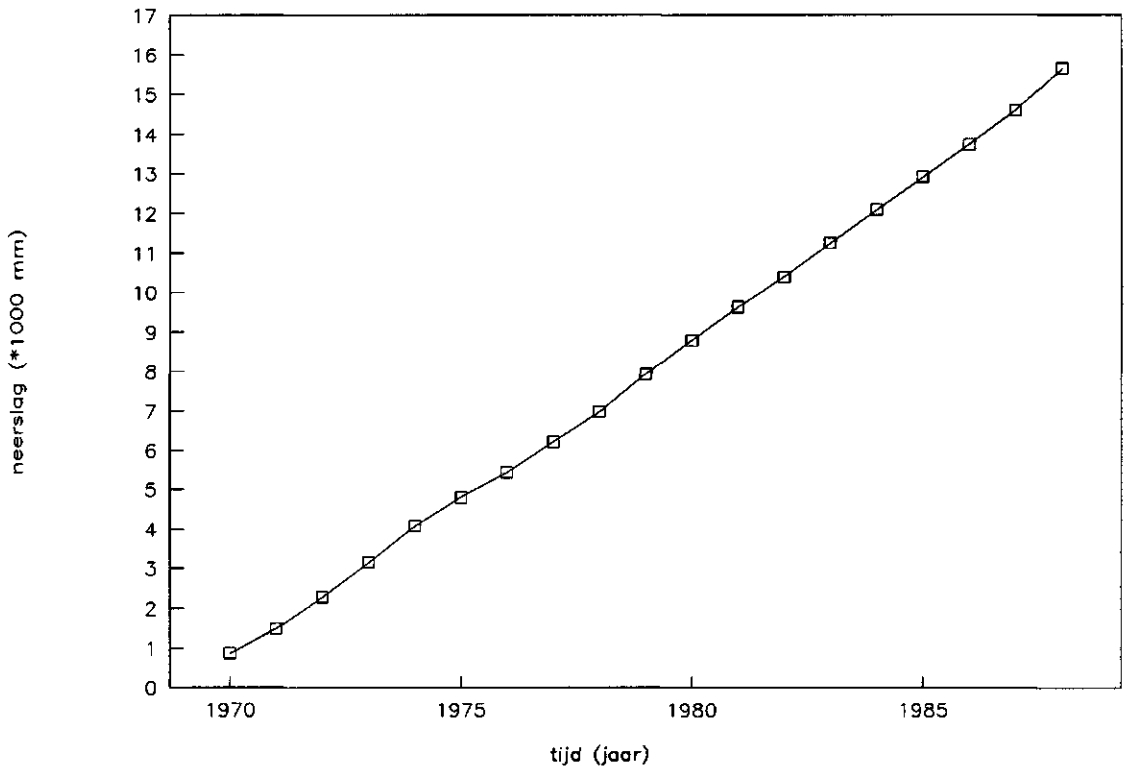
gemiddelde : $G = 1/N * \sum_{k=1}^{N} T_k$ (2)

som : $S_i = \sum_{k=1}^{i} T_k$ (3)

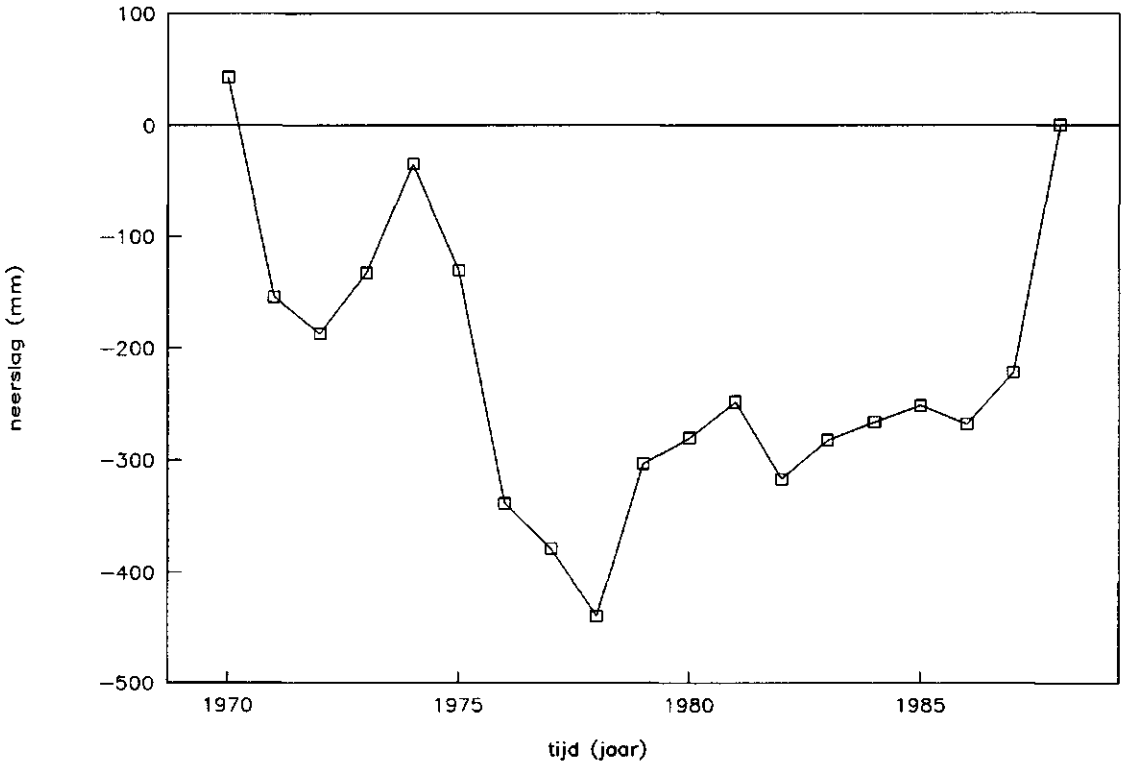
residu : $Z_i = S_i - i*G$ (4)

waarin:
- i : index ($i=1,2,..,N$);
- N : aantal waarnemingen in de reeks;
- G : gemiddelde van de tijdreeks;
- S_i : som t/m i-de waarneming in de tijdreeks;
- T_i : i-de waarneming in tijdreeks;
- Z_i : residu-reeks.

Indien een residu-plot alleen maar positieve of negatieve waarden heeft, kan worden gezegd dat er sprake is van een systematisch component. Wisselen positieve en negatieve waarden elkaar regelmatig af dan is er géén sprake van een systematische component. Er wordt ook wel gezegd dat er geen deterministische component aanwezig is.



Figuur I-6. Ripple-diagram gebiedsneerslag.



Figuur I-7. Residu-reeks Ripple-diagram gebiedsneerslag.

Double-Mass Plot

Een double-mass plot wordt gebruikt om na te gaan of twee reeksen zich op dezelfde manier inhomogeen gedragen.
Van een tijdreeks wordt de geaccumuleerde som (S1) van een variabele uitgezet tegen de geaccumuleerde som (S2) van dezelfde variabele van een andere reeks.
In formule:

$$\text{som tijdreeks 1 :} \quad S1_i = \sum_{k=1}^{i} T1_k \qquad (5)$$

$$\text{som tijdreeks 2 :} \quad S2_i = \sum_{k=1}^{i} T2_k \qquad (6)$$

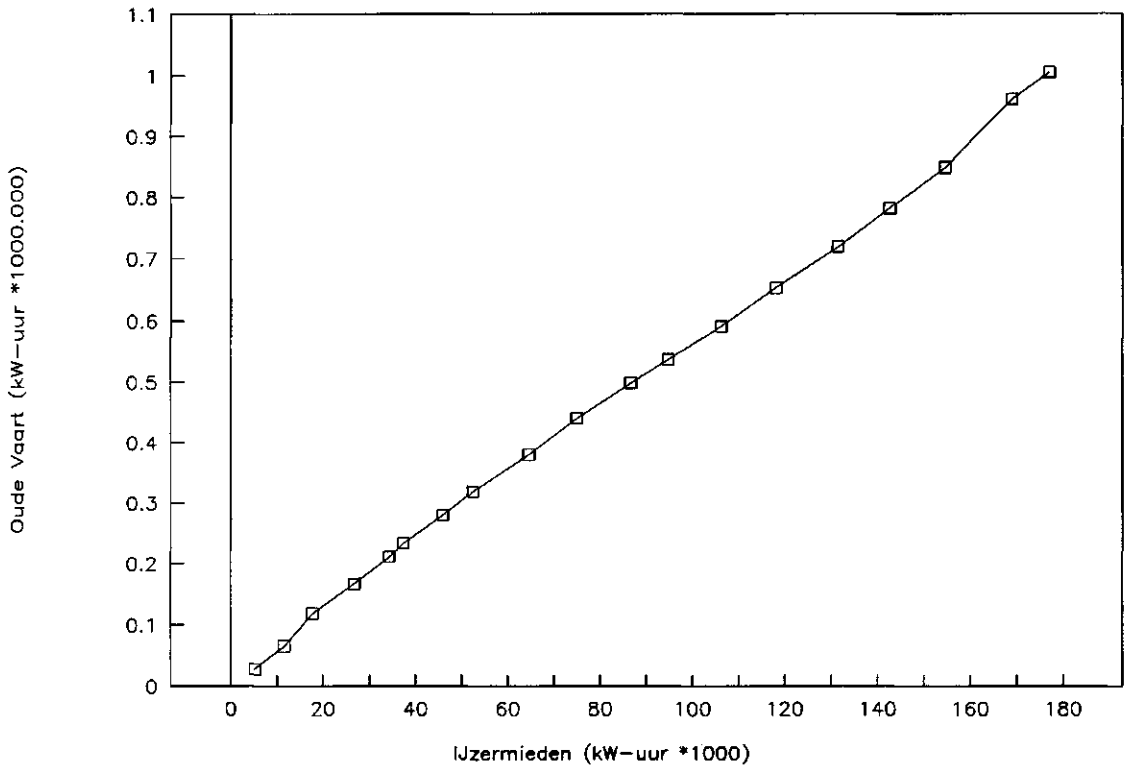
Waarin:
- i : index ($i=1,2,..,N$);
- N : aantal waarnemingen (N is voor beide tijdreeksen gelijk);
- $S1_i$: som t/m i-de waarneming in tijdreeks 1;
- $S2_i$: som t/m i-de waarneming in tijdreeks 2;
- $T1_i$: i-de waarneming in tijdreeks 1;
- $T2_i$: i-de waarneming in tijdreeks 2.

Naast plotselinge veranderingen (peilverlaging, knik in de grafiek) kunnen langzaam verlopende veranderingen (toe- of afname in gemiddelde neerslag, grafiek loopt convex of concaaf) met behulp van een double-mass plot opgespoord worden.
Een residu-plot van de double-mass analyse kan net als bij de residu-plot van het Ripple-diagram inhomogeniteiten of trendveranderingen beter zichtbaar maken.
In formule:

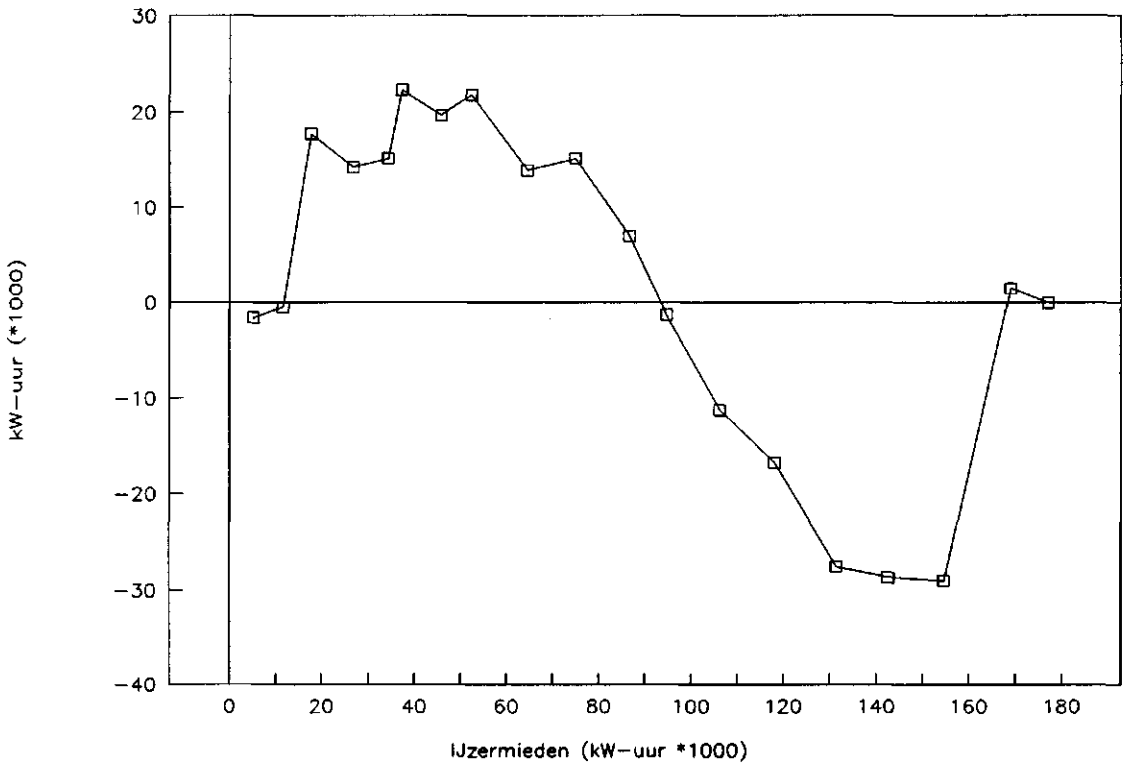
$$\text{residu} \quad : Z_i = S1_i - S1/S2 * S2_i \qquad (7)$$

waarin:
- Z_i : waarde residu-reeks t/m i-de waarneming;
- $S1$: totale som waarden tijdreeks 1;
- $S2$: totale som waarden tijdreeks 2.

Ook nu geldt dat alleen positieve of negatieve waarden in de richting van een systematische (deterministische) component wijzen. Wisselende positieve en negatieve waarden wijzen in de richting van een stochastische component.



Figuur I-8. Double-mass, gemalen IJzermieden en Oude Vaart, kW-uren.

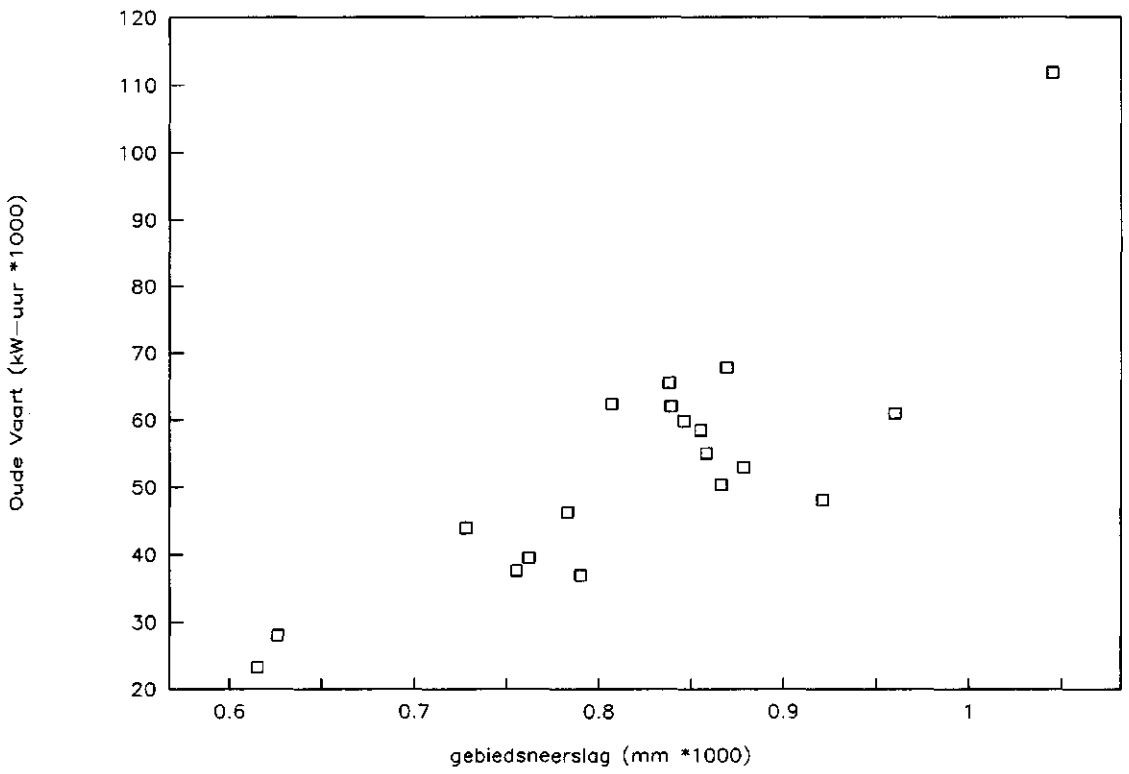


Figuur I-9. Residu-reeks double-mass, gemalen IJzermieden en Oude Vaart, kW-uren.

De deterministische component is dat deel van een reeks dat verklaard kan worden door regressie. De stochastische component is dat deel van een reeks dat niet wordt verklaard door regressie.

Scatterdiagram

In een scatterdiagram worden twee variabelen in een coördinaten stelsel tegen elkaar uitgezet. Het resultaat is een puntenwolk die een indruk geeft van de dispersie, de vorm en de richting. Aan de hand van dispersie, vorm en richting kan een eerste indruk verkregen worden over de correlatie tussen de twee variabelen. In dit rapport is de gebiedsneerslag per jaar uitgezet tegen het aantal kW-uren per jaar. Uit figuur I-10 blijkt dat er sprake is van een positieve correlatie tussen de twee parameters.



Figuur I-10. Scatter-diagram, gemaal Oude Vaart, kW-uren en gebiedsneerslag.

Tabel I-1. Regressie tussen kW-uren/jaar en de gebiedsneerslag/jaar

Gemaal	a	SEOE	Rho	b	SEOC
Baukewijk	-6677	2797	59%	20	6
Buitenpost	-4958	1077	80%	13	2
De Hammen	-4442	773	80%	10	2
De Lits	-8428	2058	82%	28	5
Eestrum	-5187	2318	70%	21	5
Hamstermieden	-1888	1472	65%	12	3
Hamsterpein	-6514	1343	79%	16	3
IJzermieden	-9651	2059	77%	23	5
Lutjewoude	-16037	2518	80%	31	6
Oude Vaart	-74058	10655	84%	155	24
Oude Jirden	-5411	1814	66%	15	4
Oudwoude	-10306	2622	70%	24	6
Tochmaland	-9804	1393	85%	21	3

Tabel I-2. Regressie tussen kW-uren/jaar en de tijd in jaren

Gemaal	a	SEOE	Rho	b	SEOC
Baukewijk	5399	2557	66%	372	99
Buitenpost	4290	1646	45%	140	69
De Hammen	2114	1072	56%	124	45
De Lits	11968	3352	42%	262	130
Eestrum	8950	2745	53%	299	115
Hamstermieden	7008	1906	22%	74	74
Hamsterpein	4837	1856	51%	182	72
IJzermieden	5464	2252	71%	385	94
Lutjewoude	4460	3087	67%	479	129
Oude Vaart	33187	15364	59%	1862	596
Oude Jirden	4503	1936	57%	222	75
Oudwoude	4433	2393	74%	460	100
Tochmaland	4531	2273	51%	234	95

Lineaire regressie

Lineaire regressie is een techniek waarmee een verband tussen twee variabelen wordt uitgedrukt in de vorm van een lineaire vergelijking ($y = a + b*x$). De mate waarin de twee variabelen zich tot elkaar verhouden wordt uitgedrukt in de correlatiecoëfficiënt (rho).
Lineaire regressie is gebruikt om na te gaan in hoeverre er een relatie is tussen:

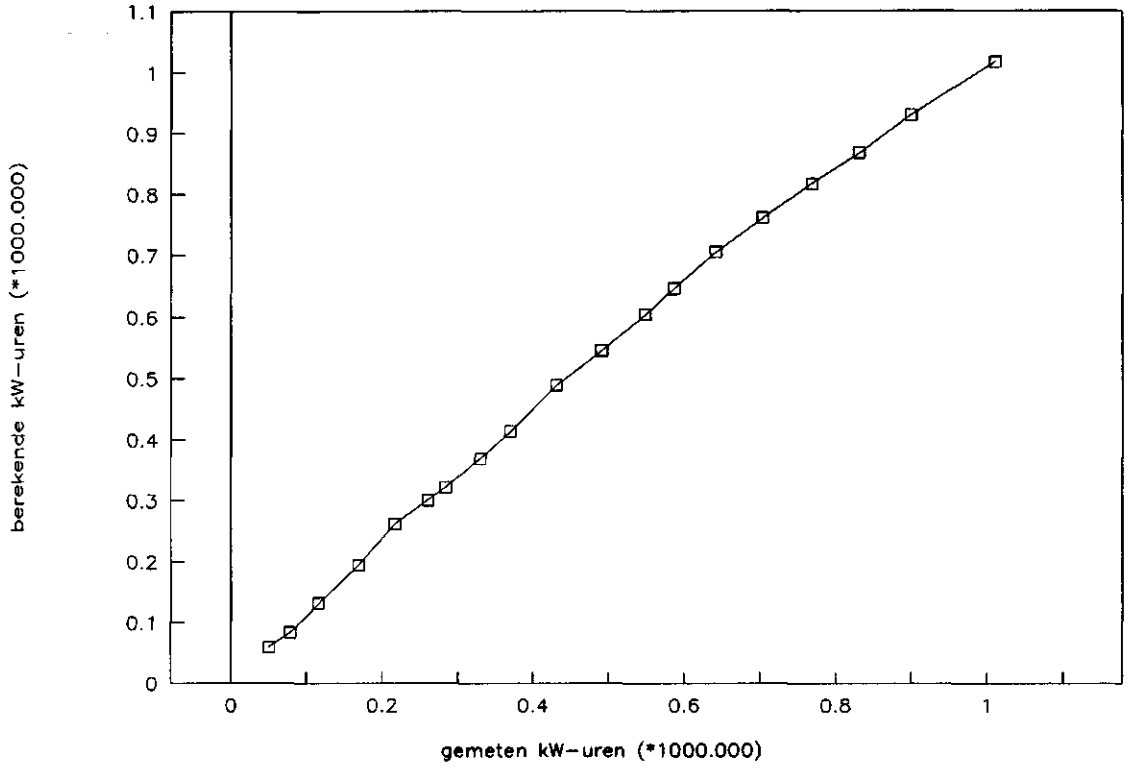
- de toename van kW-uren per jaar en de gebiedsneerslag per jaar;
- de toename van kW-uren per jaar en de tijd.

De variabele tijd is een verzameling van alle langzaam verlopende processen, die een verandering teweeg brengen in het verbruik van kW-uren.
In de tabellen I-1 en I-2 zijn de resultaten van de regressie gegeven per gemaal. De regressiefunctie voor de relatie tussen het aantal kW-uren en de gemiddelde gebiedsneerslag luidt als volgt:

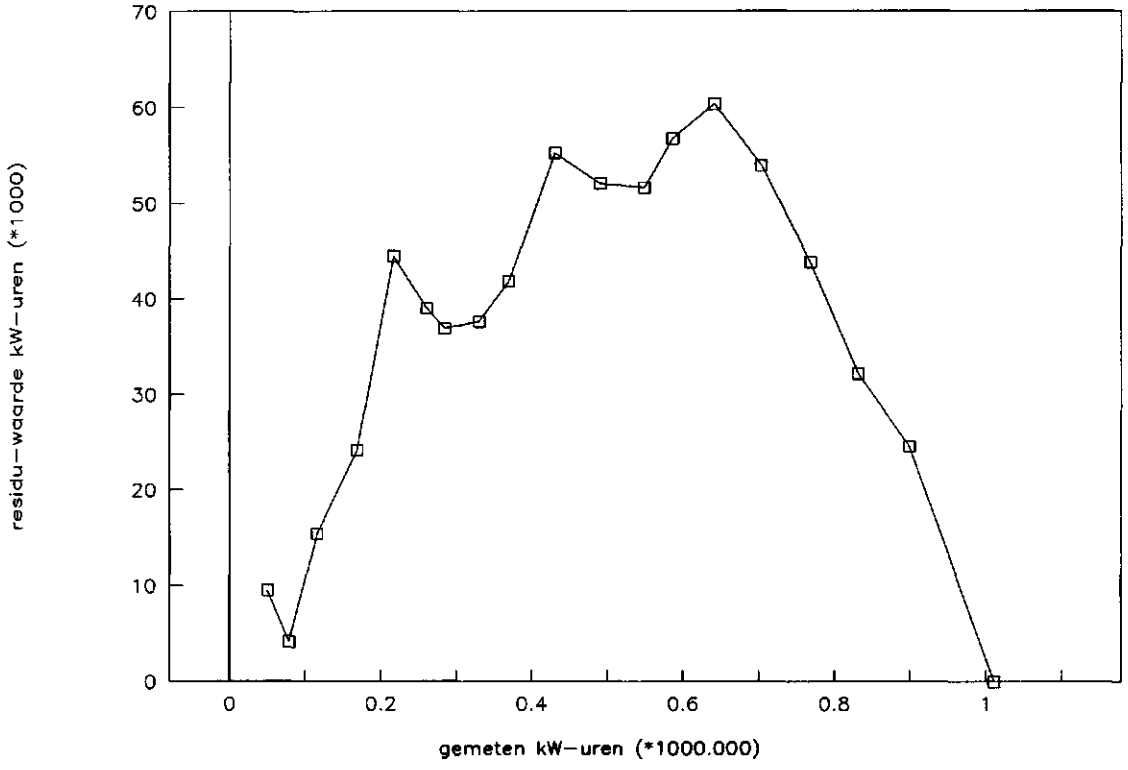
$$Y = a + b*N \qquad (8)$$

waarin:
- Y : aantal kW-uren per jaar;
- a : constante;
- b : regressiecoëfficiënt;
- N : gemiddelde gebiedsneerslag per jaar.

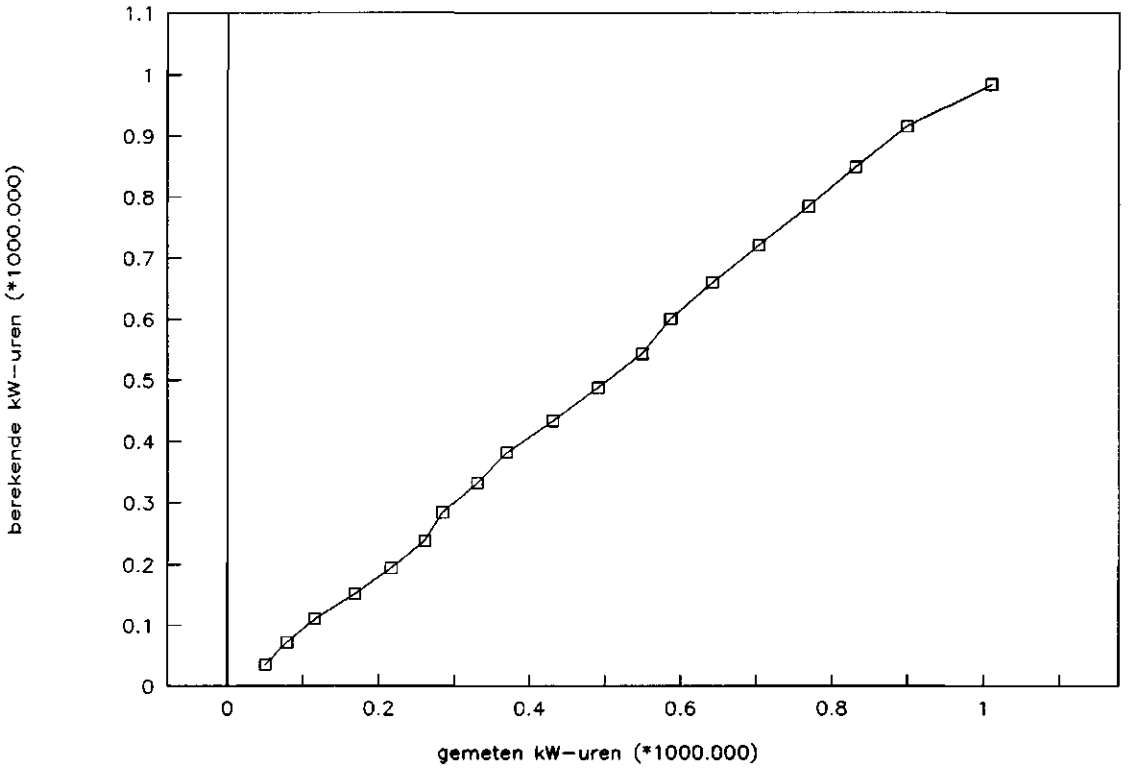
Voor de regressie met de tijd verandert de variabele N, uit (8) in t, de tijd in jaren. In de tabellen I-1 en I-2 zijn de afkortingen SOEE, standard error of estimation of Y, en SEOC, standard error of coefficients, gebruikt. De SEOC geeft aan waartussen de waarden van de variabelen a en b kunnen variëren. Voor Oude Vaart geldt (tabel I-1) dat b een waarde tussen 131 en 179 kan aannemen met een gemiddelde van 155. De uitkomst van de vergelijking ligt in het interval ± 10655.
Uit de tabellen blijkt dat de correlatie tussen de gebiedsneerslag en de kW-uren voor de meeste gemalen hoger is. Met andere woorden de neerslag verklaart voor deze gemalen een groter deel van de positieve trend.
Opvallend is dat de regressie met de tijd voor de gemalen Baukewijk en Oudwoude een hogere correlatiecoëfficiënt oplevert. Het gemaal Baukewijk (schroefpomp) bemaalt een polder waar kwel voorkomt en heeft



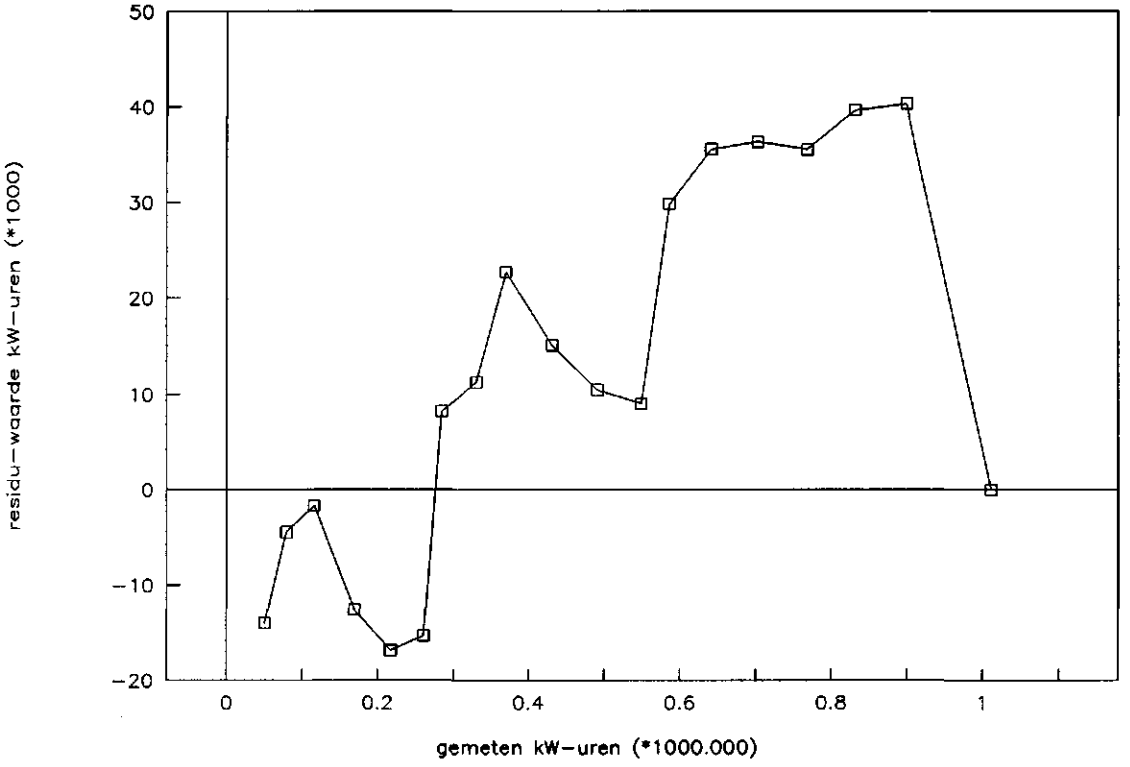
Figuur I-11. Double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na lineaire regressie met de gebiedsneerslag, gemaal Oude Vaart.



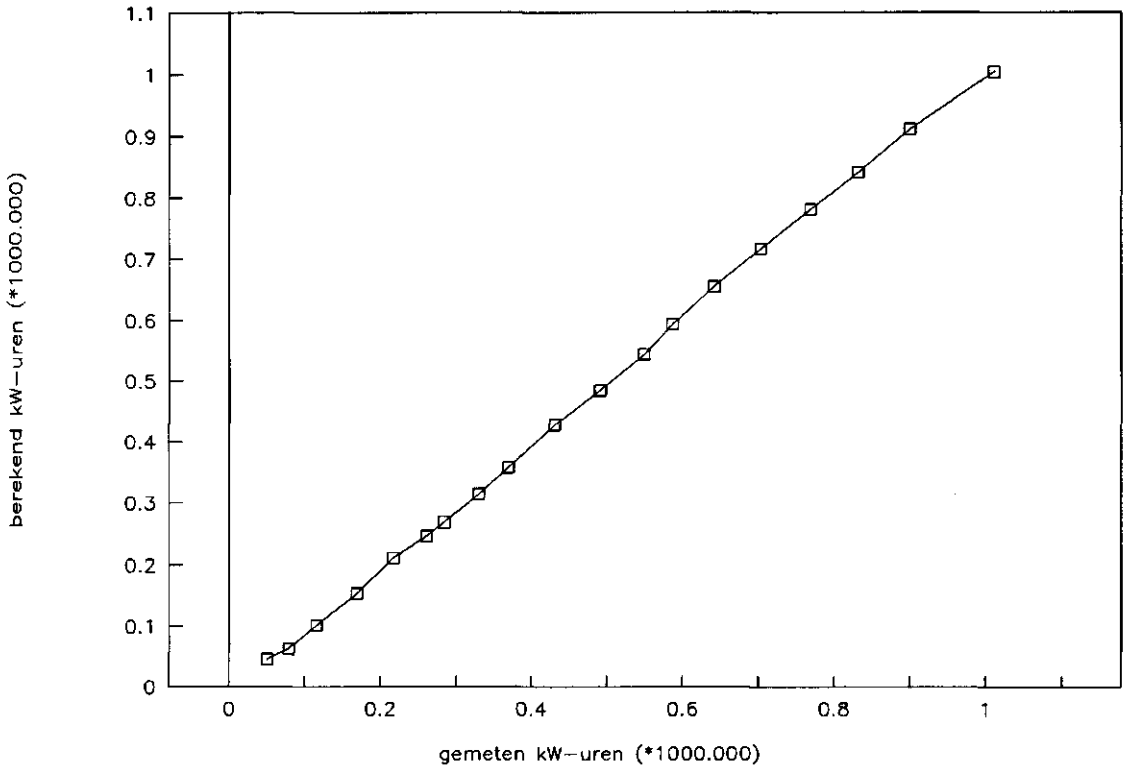
Figuur I-12. Residu-reeks double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na lineaire regressie met de gebiedsneerslag, gemaal Oude Vaart.



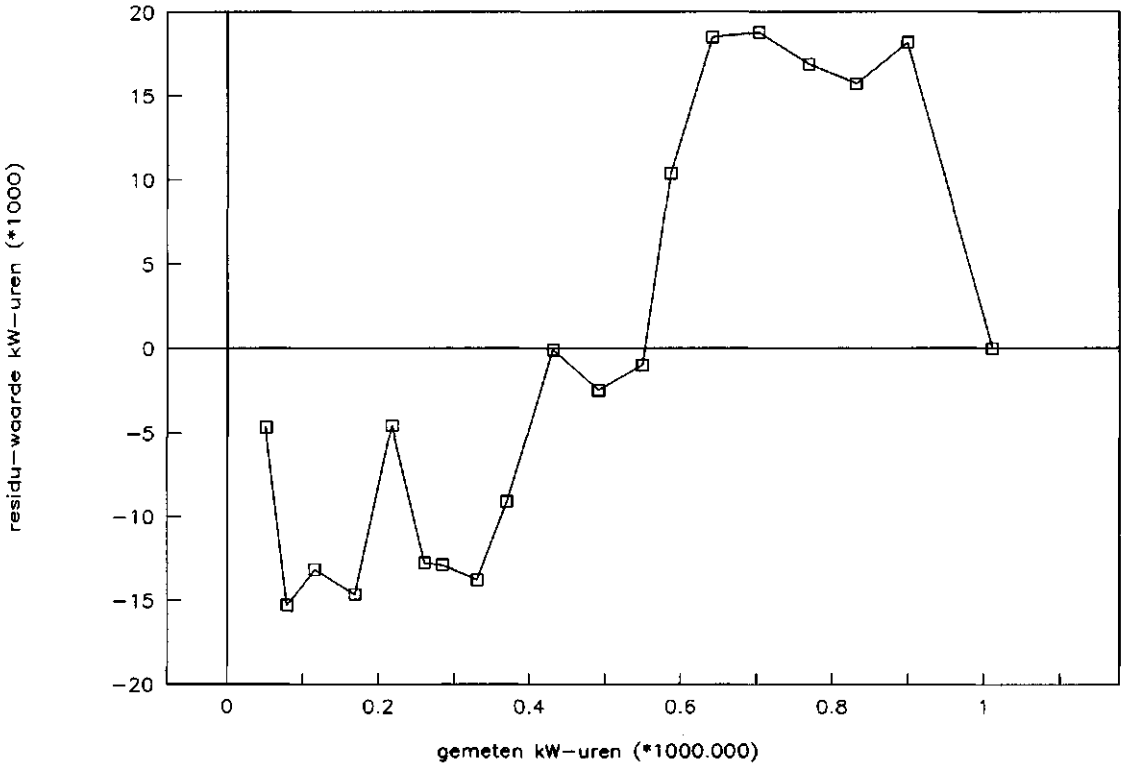
Figuur I-13. Double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na lineaire regressie met de tijd, gemaal Oude Vaart.



Figuur I-14. Residu-reeks double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na lineaire regressie met de tijd, gemaal Oude Vaart.



Figuur I-15. Double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na multi-lineaire regressie met de gebiedsneerslag en de tijd, gemaal Oude Vaart.



Figuur I-16. Residu-reeks double-mass, gemeten en berekende kW-uren, na multi-lineaire regressie met de gebiedsneerslag en de tijd, gemaal Oude Vaart.

een lagere capaciteit dan de nominale capaciteit [5]. Oudwoude (open schroefpomp) is een oud gemaal, dat al een keer gereviseerd is.

Multi-lineaire regressie

Multi-lineaire regressie is een techniek waarmee een verband tussen twee of meer variabelen kan worden aangetoond. De mate waarin die variabelen zich tot elkaar verhouden, wordt uitgedrukt door middel van de correlatie-coëfficiënt (rho).
Bij lineaire regressie bleek dat er met één afhankelijke variabele nog steeds een systematische component aanwezig is. Een tweede mogelijkheid om de systematische component te verwijderen is multi-lineaire regressie. Het verbruik van kW-uren is dan een functie van de gebiedsneerslag en de tijd.
De regressiefunctie luidt als volgt:

$$Y = a + b*t + c*N \qquad (9)$$

waarin:
- Y : kW-uur per jaar;
- a : constante;
- b : regressiecoëfficiënt tijd;
- t : tijd in jaren;
- c : regressiecoëfficiënt gebiedsneerslag;
- N : gebiedsneerslag per jaar.

De resultaten van deze regressie staan vermeld in tabel I-3.
Bij de multi-lineaire regressie is de correlatiecoëfficiënt omhoog gegaan ten opzichte van de lineaire regressie. Wanneer nu naar de residu-reeks van de double-mass gekeken wordt, blijkt dat er ongeveer evenveel punten onder als boven de X-as liggen. Wordt de gebruikte hoeveelheid kW-uren per jaar gezien als een combinatie van de tijd en de gebiedsneerslag, dan blijft alleen de stochastische component over. De deterministische component wordt dus verklaard door de gebiedsneerslag en de tijd.

Tabel I-3. Multi-lineaire regressie tussen kW-uren/jaar en de tijd in jaren

Gemaal	a	SEOE	Rho	b	SEOCb	c	SEOCc
Baukewijk	-3519	1952	84%	388	89	11	5
Buitenpost	-3761	958	85%	114	50	10	3
De Hammen	-3363	614	89%	102	32	7	2
De Lits	-6705	1778	88%	212	81	24	4
Eestrum	-2304	1968	81%	274	102	14	5
Hamstermieden	-1515	1496	66%	46	68	11	4
Hamsterpein	-5313	1126	87%	148	51	13	3
IJzermieden	-6107	1309	92%	336	68	15	3
Lutjewoude	-11512	1480	94%	429	77	21	4
Oude Vaart	-62536	7792	92%	1416	357	123	20
Oude Jirden	-3743	1496	80%	205	68	10	4
Oudwoude	-5540	1504	92%	452	78	13	4
Tochmaland	-7920	1129	91%	179	59	16	3

Tabel I-4. Gemalen gebruikt voor analyse, kW-uren

Jaar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1970	9666			14286		9059	6452			50368	6306		
1971	117	3415	1280	8729	7545	5600	4465	5228	4409	28098	1406	4429	3598
1972	6035	4463	2765	10247	7845	6995	5576	6318	5965	36956	6226	6697	5920
1973	7245	6515	3006	14793	8776	6547	6547	6125	7891	52930	4748	7675	5684
1974	6624	5657	3443	14810	12325	7962	7344	9086	8889	48028	4922	7417	6811
1975	9269	5045	2568	13950	9847	6855	5691	7591	5872	43978	5576	5998	6368
1976	7900	2353	1196	8252	6295	3224	2014	2840	2582	23260	5250	3608	2552
1977	7529	5838	2102	15196	13836	10262	6722	8621	7672	46268	6446	7540	6283
1978	8776	3151	2098	12437	8287	6887	4168	6586	6222	39510	5632	6127	4380
1979	8847	6350	3990	19920	16250	8450	6505	12148	9915	61004	11879	10720	8436
1980	10947	7157	5231	18682	14507	9306	6835	10326	11565	59864	6881	8884	8191
1981	12546	7003	4446	17781	16098	10766	8570	11741	10370	58472	7621	7935	8326
1982	9360	4095	3101	11208	12485	7567	5006	8091	6268	37605	5572	7719	5930
1983	9314	6243	3830	15256	13251	10273	9487	11446	10822	55020	8186	10348	7010
1984	13244	7063	4766	17082	13938	11253	8513	11890	11179	61980	8927	11467	8120
1985	12659	7976	4200	17715	14984	12424	8737	13447	13927	65488	10142	14983	8442
1986	10623	7023	4060	15240	12926	9842	7582	11185	12646	62324	8277	12281	8073
1987	12234	6835	4016	18939	13874	10805	8721	12013	14172	67788	7653	15218	7943
1988	15885	8627	5520	19764	14798	11422	10998	14320	19236	111744	9520	15166	14514
1989	7318	3275	2166	10119	8947	6563	4989	8040	6158	44121	5543	7482	3982

1 - Baukewijk
2 - Buitenpost
3 - De Hammen
4 - De Lits
5 - Eestrum
6 - Hamstermieden
7 - Hamsterpein
8 - IJzermieden
9 - Lutjewoude
10 - Oude Vaart
11 - Oude Jirden
12 - Oudwoude
13 - Tochmaland

Tabel I-5. Neerslag KNMI-stations en gebiedsneerslag

Jaar	Drachten	Kollum	Gebiedsneerslag
1970	929.8	802.1	866.0
1971	609.4	643.1	626.3
1972	750.4	830.0	790.2
1973	914.3	841.6	878.0
1974	883.5	959.0	921.3
1975	745.7	711.1	728.4
1976	631.0	598.7	614.9
1977	745.8	819.9	782.9
1978	699.1	824.7	761.9
1979	889.6	1030.8	960.2
1980	840.4	850.8	845.6
1981	863.7	846.1	854.9
1982	751.8	757.4	754.6
1983	838.4	876.8	857.6
1984	843.8	834.3	839.1
1985	819.5	856.7	838.1
1986	806.3	808.6	807.5
1987	877.2	861.2	869.2
1988	1033.1	1057.1	1045.1

ANNEX II GRONDWATER

Inleiding

In de provincie Friesland zijn en worden grondwaterstudies uitgevoerd door o.a. de Landinrichtingsdienst, DGV-TNO en IWACO.
Bij het waterschap is behoefte aan een leidraad hoe grondwaterstudies worden opgezet en uitgevoerd. Het in deze annex besproken stramien geeft globaal aan hoe dit gebeurt.
Tegenwoordig wordt veelvuldig gebruik gemaakt van computermodellen. Kort zal worden ingegaan op de verschillende methodieken, wiskundige achtergronden zullen niet worden besproken.
Grondwater is niet in rust maar beweegt continu. Het volume neemt toe door infiltratie van neerslag en oppervlaktewater. Tegelijkertijd neemt het volume af door evapotranspiratie en drainage van oppervlaktewater. Wanneer het grondwatervolume over een lange periode wordt bekeken dan zullen de gemiddelde instroom en de gemiddelde uitstroom aan elkaar gelijk zijn, ofwel er is een hydrologisch evenwicht. Het grondwatervolume is op grotere tijdschaal stationair met seizoensfluctuaties rond het gemiddelde.
Indien de mens in dit hydrologisch evenwicht ingrijpt zullen er veranderingen plaatsvinden. Zo zal een onttrekking van grondwater leiden tot een daling van de grondwaterstand. Als de onttrekking niet te groot is zal op den duur een nieuw hydrologisch evenwicht ontstaan.

Benodigde gegevens

De eerste fase in een grondwaterstudie bestaat uit het verzamelen van data. Deze data omvatten informatie over topografie, geologie, grondwaterstanden, neerslagen, verdamping, onttrekkingen, bodems, landgebruik, vegetatie, karakteristieken van de aquifer, grenzen van de aquifer en grondwaterkwaliteit. Een aquifer kan gedefinieerd worden als een formatie die voldoende verzadigd doorlatend materiaal bevat om significante hoeveelheden water te transporteren. Indien bepaalde gegevens niet aanwezig of bekend zijn, zullen deze via veldwerk moeten worden verzameld. Met de verzamelde gegevens wordt een eerste voorlopig grondwatermodel gemaakt met de verschillende invoer- en uitvoercomponenten.

Een voorlopig grondwatermodel is gebaseerd op een aantal aannamen die in een latere fase van de studie worden geverifieerd. Enkele voorbeelden van aannamen zijn:

- één of twee watervoerende lagen;
- grenzen van het grondwatermodel.

Om bovenstaande aannamen te kunnen verifiëren zal met behulp van een dataset, bestaande uit hydrogeologische gegevens, het grondwatermodel worden gecalibreerd. Aan het einde van de calibratie zullen de aannamen zijn vervangen door meer reële waarden. Tijdens de validatie van het model wordt nagegaan in hoeverre de reële waarden voldoen aan de werkelijkheid.

Topografie

Een recente topografische kaart voor het gebied waarvoor een grondwaterstudie wordt verricht is een noodzaak. De schaal van de topografische kaart hangt van de studie af. Voor grote gebieden kan volstaan worden met een schaal van 1:100.000 of kleiner. Voor meer gedetailleerde studies zal een grotere schaal gebruikt worden, zoals 1:50.000 of groter.

Onafhankelijk van de schaal moet een topografische kaart het volgende bevatten:

- in het gebied aanwezig oppervlaktewater zoals rivieren, beken, kanalen en meren;
- hoogtelijnen.

Daarnaast zal een inventarisatie moeten worden gemaakt van locaties waar zich eventuele onttrekkingen bevinden, waar grondwaterstandsbuizen staan en waar locaties zijn waar geboord is om de geologie van de ondergrond te beschrijven. Al deze informatie moet worden overgebracht op de topografische kaart.

De hoogten van de grondwaterstandsbuizen zullen gemeten worden t.o.v. een referentievlak, bijv. NAP. Indien er grondwaterstandsbuizen zijn waarvan de hoogte t.o.v. het gekozen referentievlak nog niet bekend is, moeten deze buizen worden ingemeten.

Geologie

In elke grondwaterstudie is de geologische geschiedenis van belang. Aan de hand van deze geschiedenis wordt informatie verkregen omtrent de leeftijd van lagen, het klimaat waarin de lagen zijn afgezet, de fysische en chemische samenstelling en hun laterale verbreiding en continuïteit.
Verder kan aan de hand van de opgedane geologische kennis inzicht worden verkregen in:

- plaats van intrekgebieden;
- plaats van kwelgebieden;
- type en materiaal waardoor een aquifer-systeem wordt gevormd;
- diepte en dikte van ondoorlatende en slecht doorlatende lagen;
- hydrologische karakteristieken van het aquifersysteem.

Geomorfologie

Aan de hand van landschapsvormen kan inzicht worden verkregen over de geologische geschiedenis, de lithologie en de hydrologie van het gebied waarvoor een grondwaterstudie wordt uitgevoerd. Bij een geomorfologische interpretatie moet op de volgende punten worden gelet:

- soort van het gesteente (b.v. sediment);
- topografie en reliëf van het gesteente;
- plooiing en breuktektoniek en de eventuele intensiteit hiervan;
- hoe het sediment is getransporteerd;
- het klimaat.

Sediment kan op vijf manieren worden getransporteerd.
De vier belangrijkste voor Nederland zijn: door de wind (eolisch), door rivieren (fluviatiel), door de zee (marien) of door ijs (glaciaal).
Voorbeelden van genoemde transportmedia zijn:

- proglaciaal zand (eolisch);
- rivierklei (fluviatiel);
- oude zeeklei (marien);
- keileem (glaciaal).

Elk transportmedium heeft specifieke hydrologische eigenschappen.
Door tektoniek kan reliëfverschil in een gebied ontstaan. Hierbij is het van belang of het om geconsolideerd (vast) gesteente of om sediment

gaat. De doorlatendheid zal in geconsolideerd gesteente op een breuk groter zijn dan in de rest van het gesteente. Bij sedimenten geldt juist het tegenovergestelde. De doorlatendheid op een breukvlak is klein ten opzichte van de doorlatendheid van het sediment.
Het klimaat is van belang in verband met de manier waarop het sediment is getransporteerd (voor meer informatie zie Algemene Geologie, Pannekoek [82]).

Bodem, landgebruik en vegetatie

De bodem, en in relatie hiermee het landgebruik en de vegetatie, kunnen zeer waardevolle extra informatie verschaffen met betrekking tot het voorkomen van hydrologische systemen.
Informatie over de bodem wordt verkregen via bodemkaarten van Stiboka, terwijl aan de hand van landgebruik en vegetatie inzicht in de hydrologie van een gebied wordt verkregen.

Grondwaterkwaliteit en grondwatertemperatuur

De chemische samenstelling van het grondwater kan een waardevol hulpmiddel zijn voor de bepaling van het intrekgebied. Dit kan van belang zijn bij het vaststellen van de stromingsrichting van het grondwater en van de grenzen van de aquifer.
Net als de grondwaterkwaliteit kan de grondwatertemperatuur worden gebruikt bij de bepaling van de stromingsrichting van het grondwater.

Grondwaterstanden en stijghoogtes

Het gedrag van een grondwaterreservoir, zoals de stroomrichting in de aquifer, de toe- of afname van het grondwatervolume en of er sprake is van kwel dan wel wegzijging, kan worden gevolgd via grondwaterstandsbuizen of buizen voor diep grondwater. Indien er sprake is van kwel of wegzijging zal hier een schatting van moeten worden gemaakt. Er wordt van grondwaterstanden gesproken bij freatische aquifers. Is een aquifer gedeeltelijk of helemaal afgesloten dan wordt er van stijghoogten gesproken. De ontwikkeling van een grondwatermodel vereist een betrouwbare historische dataset met grondwaterstanden en/of stijg-

hoogten. Met behulp van deze historische dataset kan het model gecalibreerd (geijkt) worden.

Neerslag en verdamping

Een grondwaterreservoir wordt door neerslag aangevuld. Kennis van de neerslag is daarom belangrijk. Dit kunnen dagtotalen, decadetotalen, maandtotalen of jaartotalen zijn. Welke worden gebruikt hangt van de doelstelling van de studie af.
Via de verdamping (evapotranspiratie) wordt water aan het grondwaterreservoir onttrokken. Hoe de verdamping in het model wordt ingevoerd hangt van de studie af. Is er in het model geen freatische aquifer dan kan de verdamping worden verwaarloosd.

Aquifers

De geologische informatie heeft weinig betekenis indien die informatie niet wordt gerelateerd aan het voorkomen en de beweging van het grondwater. Dit houdt in dat de geologische kennis moet worden vertaald in termen van watervoerende lagen (aquifers), niet-watervoerende lagen (ondoorlatende lagen of afsluitende lagen) en slecht-doorlatende lagen. In de praktijk zullen deze lagen niet vaak voorkomen maar zal een schematisatie worden gemaakt. Bijvoorbeeld een samengestelde laag met laagjes klei, zand en leem en veen zal als één laag worden beschouwd. Dit geldt ook voor ondoorlatende lagen.
Aquifers, die in modellen gebruikt worden, zijn:
- freatische aquifers;
- afgesloten aquifers;
- gedeeltelijk afgesloten aquifers.

Dikte en verspreiding van een aquifer

Door verschillende oorzaken verschilt de dikte en verspreiding van een aquifer van plaats tot plaats. Indien er sprake is van een dalingsgebied zal bij fluviatiele afzettingen de laag dicht bij de bron dunner zijn dan bij de monding van de rivier. Aan de hand van boringen kan informatie over de dikte van de aquifer worden verkregen.

Randvoorwaarden voor de aquifer

Met randvoorwaarden wordt bedoeld dat een voorwaarde wordt gesteld op de grens van het model zodat bekend is wat er op de rand van het model gebeurt. Boonstra en De Ridder onderscheiden drie randvoorwaarden, namelijk:

- zero-flow, geen stroming over de grens (stroomlijn);
- head-controlled, de grondwaterstand op de grens is bekend en vast (equipotentiaallijn);
- flow-controlled, de stroming over de grens is bekend en vast (flux bekend).

De eerste randvoorwaarde is een speciale vorm van de laatste randvoorwaarde. Een voorbeeld van een zero-flow randvoorwaarde is een ondoorlatende laag. Een voorbeeld van een flow-controlled randvoorwaarde is gelijk verdeelde neerslag of verdamping (als het niet regent en niet verdampt is de waterspiegel een noflow boundary). Een watergang of meer met een vast peil is een head-controlled randvoorwaarde.

Karakteristieken van een aquifer

Elke aquifer heeft zijn karakteristieken. Alvorens tot modelbeschrijvingen over te gaan zullen de karakteristieken van de aquifer bekend moeten zijn. De volgende karakteristieken kunnen onderscheiden worden:

- doorlatendheid (k);
- bergingscoëfficiënt (S);
- kD, produkt van de dikte van de aquifer en de doorlatendheid (hoe groter de kD, hoe meer water door een aquifer kan stromen).

Genoemde karakteristieken kunnen aan de hand van een pompproef of aan de hand van een aquifertest worden bepaald [68].

Grondwaterbalans

Voor elk grondwaterreservoir kan een waterbalans worden opgesteld. De simpelste is: Instroom - Uitstroom = Verandering in berging.
Wanneer over een reeks van jaren naar een waterbalans wordt gekeken zal bij een ongewijzigd klimaat zonder ingrijpen van de mens de verandering in berging gelijk worden gesteld. Daar deze aannames theoretisch zijn,

wordt wel van een dynamisch evenwicht gesproken in plaats van een statisch evenwicht.
Naar gelang het grondwatermodel ingewikkelder wordt zullen de instroom en uitstroom uit meerdere componenten gaan bestaan. Enkele voorbeelden zijn:

Instroom:
- voeding door neerslag;
- infiltratie via watergangen, rivieren;
- kwel;
- horizontale instroming van buitengebied;

Uitstroom:
- evapotranspiratie, verdamping via de bodem plus de verdamping via planten;
- drainage van grondwater door watergangen en rivieren;
- wegzijging naar een diepere aquifer;
- horizontale uitstroom via een aquifer buiten het gebied.

Rekenmethodes voor het oplossen van grondwaterstromingen

Er zijn meerdere goede en krachtige methoden om grondwaterstromingsproblemen op te lossen, ook wel numerieke methoden genoemd. De numerieke methoden bestaan uit procedures die partiële differentiaalvergelijkingen vervangen door algebraïsche vergelijkingen. Uiteindelijk wordt dit stelsel van vergelijkingen opgelost met behulp van een computer. De meest bekende methoden om genoemde vergelijkingen op te lossen zijn de eindige differentie methode en de eindige elementen methode. Hiervan is de eindige differentie methode de oudste en eenvoudigste oplossingsmethode. De eindige elementen methode is een recentere methode. Welke methode wordt gekozen is voor de uitkomsten niet van belang. De één kiest voor de eindige elementen, de ander voor de eindige differentie methode.

ANNEX III NEERSLAG

Inleiding

Voor een accuraat dagelijks beheer is kennis van de neerslag in het gebied van groot belang. Immers bij een overmaat aan neerslag zal er wateroverlast op kunnen treden en bij weinig neerslag kan een watertekort ontstaan.
In deze annex zal de neerslag nader worden beschouwd. Eerst zal aandacht worden besteed aan soorten van neerslag. Vervolgens zal de neerslagmeting worden besproken. Hierbij wordt tevens aandacht besteed aan de optimalisatie van een neerslagmeetnet. Tenslotte wordt aandacht besteed aan de verschillen in neerslagmeting tussen de KNMI-standaardregenmeter en een pluviograaf.

Soorten van neerslag

Neerslag is gedefinieerd als de massa waterdeeltjes, zowel vast als vloeibaar, die vanuit de atmosfeer het landoppervlak bereikt.
Voor de Nederlandse situatie kan de neerslag onderverdeeld worden in twee soorten van neerslag, namelijk advectieve en convectieve neerslag.

Bij advectieve neerslag is de verticale beweging van luchtdeeltjes klein ten opzichte van de horizontale beweging van luchtdeeltjes. Hierdoor vindt langzame opheffing plaats, hetzij door de terreinhelling (de zgn. stijgingsregen), hetzij boven een wig van koude lucht (een warmtefront bij een lagedruksysteem). Door de langzame opstijging valt de neerslag:

- over een groot oppervlak;
- langdurig;
- met een geringe tot matige intensiteit;
- veelal in het winterhalfjaar.

Bij convectieve neerslag overheerst de verticale beweging van luchtdeeltjes, bijv. door opstijging van warme lucht (thermiek). Convectieve neerslag geeft vaak zware buien, soms met hagel en/of onweer:

- over een geringe oppervlakte;
- van korte duur;
- met een hoge intensiteit;
- veelal voorkomend in het zomerhalfjaar.

Wanneer één neerslagstation in ogenschouw wordt genomen, worden de dagsommen in de zomer beheerst door de convectieve neerslag. In de winter worden de dagsommen beheerst door de advectieve neerslag. Een gevolg hiervan is dat de dagsommen in de zomer groter zijn dan in de winter, dit wordt ook wel seizoenseffect genoemd.
Voor de afvoeren van stroomgebieden geldt het tegenovergestelde. De grootste afvoeren treden in de winter op als gevolg van de lage verdamping en de neerslag over grotere oppervlakten. De wintercijfers zijn daarom maatgevend in plaats van de zomercijfers.

Neerslagmeting

Factoren die bij de meting van neerslag een belangrijke rol spelen, zijn onder andere:

- de vorm en grootte van de regenmeter;
- de opstellingshoogte;
- de omgeving van het regenstation.

Over de gewenste vorm van een regenmeter bestaat verschil van mening, waardoor het aantal typen regenmeters erg groot is. De belangrijkste verschillen tussen de verschillende typen hebben betrekking op de diameter, de diepte van de opvangtrechter en de hoogte van de regenmeter boven maaiveld.
De hoogte waarop de rand van de regenmeter zich bevindt boven het maaiveld, is een belangrijk punt. De opgevangen neerslaghoeveelheid neemt namelijk af naarmate de regenmeter hoger staat opgesteld. Een beschut opgestelde regenmeter biedt voordelen, mits de beschuttinggevende omgeving niet te dicht bij de regenmeter staat. Staat de beschutting te dicht bij de regenmeter dan kan de meting ongunstig worden beïnvloed.

Als regel wordt aangehouden dat obstakels minstens op een afstand van viermaal hun hoogte van de regenmeter moeten zijn verwijderd [32].

In Nederland wordt de regen gemeten op een oppervlak van 200 cm^2, dus bijna op één punt, derhalve wordt van puntneerslag gesproken.
Fouten in de regenmeting kunnen ontstaan door:
- het instrument;
- de omgeving van de regenmeter;
- de registratie.

De instrumentfouten kunnen worden onderscheiden in:
- inspatten, dit kan zoveel mogelijk worden voorkomen door de omringende bodem met kort gras te bedekken;
- verdamping, meestal is de verdamping gering door de speciale constructie van de regenmeter, nauwe toevoerbuis naar het reservoir en slecht geleidend materiaal. Wanneer de regenmeter in de winter wordt verwarmd, kan aanzienlijke verdamping optreden;
- kleef, dit kan zoveel mogelijk worden vermeden door de binnenzijde van de regenmeter uit waterafstotend materiaal te vervaardigen.

De fout, die bovenstaande foutenbronnen tot gevolg kunnen hebben, is meestal klein ten opzichte van de fout veroorzaakt door de wind.

De hoeveelheid neerslag over een gebied wordt in Nederland uitgedrukt in millimeters, ofwel een dikte van een waterschijf. De waterschijf is voor een gebied niet overal even dik. Dit komt doordat neerslag ongelijk verdeeld is in de tijd en naar plaats. Om praktische redenen wordt vaak aangenomen dat de waterschijf overal even dik is en dus een gemiddelde gebiedsneerslag weergeeft. Een exacte bepaling van de gebiedsneerslag zal zeker niet lukken, omdat het meten van neerslag fouten met zich meebrengt. De fout in de schatting van de gebiedsneerslag is in de zomer groter dan in de winter als gevolg van het lokale karakter van de neerslag in de zomer.
Voor het inrichten van een neerslagmeetnet in een gebied, wordt vaak voor korte tijd een dicht meetnet ingericht. De gebiedsneerslag, bepaald aan de hand van dit meetnet, wordt dan getoetst aan de gebiedsneerslag verkregen met een geringer aantal regenmeters van dat meetnet. Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid kan een definitief neerslagmeetnet worden ingericht.

Opstellingseisen voor de regenmeter

- de hoeveelheid gemeten neerslag moet representatief zijn voor een bij de regenmeter behorende omgeving;
- de windsnelheid zal de regenvangst nadelig beïnvloeden, hoe lager de regenmeter is opgesteld des te geringer zal het windeffect zijn;
- bij een te lage opstelling van de regenmeter zullen opspattende regendruppels een verhoging van de vangst veroorzaken;
- de vormgeving van de opvangtrechter moet zodanig zijn dat uitspatten van regendruppels wordt voorkomen;
- de opgevangen regen mag niet verdampen of bevriezen;
- voorwerpen in de omgeving van de regenmeter moeten zich op een afstand bevinden van minstens viermaal hun hoogte;
- de bodembedekking rond een regenmeter moet kort gras of gravel zijn.

Verschil in neerslagmeting

In voorgaande paragraaf is reeds gesproken over opstellingseisen en factoren die een rol spelen bij de regenmeting. In Nederland is reeds veel onderzoek gedaan naar verschillende typen regenmeters. Aan de hand van een onderzoek in de Gelderse Achterhoek [32] bleek dat er verschillen optreden tussen de hoeveelheid regen gemeten met een KMNI-standaardregenmeter en een pluviograaf. Vooral in de winterperiode kunnen de verschillen tussen de twee regenmeters oplopen tot 9%, terwijl in de zomer het verschil 3% is. De verschillen worden veroorzaakt doordat de pluviograaf hoger is en dus meer last heeft van windinvloed. Bovendien wordt de pluviograaf in de winter verwarmd, waardoor een groter deel van de opgevangen regen verdampt. De invloed van de wind is in de winter groter, doordat:

- het bladerendek van bomen en struiken afwezig is;
- de neerslagintensiteit kleiner is (kleinere regendruppels zijn windgevoeliger).

Het Hoogheemraadschap West-Brabant heeft weektotalen van pluviografen en KNMI-standaardregenmeters met elkaar vergeleken. Na enige berekeningen blijkt dat de pluviograaf ongeveer 6% minder meet dan de standaardregenmeter. Dit is een acceptabel resultaat [112].

ANNEX IV LEIDRAAD BIJ DE KEUZE VAN EEN AUTOMATISCH MEETSYSTEEM

Inleiding

Na het verschijnen van de Derde Nota Waterhuishouding en de Wet op de Waterhuishouding is het waterbeheer in Nederland in een nieuw perspectief geplaatst. Het integrale waterbeheer plaatst het waterbeheer in een breed perspectief (zie hoofdstuk 8).

Met de introductie van integraal waterbeheer wordt tevens de plicht tot meten ingevoerd. De gestelde eisen zijn strenger dan in het verleden. Om een accuraat waterbeheer te voeren moet een deel van het waterbeheer geautomatiseerd worden. Hierbij moet worden gedacht aan het vaststellen van stuwstanden, inwinnen van draaiuren, registreren van peilen etc. Blijft echter de vraag hoe moet worden geautomatiseerd en wat er verkrijgbaar is. In deze annex zal worden ingegaan op de eisen die aan een meetsysteem moeten worden gesteld. Er zal geen vergelijking worden gemaakt tussen de verschillende systemen, noch zal een merk worden aanbevolen.
Door de meetverplichting zal er een intensiever beleid met betrekking tot het opnemen van peilen, opnemen van draaiuren en stuwstanden komen. De werkdruk zal dus toenemen door het frequenter meten en de verwerking van de ingewonnen data. Een geautomatiseerd meetsysteem is in staat om voor een aantal meetpunten permanent metingen uit te voeren. De meetgegevens worden in eerste instantie op de locatie opgeslagen. Op elk willekeurig moment is het mogelijk om de gegevens uit te lezen op een centrale plaats.
De geautomatiseerde meetsystemen zijn de afgelopen jaren beduidend goedkoper geworden. Toch blijft de aanschaf van zo'n systeem een aanzienlijke investering, maar binnen enkele jaren heeft zo'n systeem zichzelf terug verdiend.

Opbouw van een automatisch meetsysteem

Een geautomatiseerd meetsysteem bestaat uit de volgende componenten:
- onderstation;
- hoofdstation;
- computer.

Het onderstation

Een onderstation (veldpost) is geplaatst op de meetlocatie, en het is zodanig uitgerust met elektronika dat het mogelijk is hydrologische parameters te meten en in een geheugen op te slaan. Het is ook mogelijk ter plaatse afgeleide hydrologische parameters te berekenen zoals debieten. Daarnaast is het mogelijk dat een onderstation gemalen of stuwen regelt aan de hand van peilen. Voor alle meetwaarden die door een onderstation worden gemeten, is het mogelijk alarm-niveaus in te stellen. Wanneer die niveaus worden onder- of overschreden neemt het onderstation zelf contact op met het hoofdstation en geeft de actuele situatie door. Het hoofdstation kan dan bepalen of het om een alarm-situatie gaat. Indien het een urgent alarm is neemt het hoofdstation contact op met de dienstdoende medewerker van het waterschap.
Belangrijk bij de aanschaf van een onderstation is dat het modulair kan worden opgebouwd. Bijvoorbeeld in eerste instantie alleen meten en in een later stadium regelen van stuwen of gemalen.

Het hoofdstation

Op een centrale plaats, bijv. het kantoor van het waterschap, staat het hoofdstation (centrale post) opgesteld. Via het hoofdstation is het mogelijk om op elk willekeurig tijdstip contact op te nemen met een onderstation en de actuele informatie op te vragen.
Een hoofdstation is anders opgebouwd dan een onderstation, omdat de hydrologische gegevens niet in het hoofdstation worden opgeslagen en een hoofdstation beslissingen in extreme situaties kan nemen. Ook kan via het hoofdstation een actuele streefwaarde aan het onderstation worden doorgegeven. Het onderstation vergelijkt en regelt dan op de nieuw ingestelde randvoorwaarde.

Aan het hoofdstation is een printer gekoppeld waarop alle meetmeldingen worden vastgelegd. Er kunnen telefoonverbindingen op de hoofdpost worden aangesloten. Via deze verbindingen kan de hoofdpost contact opnemen met een onderstation of een medewerker van het waterschap.
Bij voorkeur éénmaal per dag belt het hoofdstation alle onderstations om de opgeslagen gegevens over te halen. Van groot belang is nu dat er contact met het onderstation kan worden gemaakt. Het kan wel eens gebeuren dat dit niet lukt. Een onderstation zal derhalve met een geheugen moeten zijn uitgerust waarin gegevens van meerdere dagen kunnen worden opgeslagen.
Uiteindelijk zullen de gegevens van een onderstation via het hoofdstation worden opgeslagen op een informatiedrager.

Opslag van gegevens

De hydrologische data zullen uiteindelijk op een informatiedrager worden overgebracht. In veel gevallen is dat een harde schijf van een computer. In een later stadium kunnen de data nog worden overgebracht op bijv. een magneetband.
Het hoofdstation geeft de data van het onderstation direct door aan de computer waarop het hoofdstation is aangesloten. Via speciale programmatuur worden de gegevens op een harde schijf gezet. De computer die aan het hoofdstation is verbonden moet zijn uitgerust met een zodanige opslagcapaciteit dat er voldoende ruimte is voor gegevens van minstens één week. De computer hoeft verder niet uit te blinken in rekenkracht omdat die dient ter ondersteuning van het hoofdstation.

Bewerking van gegevens

In hoofdstuk 11 is besproken wat wordt bedoeld met gegevensbewerking. Voor de verwerking van de gegevens is een eenvoudige computer al voldoende. De computer moet in ieder geval wel zijn uitgerust met grafische mogelijkheden zodat de ingezamelde gegevens grafisch kunnen worden weergeven. Via een grafische weergave kunnen fouten sneller en eenvoudiger worden opgespoord. Indien er meerdere stations tegelijk grafisch worden weergegeven, is het aan te bevelen een kleurenscherm te gebruiken.

Verwerking van gegevens

Wanneer de bewerkte gegevens worden gebruikt voor nadere analyse of hydrologisch onderzoek wordt veelal gebruik gemaakt van speciale computerprogramma's.
Bij de verwerking wordt dan gebruik gemaakt van meerdere, soms veel, gegevens. Voor deze werkzaamheden is een computer met rekenkracht aan te bevelen.

Verandering van activiteiten binnen de technische dienst

Na invoering van een meetsysteem zal de taakstelling van de technische dienst onveranderd blijven. Er zullen wel nieuwe activiteiten binnen de technische dienst ontstaan.
De meetpunten moeten wekelijks worden gecontroleerd. Opnemers zullen moeten worden schoongemaakt en gecontroleerd, en de binnengekomen gegevens zullen per week moeten worden bewerkt en gevalideerd. Ook zal enige kennis van meet- en regelsystemen nodig zijn om kleine problemen zelf op te kunnen lossen.
Voor de verwerking en analyse van de bewerkte data zal een hydroloog nodig zijn. Bovendien is er iemand nodig die kennis heeft van automatisering.

Eisen voor aanschaf van een meetsysteem

- Kan een leverancier een totaal pakket leveren? Dit kan inhouden het ombouwen van handbediening naar automatische bediening, tot en met het leveren en aanpassen van software.
- Is het systeem speciaal ontwikkeld voor het waterbeheer?
- Is de continuïteit gewaarborgd, m.a.w. kan over een aantal jaren nog steeds gebruik worden gemaakt van de diensten van de leverancier?
- Heeft de leverancier ervaring met het meetsysteem in de praktijk?
- Worden de sources (=broncodes) bij een faillissement van de leverancier aan het waterschap overgedragen? Dit wordt ook wel een escrow overeenkomst genoemd.
- Heeft de leverancier voldoende kennis van het te leveren systeem?
- Is de hardware (=elektronika) betrouwbaar?

- Kan reeds gebruikte hardware worden vervangen door nieuwe hardware, zonder dat een nieuw station moet worden aangeschaft?
- Wordt er gebruik gemaakt van de nieuwste ontwikkelingen?
- Is de bijgeleverde software gebruikersvriendelijk?
- Is het mogelijk eventueel zelf verfijningen aan te brengen in de software?
- Is het hoofdstation beveiligd, met andere woorden kan het alleen door het waterschap worden gebruikt?
- Is een lokale post beveiligd, zodat niet elk willekeurig persoon de gegevens via een modem op kan vragen?
- Verzorgt de leverancier een cursus als het meetsysteem wordt geleverd?
- Is de bijgeleverde documentatie duidelijk en geeft het alle mogelijkheden van het meetsysteem weer?
- Is het mogelijk, indien gewenst, een onderhoudscontract af te sluiten voor hard- en software?
- Wat zijn de ervaringen van waterschappen die met de betreffende leverancier werken?

Als aanvulling op bovenstaande eisen kan de checklist, zoals deze in [12] is opgenomen, worden gebruikt.

ANNEX V WOORDENLIJST

Afwatering	:	de afvoer van water via een stelsel van open watergangen naar een lozingspunt van het afwateringssysteem;
Aquifer	:	een formatie (laag) die voldoende verzadigd doorlatend materiaal bevat om significante hoeveelheden water te transporteren;
Boezem	:	het stelsel van gemeen liggende, met elkaar in open verbinding staande waterlopen en meren waarop het water van lager gelegen polders wordt uitgeslagen en dienend voor eventuele tijdelijke berging en lozing op het buitenwater;
Calibreren	:	variabelen in een formule bepalen aan de hand van historische gegevens;
Debiet	:	afvoer per eenheid van tijd, bijv. liters/sec. of m^3/uur;
Dobbe	:	waterkom in het land, uitgeveend turfgat;
Drooglegging	:	de diepte van de waterspiegel onder het maaiveld;
Freatisch water	:	water onder de grondwaterspiegel in een relatief goed-doorlatende laag en boven een eerste slecht-doorlatende of ondoorlatende laag;
Friese boezem	:	het zich over het vaste land van Friesland uitstrekkende stelsel van kanalen, vaarten, meren, plassen en poelen, dat in open verbinding met elkaar staat;
Gley-verschijnselen	:	profielkenmerken die iets zeggen over de hydrologische omstandigheden tijdens bodemvorming. Zij berusten op veranderingen in de grond die plaatsvinden onder invloed van reductie en oxydatie;

Gley-gronden	:	gronden met gley-verschijnselen. Het gedeelte van de grond dat vrijwel steeds met water verzadigd is, is geheel gereduceerd. Het gedeelte dat nu eens nat, dan weer droog is, bezit een zekere vlekkigheid. Daarboven is de grond gewoonlijk egaal van kleur;
Het waterschap	:	het waterschap Lits en Lauwers;
Hydrologie	:	de leer van het ontstaan, het voorkomen en het gedrag van water in al haar vormen op en onder de landoppervlakte op de aarde;
Informatiedrager	:	medium waarop informatie is vastgelegd;
Infrastructuur	:	de totale technische uitrusting voor het transport van personen, goederen en berichten, zoals wegen, spoorwegen en watergangen;
Instrumentarium	:	middelen, die het waterschap ter beschikking staan om het waterkwantiteitsbeheer uit te voeren;
Integraal waterbeheer	:	samenhangend beleid en beheer dat de verschillende overheidsorganen met strategische taken en beheerstaken op het gebied van het waterbeheer voeren in het perspectief van de watersysteembenadering;
Interpoleren	:	het op basis van informatie van een aantal bemeten punten, schatten van de waarde in een onbemeten punt;
Keur	:	een verordening van het waterschap;
Kunstwerk	:	ieder in de watergang aanwezig of tot de watergang behorend werk zoals brug, stuw, sluis, duiker, beschoeiing, e.d.;
Kwel	:	uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogten buiten het beschouwde gebied. Dat uittreden kan onder andere geschieden direct aan het grondoppervlak, in sloten en drains;

Landinrichting	:	het projectgewijs binnen het kader van de ruimtelijke ordening inrichten van delen van het landelijk gebied voor een nieuwe bestemming, dan wel het meer geschikt maken ervan voor de bestaande bestemming;
Legger	:	een registratie van watergangen met bijbehorende werken, vastgesteld door het college van volmachten (ook wel: hoofdingelanden) van het waterschap en goedgekeurd door Gedeputeerde Staten;
Lithologie	:	wetenschap die zich bezighoudt met de beschrijving en het ontstaan van de sedimentaire gesteenten;
Maatgevende afvoer	:	de hoeveelheid water, uitgedrukt in liters per seconde per hectare, die uit een gebied moet worden afgevoerd om binnen dat gebied de gewenste beheersing van de waterstand te verkrijgen, waarbij de bijbehorende waterhoogte in de watergangen niet vaker dan één maal per jaar wordt overschreden;
Morfologie	:	leer en de beschrijving van de vormen der aardoppervlakte;
Oppervlaktewater	:	elk permanent of gedurende een groot deel van het jaar aanwezige, aaneengesloten watermassa, die een grensvlak met de atmosfeer heeft (uitgezonderd zijn wateren en beddingen die als gevolg van een gericht beheer ten behoeve van een specifiek doel onmogelijk een normaal aquatisch ecosysteem kunnen herbergen, zoals zwembaden, visvijvers en afvalwaterzuiveringsinstallaties);
Peilbesluit	:	de door het bestuur van het waterschap voor waterkerende of waterstuwende werken vastgestelde waterhoogte, tot waar het water maximaal mag worden opgestuwd;
Pingo	:	depressie in het veld, ontstaan in en na de Würmijstijd;

Podzolering	:	proces waarbij organische stof en/of oxyden uit de bovengrond worden afgevoerd en elders (dieper) in het profiel neerslaan;
Q-h relatie	:	verband tussen de plaatselijke waterstand(en) en de afvoer in een bepaalde doorsnede;
Verdrinking van een stuw	:	de situatie bij een meetstuw, waarbij de Q-h relatie wordt verstoord door een te hoge benedenstroomse waterstand;
Wateraccoord	:	overeenkomst tussen waterbeheerders inzake de af- en aanvoer van water;
Waterbeheersing	:	aan- en afvoer en berging van hoeveelheden oppervlaktewateren;
Watergang	:	een werk, al of niet overdekt, welke in de legger is opgenomen, dienend om in het openbaar belang water te ontvangen en af te voeren, de boven water gelegen taluds, bermen en onderhoudspaden daaronder verstaan;
Waterhuishouding	:	regulering van het voorkomen en het gebruik van de beschikbare middelen van watervoorzieningen ten behoeve van de verschillende behoeften van de samenleving;
Watersysteem	:	het kader gevormd door het waterhuishoudkundig systeem met zijn relevante omgeving, waarvan de begrenzing mede afhankelijk is van de functionele samenhang(en) waarop men de aandacht richt;
Watersysteembenadering	:	werkwijze van waaruit de zorg voor de waterhuishouding wordt benaderd en waarbij wordt uitgegaan van de samenhang binnen de waterhuishouding en die van de waterhuishouding met zijn relevante omgeving;
Wegzijging	:	neerwaartse stroming van grondwater.

ANNEX VI ZOEKTABEL LITERATUUR

Trefwoord	Nummer titel uit literatuurlijst
Bodem	29 30 52 88 89 97 98
Geologie	82
Grondwater	6 13 17 21 36 38 39 57 96 114
Hydrogeologie	34
Hydrologie	5 24 25 28 32 35 51 58 62 67 68 71 92 103 110
Landgebruik	64
Landschap	1 47
Meetnet	10 14 18 20 73 74 85 90 102
Meetplan	14
Meetsysteem	12
Natuur	1 64
Neerslag	23 26 32 111 112 113
Pompen	8 65
Streekplan	39
Waterbeheer	2 4 7 9 10 11 12 16 18 22 27 31 33 37 41 42 43 44 45 46 49 53 54 55 59 60 61 63 69 70 72 75 77 81 83 84 85 86 90 91 95 99 100 102 104 105 109
Waterhuish.	48 55 78 79 80 86a 86b 93 94
Waterkwan.	56

ANNEX VII LITERATUURLIJST

In de literatuurlijst zijn enkele afkortingen voor bibliotheken gebruikt. De afkortingen staan voor:

- HUCHT : Gebouw de Hucht, Generaal Foulkesweg 13 6703 BJ Wageningen
  tel: (08370)82050
- NIEUWL : Gebouw de Nieuwlanden, Nieuwe Kanaal 11 6709 PA Wageningen
  tel: (08370)84180
- STARIN : Staringcentrum, Marijkeweg 11 6709 PE Wageningen.
  tel: (08370)19100

1. Amstel, A.R.,van et al, Verdroging van natuur en landschap in Nederland, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989.
   bibliotheek: STARIN 35/792
   trefwoord: natuur, landschap
2. Anoniem Automatisering waterbeheer 11 provincies, deel I en II, 1982.
   bibliotheek: NIEUWL 22/506(1), 22/506(2)
   trefwoord: waterbeheer
3. Anoniem Cultuurtechnisch Vademecum, Cultuurtechnische vereniging Utrecht, 1988.
4. Anoniem Optimalisatie van het waterbeheer door het gebruik van computermodellen, Werkgroep oppervlaktewatermeting in de provincie Drente, 1989.
   bibliotheek: STARIN 22/2958
   trefwoord: waterbeheer
5. Arnold, G.E. Het centrale zoekarchief voor hydrologische gegevens, Waterschapsbelangen 68(1983) 7 p. 174-177, 1983
   bibliotheek: STARIN T86
   trefwoord: hydrologie

6. As, D. Kwel in de polder Baukewijk, Doctoraalscriptie Landbouwuniversiteit Wageningen, 1986
bibliotheek: NIEUWL 86-03
trefwoord: grondwater

7. Berg, J. v.d.,et al. Waterbeheer en natuur- en landschapsbehoud, Unie van Waterschappen, 1980.
bibliotheek: NIEUWL 22/692
trefwoord: waterbeheer

8. Bianchi, L.W.P.,et al. Pompen, De technische uitgeverij H. Stam N.V., Haarlem, 1990.
bibliotheek: NIEUWL 13/15
trefwoord: pompen

9. Biezeveld, G.A.,et al. Planvorming regionaal waterbeheer, CHO-TNO verslagen en mededelingen no. 32, 1984.
bibliotheek: NIEUWL 22/1(32), STARIN 22/168(32)
trefwoord: waterbeheer

10. Blumenthal, K.P. Meet-, signalerings- en regelsystemen voor het waterbeheer, SAMWAT rapport no. 1, 1987.
bibliotheek: NIEUWL 22/859(1)
trefwoord: waterbeheer, meetnet

11. Blumenthal, K.P. Beleidsanalyse voor het Nederlandse waterbeheer, SAMWAT rapport no. 4, 1989.
bibliotheek: NIEUWL 22/859(4)
trefwoord: waterbeheer

12. Blumenthal, K.P. Specificaties voor meetsystemen in het waterbeheer, SAMWAT rapport no. 5, 1989.
bibliotheek: NIEUWL 22/859(5)
trefwoord: waterbeheer, meetsysteem

13. Boers, H.P. Modelstudie grondwaterstromingstelsels in Zuid-Friesland, DGV-TNO, 1988.
bibliotheek: STARIN 22/2700(OS-88-08)
trefwoord: grondwater

14. Boiten, W. et al. Hydrologisch meetplan, aanzet tot een primair meetnet waterschap Roer en Overmaas, Onderzoeksverslag 86 vakgroep Hydraulica en Afvoerhydrologie, LU Wageningen, 1988.
trefwoord: meetplan, meetnet

15. Boiten, W. Voorstel hydrologisch meetplan waterschap Lits en Lauwers, Vakgroep Hydrologie, bodemnatuurkunde en hydraulica, LU Wageningen, 1989.

16. Bon, P. H. Integraal waterbeheer als verlossend antwoord op de vraag naar samenhang ?, Waterschapsbelangen 74(1989) 11 p 328-333, 1989.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: (integraal) waterbeheer

17. Bots, W.C.P.M.,et al. Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het noorden des lands, ICW Wageningen, 1978.
bibliotheek: STARIN 7/283(13)
trefwoord: grondwater

18. Bots, H.W.M.,et al. Meten, meetnetten en optimale meetnetontwerpen ten dienste van het waterbeheer, CHO-TNO rapport no. 14, 1986.
bibliotheek: NIEUWL 22/2(14)
trefwoord: meetnet, waterbeheer

19. Bouwer, H. Groundwater hydrology, McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering, 1978.
bibliotheek: NIEUWL 22/327
trefwoord: grondwater

20. Brouwer, G.K.,et al. Design aspects of hydrological networks, CHO-TNO rapport no. 35, 1986.
bibliotheek: NIEUWL 22/1(35)
trefwoord: meetnet

21. Brouwer, G.K.,et al. Grondwaterkaart van Nederland Heerenveen/Assen 11 Oost, 12 West, DGV-TNO, 1987.
bibliotheek: NIEUWL 22/780 (11 O, 12 W)
trefwoord: grondwater

22. Bruens, H.G.,et al. Toekomstige financiering integraal waterbeheer,
Waterschapsbelangen 74(1989) 23/24 p 798-801, 1989.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: (integraal) waterbeheer

23. Buishand, T.A.,et al. Neerslag en verdamping, KNMI De Bilt, 1980.
bibliotheek: NIEUWL 21/102
trefwoord: neerslag

24. Casparie, W.A.,et al. De hydrologie van hoogveen systemen, uitgangspunten voor beheer,
bibliotheek: NIEUWL 22/858
trefwoord: hydrologie

25. CHO-TNO Verklarende hydrologische woordenlijst, CHO-TNO Den Haag, 1986.
bibliotheek: NIEUWL 22/2(6)
trefwoord: hydrologie

26. CHO-TNO Neerslagmeting en -voorspelling: toepassing van moderne technieken zoals radar- en satellietwaarnemingen, CHO-TNO Den Haag, 1989.
bibliotheek: NIEUWL
trefwoord: neerslag

27. CHO-TNO Watermanagement and remote sensing, Verslagen en mededelingen no. 12 CHO-TNO Den Haag, 1990.
bibliotheek: NIEUWL
trefwoord: waterbeheer

28. Chow, V.T., et al. Applied hydrology, McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering, 1988.
bibliotheek: NIEUWL
trefwoord: hydrologie

29. Cnossen, J., et al. Enkele opmerkingen omtrent de bodemgesteldheid van de zandgronden in een deel van Noord-Oost Friesland, Boor en Spade IX, 1958.
bibliotheek: STARIN 17/83
trefwoord: bodem

30. Cnossen, J. — De bodem van Friesland, STIBOKA, 1971.
bibliotheek: NIEUWL 17/51 (Friesland)
trefwoord: bodem

31. Coenen, J.A.F., et al. — Waterkwantiteitsbeheersplanning, een hulpmiddel bij integraal waterbeheer, Doctoraalscriptie vakgroep Cultuurtechniek, LU Wageningen, 1988
bibliotheek: NIEUWL 88-23
trefwoord: (integraal) waterbeheer

32. Colenbrander, H.J. — Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied, commissie ter bestudering van de waterbehoefte van de Gelderse landbouwgronden, 1970.
bibliotheek: NIEUWL 22/573
trefwoord: hydrologie, neerslag

33. Colenbrander, H.J. — Coördinatie en uitwisseling van informatie op het gebied van modellen en technieken, Waterschapsbelangen 68(1983) 3 p 63-68, 1983.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterbeheer

34. Davis, S.N., et al. — Hydrogeology, Wiley New York, 1966.
bibliotheek: STARIN 22/405
trefwoord: hydrogeologie

35. DBW/RIZA — Naar een hoogwatermodel Vecht, deel 2 Gegevens analyse, DBW/RIZA, RWS directie Overijssel, Landbouwuniversiteit Wageningen, Lelystad 1990.
bibliotheek:
trefwoord: hydrologie

36. DGV-TNO — Optimalisatie landelijk waarnemingsnet voor grondwatergegevens, TNO Delft, 1981.
bibliotheek: NIEUWL: 22/181
trefwoord: grondwater

37. Driebergen, J., et al. — Integraal waterbeheer randmeren IJsselmeerpolders, Milieu 2(1987)3 p 87-94, 1987.
bibliotheek: STARIN T296
trefwoord: (integraal) waterbeheer

38. Duyvenbooden, W. van — Landelijk meetnet grondwaterkwaliteit: eindrapport van de inrichtingsfase, RIVM, 1985.
bibliotheek: STARIN 19/330
trefwoord: grondwater

39. Duyvenbooden, W. van. — Grondwatermeetnetten en data bestanden, RIVM, 1986.
bibliotheek: STARIN 22/814
trefwoord: grondwater

40. GS Friesland — Streekplan Friesland '89, 1989
bibliotheek: STARIN 7/809 (1989)
trefwoord: streekplan

41. Glasbergen, P. — Haasje overspelen: bestuurskundige kanttekeningen bij integraal waterbeheer, H_2O 19(1986) 17 p 386-389, 1986.
bibliotheek: STARIN T216
trefwoord: (integraal) waterbeheer

42. Glasbergen, P. — Provinciaal toezicht als voorziening voor de coördinatie van beleid, Waterschapsbelangen 72(1987) p 72-79, 1987.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterbeheer

43. Glasbergen, P., et al. — Aspecten van integraal waterbeheer: een bestuurlijke verkenning, Milieu 2(1987)3 p 72-77, 1987.
bibliotheek: STARIN T296
trefwoord: (integraal) waterbeheer

44. Glasbergen, P., et al. — Samenhang en samenspel in het waterbeheer. Het streven naar integraal waterbeheer, Delftse Universiteits Pers, 1988.
bibliotheek: NIEUWL 19/141
trefwoord: (integraal) waterbeheer

45. Glasbergen, P., et al. — Eenheid in verscheidenheid. Bestuurlijke aspecten van integraal waterbeheer, Rijkswaterstaat, hoofddirectie, 1989.
bibliotheek: STARIN 22/1193
trefwoord: (integraal) waterbeheer

46. Glasbergen, P. Perspectieven voor integraal waterbeheer, Waterschapsbelangen 75(1990) 14 p 451-455, 1990.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: (integraal) waterbeheer

47. Gonggrijp, G.P., et al. Nederland in vorm, aardkundige waarden van het Nederlandse Landschap, Ministerie van Landbouw, 1989.
bibliotheek: STARIN 35/786(5)
trefwoord: landschap

48. Graeff, J.J., de, et al. De Derde Nota Waterhuishouding vanuit werkgeversoptiek, Waterschapsbelangen, 75(1990) 4 p 88-91, 1990.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterhuishouding

49. Graeff, J.J., de Waterschappen en integraal waterbeheer, H_2O 19(1986) 17 p 394-396, 1986.
bibliotheek: STARIN T216
trefwoord: (integraal) waterbeheer

50. Griend, A.A., v.d. Rapport aangaande een onderzoek naar de waterhuishoudkundige en landbouwkundige gevolgen van toekomstige grondwaterwinning van het geplande waterwingebied "Oostermeer", 1975.
bibliotheek: NIEUWL 22/239(a), 22/239(b)
trefwoord: grondwater

51. Haan, C.T. Statistical methods in hydrology, The Iowa State University Press, 1982.
bibliotheek: NIEUWL
trefwoord: hydrologie

52. Haans, J.C.F.M., et al. Bodemkunde, Min. van Landbouw en Vissrij, Den Haag 1959.
bibliotheek: NIEUWL: 17/30
trefwoord: bodem

53. Hall, A, van — Waterbeheer: via een dynamisch proces naar de volgende eeuw, Agrarisch Recht 49(1989) 8/9 p 369-393, 1989
bibliotheek: STARIN T144
trefwoord: (integraal) waterbeheer

54. Hall, A, van — Milieu en waterbeheer, Waterschapsbelangen 74(1989)9 p 274-279, 1989.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterbeheer

55. Havekes, H.J.M., et al. — De Wet op de waterhuishouding. Integraal waterbeheer in juridisch perspectief, 1990.
bibliotheek: STARIN 22/1222
trefwoord: (integraal) waterbeheer, waterhuishouding

56. Hebbink, A.J., et al. — Meerjarenplan onderzoek waterkwantiteit 1987-1991, Coördinatie commissie waterkwantiteit van de nationale raad voor landbouwkundig onderzoek, 1986.
bibliotheek: STARIN 26/764
trefwoord: waterkwantiteit

57. Heer, E., de, et al. — Grondwaterkaart van Nederland Sneek/Heerenveen 10B..11W, DGV-TNO, 1984.
bibliotheek: NIEUWL 22/780 (10B..11W)
trefwoord: grondwater

58. Heijde, P.K.M., van der — De droogte van 1976, CHO-TNO rapport no. 3, 1978.
bibliotheek: NIEUWL 22/2 (3)
Trefwoord: hydrologie

59. Hooghart, J.C. — Overzicht van de wensen van hydrologen en waterbeheerders t.a.v. het operationele regenwaarnemingsnet van het KNMI, CHO-TNO rapporten en nota's no. 7, 1981.
bibliotheek: NIEUWL 22/7(2)
trefwoord: waterbeheer

60. Houben, F.J.M. Waterbeheer in het spanningsveld tussen economie en milieu, Waterschapsbelangen 72(1987)17 p 542-546, 1987.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterbeheer

61. Huurman, J.H. Waterbeheer in de provincie: het probleem van het te korte dekentje, H_2O 19(1986)17 p 392-393, 1986.
bibliotheek: STARIN T216
trefwoord: waterbeheer

62. Janssen, F.B., et al. Ecohydrologisch onderzoek in de ruilverkaveling Twijzel-Buitenpost, Werkgroep ecohydrologisch onderzoek, 1988.
trefwoord: hydrologie

63. Jelsma, J., et al. Watersystemen en integraal waterbeheer, Milieu 2(1987)3 p 66-71, 1987.
bibliotheek: STARIN T296
trefwoord: (integraal) waterheer

64. Kleefman, F. Landgebruik, natuur, ruimtelijke planning en landinrichting in de 21e eeuw, Landinrichting 29(1989) thema no. 1, 1987.
bibliotheek: STARIN T50
trefwoord: landgebruik, natuur

65. Knaap, G, van der Pompen en Gemalen, collegedictaat Landbouwuniversiteit Wageningen, vakgroep Tropische Cultuurtechniek.
bibliotheek: NIEUWL dictaat
trefwoord: pompen

66. KNMI Regenwaarnemingen, KNMI De Bilt

67. Kop, J.H. Waterkringlopen en milieu, H_2O 22(1989)12 p 344-361, 1989.
bibliotheek: STARIN T216
trefwoord: hydrologie

68. Kruseman, G.P., et al. Analysis of pumping test data, bullitin 11 ILRI Wageningen, 1990.
Bibliotheek: NIEUWL 28/149(11)
trefwoord: hydrologie

69. Kuijpers, C.B.F. — Bestuurlijke afstemming in het waterbeheer? Voordelen en nadelen van integraal waterbeheer, Planologische discussie bijdragen 1988 deel II p 411-420, Delftse uitgevers maatschappij b.v. Delft, 1988.
bibliotheek: STARIN 7/880 (1988-2)
trefwoord: (integraal) waterbeheer

70. Lever, H.M.D. — De systeembenadering in het waterbeheer, TU Delft vakgroep Techniek, Bedrijf en Bestuur, 1985
bibliotheek: STARIN 22/2883
trefwoord: waterbeheer

71. Linsley, R.K., et al. — Hydrology for engineers, McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering, 1975.
bibliotheek: NIEUWL 22/670
trefwoord: hydrologie

72. Maarel, A.J.G., van der — Beheersplannen voor het waterbeheer, 1989
bibliotheek: STARIN 22/3053
trefwoord: waterbeheer

73. Made, J.W., van der — Analysis of some criteria for design and operation of surface watergauging networks, Dissertatie, Rijkswaterstaat, 1987
bibliotheek: NIEUWL 22/860
trefwoord: meetnet

74. Made, J.W., van der — Dichtheid waterstandsmeetnetten,
bibliotheek: NIEUWL 22/1(35)
trefwoord: meetnet

75. Martijn, Th. G. — Drinkwater en integraal waterbeheer, H_2O 19(1986)17 p 390-391, 1986.
bibliotheek: STARIN T216
trefwoord: (integraal) waterbeheer

76. Min. v. Defensie — Mondelinge toelichting oefenterrein Kollummerwaard, Min. van Defensie Assen, 1990.

77. Min. v. Verkeer — Omgaan met water, naar een integraal waterbeleid, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1985
bibliotheek: NIEUWL: 19/129
trefwoord: (integraal) waterbeheer

78. Min. v. Verkeer — Derde Nota Waterhuishouding, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989.
bibliotheek: NIEUWL 9/90(D)
trefwoord: waterhuishouding

79. Min. v. Verkeer — Basisrapport Derde Nota Waterhuishouding eutrofiëring, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, nota 89.034, 1989.
bibliotheek: NIEUWL 9/90(D)
trefwoord: waterhuishouding

80. Min. v. Verkeer — Wet op de waterhuishouding, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989.
bibliotheek: HUCHT 8/114
trefwoord: waterhuishouding

81. Molen, W.M., van der — Planning voor waterbeheer, Dictaat Landbouwuniversiteit vakgroep Cultuurtechniek, 1985
bibliotheek: NIEUWL dictaat
trefwoord: waterbeheer

82. Pannekoek, A.J. — Algemene Geologie, Wolters-Noordhoff Groningen, 1982.
bibliotheek: STARIN 16/208
trefwoord: geologie

83. Plakké, T., et al. — Integraal waterbeheer en de landbouw, Bedrijfsontwikkeling 16(1985)5 p 160-166, 1985.
bibliotheek: STARIN T40
trefwoord: (integraal) waterbeheer

84. Poortvliet, I — Vergunningenbeleid en vergunningenverlening in het waterbeheer, Waterschapsbelangen 75(1990)7 p 208-214, 1990
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterbeheer

85. Potter, M.J., et al. Uniformering bij meet-, signalerings- en regelsystemen voor het waterbeheer, Waterschapsbelangen 75(1990)13 p 411-415, 1990.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: meetnet, waterbeheer

86. Provincie Friesland Boezembeheer, 1986,1987,1988
trefwoord: waterbeheer

86a. Provincie Friesland Water Wetter, Eerste waterhuishoudingsplan Friesland, 1992-1995 (ontwerp), feb. 1991.
trefwoord: waterhuishouding

86b. Provincie Friesland Ontwerp provinciale verordening waterhuishouding, feb. 1991.
trefwoord: waterhuishouding

87. SAMWAT Driemaandelijks overzicht, CHO-TNO en SAMWAT

88. STIBOKA Bodemkaart van Nederland, blad 6 Oost Leeuwarden, STIBOKA, 1981.
bibliotheek: NIEUWL 17/055 6W/60
trefwoord: bodem

89. STIBOKA Bodemkaart van Nederland, blad 11 Oost Heerenveen, 1971.
bibliotheek: NIEUWL 17/055 110
trefwoord: bodem

90. Schouten, P.H., et al. Opzet van een meetplan voor waterkwantiteitsbeheer ten behoeve van het waterschap De Ham, PT/Civiele Techniek 42(1987)1 p 38-42, 1987.
bibliotheek: STARIN T151
trefwoord: meetnet, waterbeheer

91. Segers, A.J.A.M. Landinrichting en waterbeheer in de volgende eeuw, Landinrichting 29(1989) thema no. 1, 1989.
bibliotheek: STARIN T50
trefwoord: waterbeheer

92. Shaw, E.M. Hydrology in practice, Van Nortrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1985.
bibliotheek: NIEUWL
trefwoord: hydrologie

93. Teeuwen, H.H.A. Enige bestuurlijk-juridische aspecten van de Derde Nota Waterhuishouding, Waterschapsbelangen 75(1990)6 p 161-164, 1990.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterhuishouding

94. Teeuwen, H.H.A. De Wet op de waterhuishouding en deregeling van het peilbesluit, Waterschapsbelangen 72(1987)8 p 226-231, 1987.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterhuishouding

95. Thissen, W.A. Beleidsanalyse in het waterbeheer, een verkenning van problemen en oplossingen, 1983.
bibliotheek: STARIN 22/60
trefwoord: waterbeheer

96. Todd, D.K. Groundwater hydrology, University of California, Berkeley, 1980.
bibliotheek: NIEUWL 22/821
trefwoord: grondwater

97. Veenenbos, J.S. De Bodem van Friesland, Friesland toen nu en straks p 7-11 Leeuwarden, 1952.
bibliotheek: STARIN
trefwoord: bodem

98. Veenenbos, J.S. Het landschap van Zuidoostelijk Friesland en zijn ontstaan, Boor en Spade VII, 1954.
bibliotheek: STARIN 17/83
trefwoord: bodem

99. Verburg, J.J.I. Integraal waterbeheer in juridisch perspectief biedt: breed en goed gedocumenteerd overzicht, Waterschapsbelangen 75(1990)13 p 406-410, 1990.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: (integraal) waterbeheer

100. Vries, C.L., de Perspectieven voor integraal waterbeheer, Waterschapsbelangen 75(1990)14 p446-447, 1990.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: (integraal) waterbeheer

101. Warburg, A. — Onderzoek van de bestuurlijke aspecten van integraal waterbeheer, Waterschapsbelangen 75(1990)14 p448-450, 1990.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: (integraal) waterbeheer

102. Warmerdam, P.M.M. — Meetnetten ten behoeve van hydrologische informatie, 1987
bibliotheek:
trefwoord: meetnet

103. Warmerdam, P.M.M. — Tijdreeksen van afvoer, Landbouwuniversiteit Wageningen, Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica, 1990
bibliotheek:
trefwoord: hydrologie

104. Wartena, L. — Waterbeheer, weer en weersverwachting, Waterschapsbelangen 72(1987)23 p766-771, 1987.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: waterbeheer

105. Dekker, E. — Systeemanalyse in het waterbeheer, een verkennende studie, Waterloopkundig Laboratorium, 1975.
bibliotheek: STARIN 25/441
trefwoord: waterbeheer

106. Het Waterschap — Algemeen reglement voor de waterschappen in Friesland, Bijzonder reglement voor het waterschap Lits en Lauwers.

107. Het Waterschap — Reglementswijzigingen waterschap Lits en Lauwers.

108. Het Waterschap — Voorbereiding oprichting van het waterschap Lits en Lauwers.

109. Wijnbergen, C.G., van — De bestuurlijke consequenties van integraal waterbeheer, Waterschapsbelangen 75(1990)14 p456-459, 1990.
bibliotheek: STARIN T86
trefwoord: (integraal) waterbeheer

110. Wilson, E.M. Engineering hydrology, 1984
bibliotheek: NIEUWL 22/409
trefwoord: hydrologie

111. Witter, J.V. Heterogeneity of Dutch Rainfall, Dissertatie vakgroep Hydraulica en afvoerhydrologie, 1984.
bibliotheek: NIEUWL 22/683
trefwoord: neerslag

112. Witter, J.V. Vergelijking van weeksommen van standaardregenmeters met weeksommen van kwartierwaarnemingen van pluviografen, Hoogheemraadschap West-Brabant Breda, 1990.
trefwoord: neerslag

113. WMO Guide to hydrometeorological practices no. 168, TP 82, 1970.
bibliotheek: NIEUWL 21/080
trefwoord: neerslag

114. Wolters, H.A. Extreme afvoeren en openwaterpeilen op de Middelplaat in het Lauwersmeer, RWS dir. Flevoland afd. Lauwerszee, 1989.
trefwoord: grondwater